

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
МОРСКОЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

# НЕДЕЛЯ НАУКИ СПбГМТУ-2019

СБОРНИК ДОКЛАДОВ  
Всероссийского фестиваля науки «Наука 0+»  
28–30 октября

Том 1

Санкт-Петербург  
2019

УДК 629.5  
ББК 39.42  
Н42

Н42      Неделя науки СПбГМТУ-2019: сборник докладов  
Всероссийского фестиваля науки «Наука 0+»: в 2 т. – Т.1. –  
СПб.: Изд-во СПбГМТУ, 2019. – 552 с.

ISBN 978-5-88303-596-7

ISBN 978-5-88303-597-4 (т.1)

В Санкт-Петербургском государственном морском техническом университете прошел Всероссийский фестиваль науки «Наука 0+». Сборник докладов содержит материалы, в которых рассматриваются актуальные вопросы проектирования и постройки судов, проблемы повышения эффективности производства и использования современных информационно-измерительных и управляющих систем, а также аспекты диалектического взаимодействия природы, человека и техники.

Материалы печатаются в авторской редакции.

Научные статьи представляют интерес для студентов, аспирантов, преподавателей и научных работников высших учебных заведений, а также научных сотрудников и специалистов предприятий кораблестроительной отрасли.

УДК 629.5  
ББК 39.42

ISBN 978-5-88303-597-4 (т.1)

ISBN 978-5-88303-596-7

© СПбГМТУ,  
2019

*Айе Чан Аунг (Союз Мьянма),  
магистрант 2 курса  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
морской технический университет»,  
г. Санкт-Петербург,  
e-mail: achanaung@yandex.ru  
Столяров Сергей Павлович,  
научный руководитель, к.т.н., доцент  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
морской технический университет»,  
г. Санкт-Петербург,  
e-mail: stsp56@yandex.ru*

### **Тенденции развития зарубежных корабельных энергетических установок**

***Аннотация.** Рассматривается распределение по типам энергетических установок кораблей водоизмещением от 2000 т до 6000 т. Показано, что в период от 1989 г. по 2009 г. для главных дизелей на кораблях среднего водоизмещения возросла с 66 до 91%.*

***Ключевые слова:** судовые двигатели, турбины, дизели, комбинированные установки, энергетические установки.*

*Aye Chan Aung,  
2 year undergraduate  
Saint Petersburg State Marine Technical University,  
Saint-Petersburg  
e-mail: achanaung@yandex.ru  
Stolyarov Sergey Pavlovich,  
supervisor, candidate of technical sciences, docent  
Saint Petersburg State Marine Technical University,  
Saint-Petersburg  
e-mail: stsp56@yandex.ru*

### **Trends in the development of foreign ship power plants**

***Abstract.** We consider the distribution by types of power plants of ships with displacement from 2000 t to 6000 t. it is. Shown that in the period from*

*1989 to 2009 the main diesel engines on ships of medium displacement increased from 66% to 91 %.*

**Key words:** *marine engines, turbines, diesel engines, combined installations, power plants.*

Военные корабли всегда воплощали в себе новейшие технические достижения. В настоящее время происходит интенсивное развитие корабельной энергетики. Растет мощность и экономичность энергетических установок (ЭУ), в результате возросли энерговооруженность и скорость кораблей, увеличилась дальность плавания. В течение 20 века совершенствование главных двигателей происходило по следующим направлениям: увеличение агрегатной мощности путем форсирования рабочего процесса; повышение снижение массогабаритных показателей при увеличении теплонапряженности деталей; снижение удельного расхода топлива; повышение ресурса; снижение виброактивности; создание новых перспективных и экспериментальных видов корабельных установок [3]. Чтобы проследить эти изменения был выполнен статистический анализ, базирующийся на опубликованных сведениях.

Для сравнения были выбраны корабли водоизмещением от 2000 т. до 6000 т, которые были построены в 1989, 1999 и 2009 годы. Выбор исследуемого периода определяется доступностью информации, основным источником являлся справочник Джейна за 2009–2010 гг. [1]. Этот справочник обладает хорошей репутацией и приводит сведения о кораблях мира с возможно большей полнотой.

Принятый для сопоставления временной интервал 10 лет, это интервал примерно соответствует периоду смены поколений. Однократная смена поколений может показать направления развития, но способна вычленить случайные тенденции. Для того чтобы выделить главные направления развития, были проанализированы два временных интервала по 10 лет, с 1989 г. по 1999 г., и с 1999 г. по 2009 г.

Основные результаты исследования иллюстрируются рисунком 1. Видно, что в последние годы количество кораблей, в главных ЭУ которых отсутствуют дизели, стало уменьшаться. В 1989 г. котлотурбинные установки (КТУ) были установлены только на корабли «Zhanjiang» (КНР) и «Brahmaputra» (Индия).



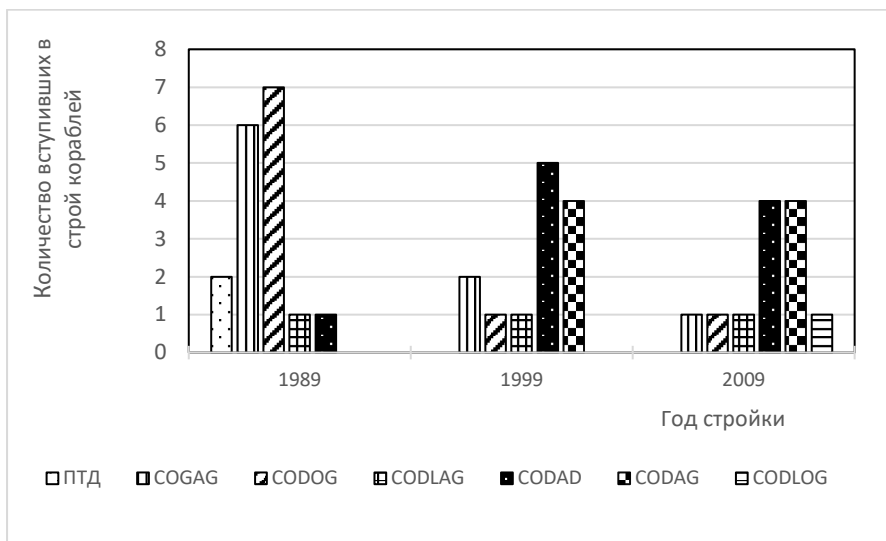


Рисунок 1 – Распределение энергетических установок кораблей среднего водоизмещения по типам в 1989 – 2009 гг.

После этого КТУ больше на кораблях среднего водоизмещения не применялись. В 1989 г. строились 5 кораблей с ЭУ типа COGAG: «Cheng Kung» (КНР), «Adelaide» (Австралия), «Umigiri» (Япония), «Воровский» (СССР), «Ярослав Мудрый» (СССР). В 1999 г. ЭУ типа COGAG применялись только на 2 кораблях: «Talwar» (Индия, построен в России) и «Akebono» (Япония). В 2009 г. построен только один корабль с ЭУ типа COGAG - «Akizuki» (Япония).

Выше перечислены все корабли с турбинными ЭУ. Остальные корабли были оснащены либо дизельными, либо дизель-газотурбинными ЭУ в различных вариантах комплектации. В 1989 г. большая часть кораблей оснащалась ЭУ типа CODOG. С 1999 г. первенство переходит к установкам типа CODAD и CODOG. Установки типа CODAG имеют преимущества по сравнению с CODOG по эксплуатационным затратам и надежности [2].

Преимущественное применение дизельных установок на современных судах объясняется главным образом тем, что они обладают наиболее высокой экономичностью по сравнению с ЭУ других типов, причем их экономичность сохраняется в широком диапазоне частичных нагрузок. Дизельные ЭУ отличаются сравнительно

несложным составом вспомогательного оборудования и простотой обслуживания. Возможность создания мощностного ряда ДВС на базе одного типоразмера рабочего цилиндра также является важной положительной особенностью дизельных установок.

Как результат исследования следует выделить проявившуюся тенденцию увеличения доли ЭУ на базе дизелей. В 1989 г. 66% кораблей среднего водоизмещения имели главные дизели, в 1999 г. таких кораблей стало 83%, а в 2009 г. их число возросло до 91%. Достигнутый результат можно считать предельным достижением дизелизации военного флота, он вряд ли будет перекрыт в будущем.

В таблице 1 приведены сведения о типах применяемых дизелей в различных ЭУ. Основными производителями зарубежных корабельных дизельных двигателей являются три фирмы: MTU (26%), Pielstick (20%) и Wartsila (18%). Разработанные ими двигатели входили в состав ЭУ разных типов, примененных на кораблях разных классов и в различных странах. В новейших дизель-электро-газотурбинных ЭУ (CODLAG) применяются дизели Paxman 12CM.

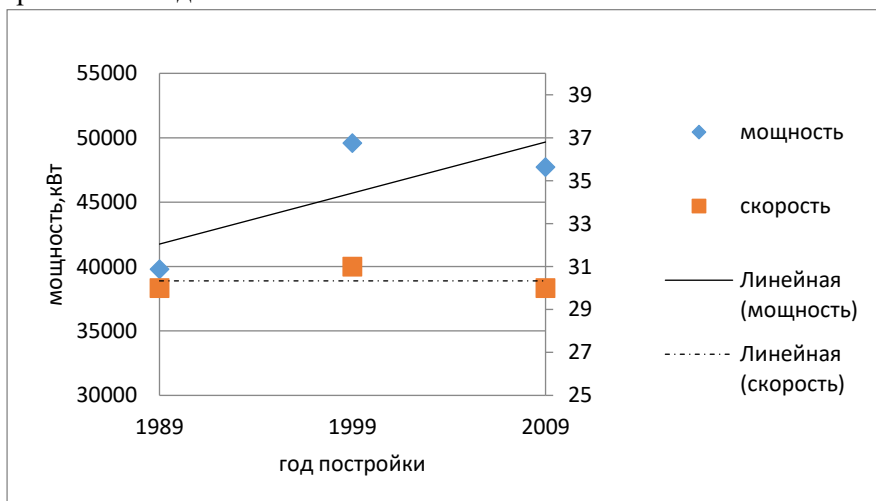


Рисунок 2 – Изменения мощности и скорости кораблей водоизмещением около 5000 тонн в 1989-2009 гг.

Таблица 1 – Распределение дизелей по типам ЭУ

| Фирма, дизель                | Тип ГЭУ               |                       |                       |                            |                            |
|------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------------|----------------------------|
|                              | C<br>O<br>D<br>O<br>G | C<br>O<br>D<br>A<br>G | C<br>O<br>D<br>A<br>D | C<br>O<br>D<br>L<br>A<br>G | C<br>O<br>D<br>L<br>O<br>G |
| MTU, 16V 538 TB82            | 3                     | 1                     | 2                     |                            | 1                          |
| SEMT-Pielstick, 20 PA6 V 280 | 1                     | 1                     | 5                     |                            |                            |
| Stork-Wertsila, 12SW280      | 4                     |                       | 2                     |                            |                            |
| Mitsubishi, S12U-MTK         | 1                     |                       |                       |                            |                            |
| Bazan/Caterpillar            | 2                     |                       |                       |                            |                            |
| MAN/Burmeister & Wain, Alpha |                       |                       | 1                     |                            |                            |
| Type 18E                     |                       |                       | 1                     |                            |                            |
| GMT, BL 230.20 DVM           |                       |                       | 1                     |                            |                            |
| Paxman, 12CM                 |                       |                       |                       | 2                          |                            |

На рисунке 2 показано изменения мощности и скорости кораблей водоизмещением около 5000 т в 1989-2009 гг. Хотя в последние годы мощность ЭУ кораблей увеличивается, измерение скорости составило менее 8%. Однако, следует отметить, что у кораблей «Fort Worth» и «Coronado» (США), на которых в качестве движителей применены водометы, скорость достигает 40-45 узлов.

#### Список литературы:

1. Jane's Fighting Ships 2009-2010.
2. Румб В.К., Яковлев Г.В., Шаров Г.И., Медведев В.В., Минасян М.А. Судовые энергетические установки, Судовые дизельные энергетические установки, СПб.: Изд. СПбГМТУ, 2007. – 622 с.
3. Сайт URL: <https://helpiks.org/8-16884.html>, дата обращения 15.01.2019.

*Алексеев Вадим Игоревич*  
ассистент,  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
морской технический университет»,  
г. Санкт-Петербург,  
e-mail: harpvad@gmail.com  
*Фирсов Анатолий Михайлович,*  
к.т.н., доцент,  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
морской технический университет»,  
г. Санкт-Петербург,  
e-mail: anatoliy\_mix@mail.ru  
*Мендагалиев Руслан*  
аспирант СПбПУ  
e-mail: ruslanm888@mail.ru  
*к.т.н. Климова-Корсмик Ольга Геннадьевна*  
с.н.с., лаб. «Лазерные и аддитивные технологии»,  
e-mail: klimova\_og@spbstu.ru

### **Микроструктурные особенности изделий из стали 09ХН2МД полученных технологией прямого лазерного выращивания**

**Аннотация.** Структура изделий, полученных прямым лазерным выращиванием, представляет собой ряды наплавленных валиков. Проанализированы различные микроструктурные составляющие, полученные в данных изделиях.

**Ключевые слова:** прямое лазерное выращивание, микроструктура, валик, границы

*Alekseev Vadim Igorevich*  
Assistant  
Saint Petersburg State Marine Technical University,  
Saint-Petersburg  
e-mail: harpvad@gmail.com  
*PhD, Firsov Anatoly Mikhailovich*  
Saint Petersburg State Marine Technical University,  
Saint-Petersburg, docent  
e-mail: anatoliy\_mix@mail.ru

Mendagaliyev Ruslan  
Peter the Great SpbPU, postgraduate  
e-mail: ruslanm888@mail.ru  
Klimova-Korsmik Olga Gennadievna  
s.r., Lab. "Laser and additive technology",  
e-mail: klimova\_og@spbstu.ru

### **Microstructural features of 09CrNi2MoCu steel products obtained by direct laser deposition technology**

**Abstract.** *The structure of products obtained by direct laser deposition is a series of deposited rollers. Various microstructural components obtained in these products are analyzed.*

**Key words:** *direct laser deposition, microstructure*

В последние годы одним из основных направлений геополитических интересов страны, становится освоение северных регионов. Для выполнения различных задач в полярном климате требуется быстрое и качественное изготовление изделий из хладостойких сталей. Одним из перспективных вариантов является прямое лазерное выращивание (ПЛВ). Данный метод позволяет получать изделия с различной толщиной стенки и имеет гораздо более высокую скорость производства по сравнению с традиционными методами [1]. Изделия, полученные ПЛВ, имеют физико-механические свойства, не уступающие изделиям полученным традиционными методами производства. Хорошим вариантом для использования в северных регионах является высокопрочная низкоуглеродистая сталь 09ХН2МД бейнитно-мартенситного класса работающая при температурах от – 40<sup>0</sup>С.

Метод прямого лазерного выращивания заключается в том, что на поверхность подложки, в область действия лазерного луча, с помощью сжатой струи газа подаётся порошок. Под воздействием лазерного излучения частицы порошка плавятся и попадают в ванну расплава, после кристаллизации образуется валик определённой формы и размера [2]. Форма и размер валика зависят от параметров выбранного режима. При этом, наибольшее влияние на геометрические размеры наплавленных валиков оказывает изменение мощности излучения и скорости наплавки.

Таблица 1 – Химический состав стали 09ХН2МД  
(ТУ5.961-11571-2006)

| C           | Si        | Mn        | Cr        | Ni        | Mo       | S     | P     | Al        | Fe        | Cu        |
|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|-------|-------|-----------|-----------|-----------|
| Не более    |           |           |           |           | Не более |       |       |           |           |           |
| 0,08 - 0,11 | 0,17-0,37 | 0,30-0,60 | 0,30-0,70 | 1,80-2,20 | 0,35     | 0,010 | 0,015 | 0,01-0,05 | остальное | 0,40-0,70 |

В предыдущих работах в ходе множества различных экспериментов удалось установить удовлетворительный режим [3], обеспечивающий получение наплавленных валиков необходимых размеров, формы, качества:  $P = 2000-2300 \text{ Вт}$ ,  $V = 25 \text{ мм/сек}$ ,  $G = 16-35 \text{ г/мин}$ ,  $\Delta X = 1,6 \text{ мм}$ . При этом режиме мы получаем наименьшее количество дефектов, оптимальное перекрытие, проплавление, расход порошка и скорость процесса.

В работе исследовались образцы из стали 09ХН2МД (хим. состав - табл. 1) полученные на базе «ИЛИСТ» на выше обозначенном режиме. Для получения образцов использовался роботизированный комплекс для прямого лазерного выращивания, состоящий из лазерной технологической машины на основе промышленного робота LRM-200iD\_7L, Fanuc; источник лазерного облучения LS-3 IPG Photonics; лазерная головка FLW D30 IPG Photonics со съёмным наплавочным соплом COAX9 Fraunhofer IWS; порошковый питатель Sulzer Metco Twin 10C.

Исходный материал порошковый сплав 09ХН2МД хладостойкая, бейнитно-мартенситного класса. Для выявления структуры применялось химическое травление в растворе  $\text{H}_2\text{NO}_3$  на спиртовой основе в течении 3-10 секунд. (9 мл спирта  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ +1 мл  $\text{HNO}_3$ ). Исследование структуры проводились с использованием оптического микроскопа Leica DMI 5000M и сканирующего электронного микроскопа Phenom Photo ProX.

В процессе выращивания в стали формируется физическая, химическая и структурная неоднородность, обусловленная градиентами температур и объемными изменениями при кристаллизации, горячей пластической деформации и последующими фазовыми превращениями в процессе. Структура полученных изделий представляет собой ряды

наплавленных валиков. Процесс происходящий при наплавке одного валика схож с образованием сварного шва. Следовательно, мы можем говорить о таких составляющих, как тело валика и зона термического влияния. Неравномерность тепловложений по телу валика и зонам термического влияния при наплавке, способствует получению структуры, образованной валиками и их границами. Данные границы имеют отличный от самого тела валика фазовый состав и поэтому очень чётко проявляются на микрофотографиях образцов (рис. 1).

При прямом лазерном выращивании помимо микроструктурных элементов, таких как границы зерен, фазовый состав, мы имеем ярко выраженную мезоструктуру, образованную границами валиков. Эта мезоструктура является одним из главных определяющих факторов в формировании свойств деталей.

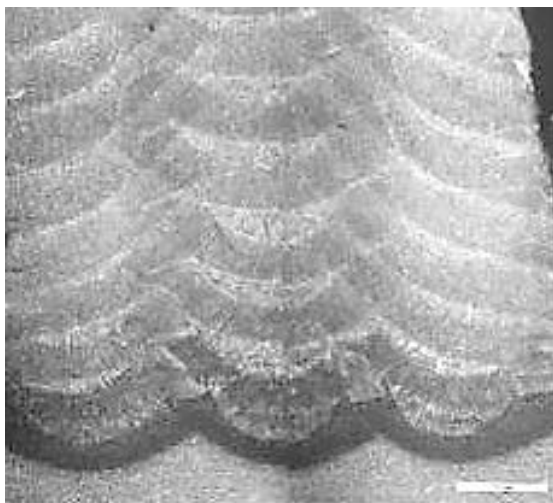


Рисунок 1 – Микроструктура выращенной стенки

Так как границы валиков являются зонами с пониженной магнитной проницаемостью, при применении магнитопорошкового метода дефектоскопии мы можем получить наглядную картину о их состоянии (рис. 2) [4].

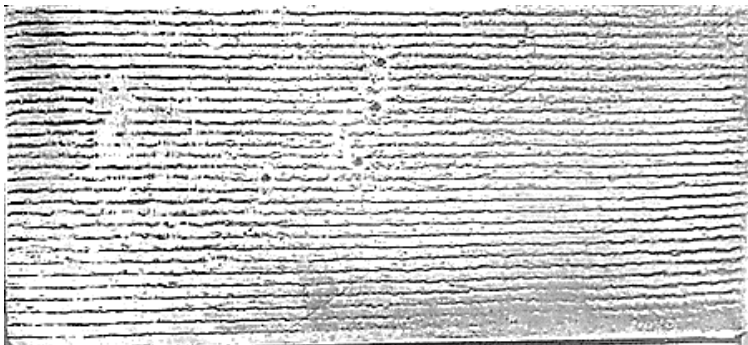
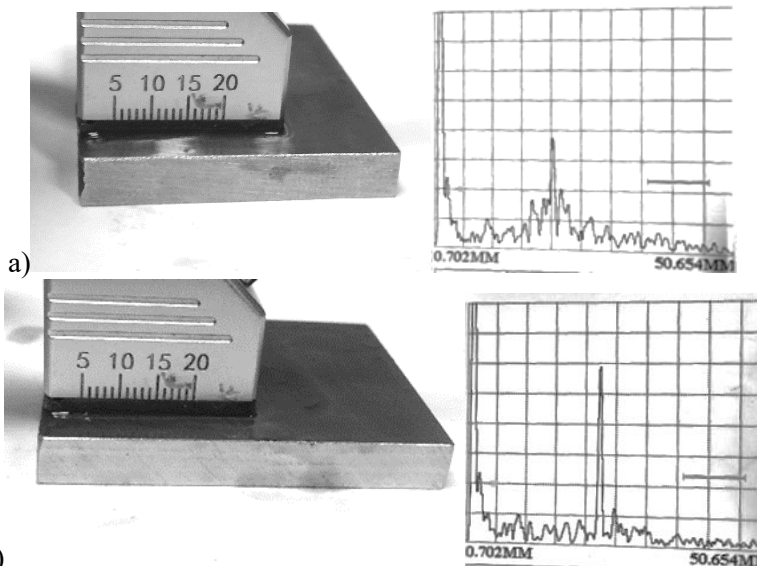


Рисунок 2 – Границы валиков, полученные магнитопорошковым методом

Так же изделия, полученные ПЛВ, имеют ярко выраженную анизотропию, что можно подтвердить УЗК методами [5]. При направлении преобразователя параллельно наплавленным валикам мы имеем на экране более чёткий краевой сигнал (рис.3б), а при направлении его перпендикулярно мы получаем слабый краевой сигнал и множество шумов (рис.3а).



б)  
Рисунок 3 – Сравнение краевого сигнала в образце при разном направлении преобразователя



Для определения характера охлаждения наплавляемых слоев в некоторых работах был проведен расчет температурных полей. Задача теплопроводности была решена аналитическим методом функций Грина без учета температурных зависимостей теплофизических свойств. За основу было взято квазистационарное решение для точечного источника в бесконечном плоском слое. В случае наплавки стенки расчетная схема представляла собой наплавку на торец бесконечной пластины. Рассчитанные кривые охлаждения показаны на рис.4. Увеличение мощности лазера приводит к увеличению времени охлаждения металла в интервале температур 800-500 °С (Таблица 2).

Таблица 2. Влияние режима наплавки при наплавке валика на поверхность пластины и при выращивании стенки

|          | Режим № | Мощность, Вт | Скорость, мм/с | $\Delta t_{800-500}$ , с | $V_{800-500}$ , °C/с | $\Delta t_{1500-800}$ , с |
|----------|---------|--------------|----------------|--------------------------|----------------------|---------------------------|
| Пластина | 1       | 2000         | 24             | 0.15                     | 2115                 | 0.10                      |
|          | 2       | 3000         | 24             | 0.225                    | 1355                 | 0.16                      |
| Стенка   | 1       | 2000         | 24             | 1.00                     | 300                  | 0.24                      |
|          | 2       | 3000         | 24             | 1.86                     | 161                  | 0.44                      |

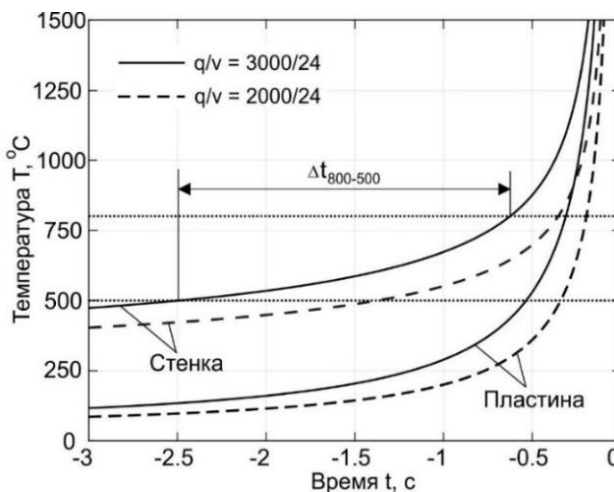


Рисунок 4 – Кривые охлаждения слоев при наплавке на поверхность пластины и при наплавке стенки на удалении от подложки

Согласно данному расчёту за 1,5 с изделие резко охлаждается до 500<sup>0</sup>С, после чего происходит плавное охлаждение образца в течении относительно долгого времени. Согласно термокинетической диаграмме стали (рис.5) мы практически всегда попадаем в область бейнитных структур.

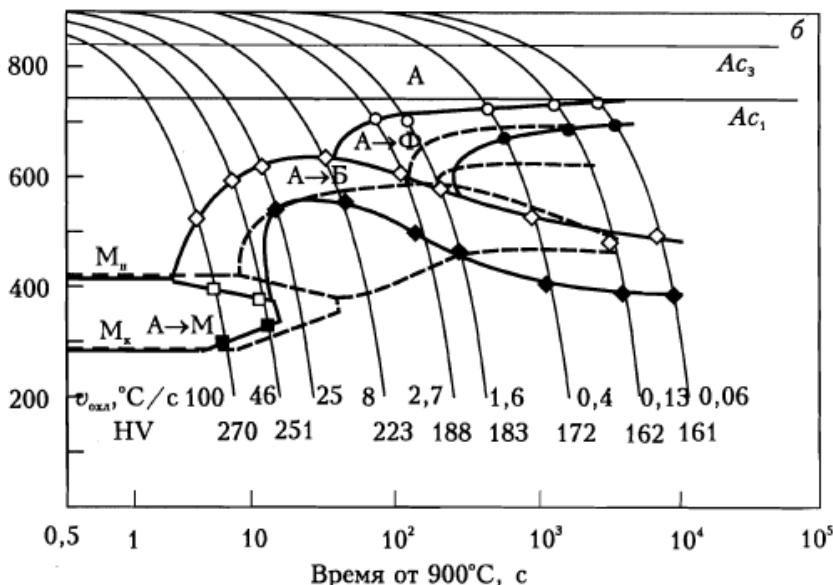


Рисунок 5 – Термокинетическая диаграмма превращения аустенита стали 09ХН2МД

Как видно из расчёта, наплавка первых валиков на подложку проходит в другом режиме, нежели последующих. При наплавке валиков на подложку мы имеем ещё не разогретый металл основания обеспечивающий высокий теплоотвод и соответственно более высокие скорости охлаждения. Но при наплавке последующих слоёв, предыдущие валики не успевают остыть и в зависимости от времени возврата лазерного луча мы можем иметь температуры предыдущих слоёв до 300 <sup>0</sup>С. При этом теплоотвод будет существенно меньше и валик будет охлаждаться медленнее. Так же важно отметить что наплавка последующего валика может нагревать предыдущий до температуры около 400 <sup>0</sup>С, тем самым давая небольшой отжиг. По

итогу мы имеем довольно сложные термокинетические процессы на которые очень сильно влияют малейшие отклонения от режима выращивания.

Рассмотрим микроструктуры полученные из выращенной стенки в различных её участках (рис.6).

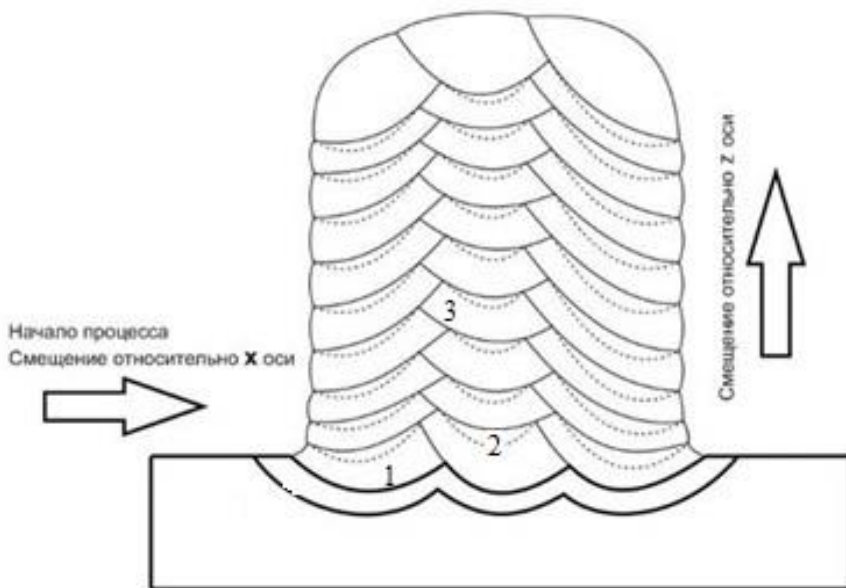


Рисунок 6 – Схема многопроходной наплавки валиков (поперечное сечение)

Первый наплавленный валик (зона 1 – рис. 7.1) имеет высокие скорости охлаждения и структура формируется бейнитно-мартенситная. Последующие наплавленные валики имеют довольно удовлетворительные условия формирования и имеют бейнитную структуру (зона 3 – рис. 7.3). На границах валиков структура неоднородна, но в основном представлена бейнитным ферритом (зона 2 – рис. 7.2).

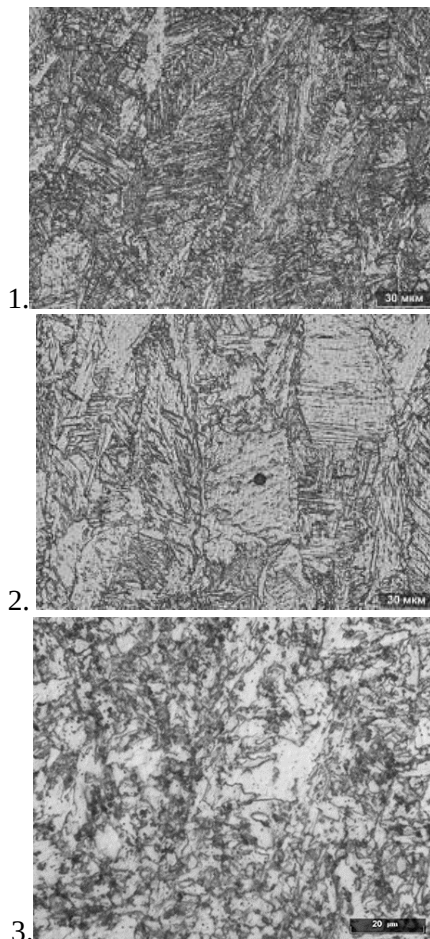


Рисунок 7 – Микроструктура выращенной стенки:  
 1 – первый наплавленный валик; 2 – границы валиков;  
 3 – наплавленный валик в середине детали

На рис. 8а представлен бейнитный феррит, сосредоточенный по границам валиков, микрофотография получена при помощи электронного микроскопа при увеличении  $\times 2000$ . В некоторых случаях при ПЛВ возможно образование бейнитного феррита, который, зарождается непосредственно на границах аустенитных зерен. Бейнитный феррит мягче, чем мартенсит. Более того, структура бейнитного феррита характеризуется тонкими и очень длинными

параллельными рейками, которые зарождаются непосредственно на границах аустенитных зерен.

В теле валика основных слоёв (зона 3) представлен бейнит с небольшой долей мартенсита и остаточного аустенита (М/А) в данном случае М/А характеризуется как вырожденный (рис.8б).

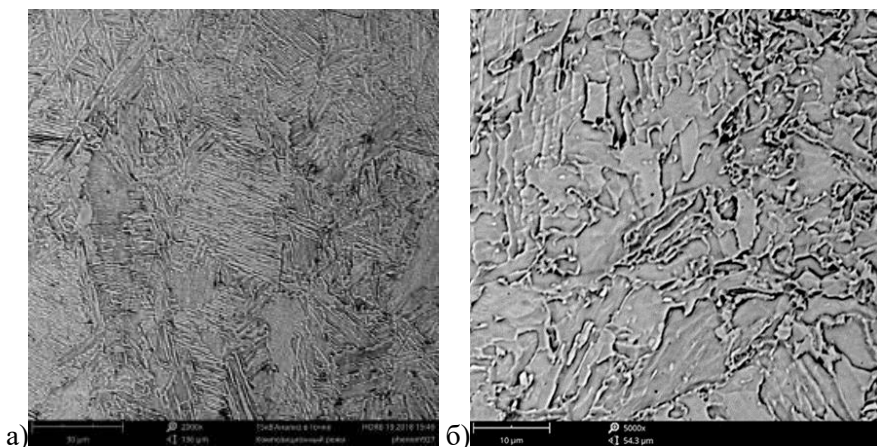


Рисунок 8 – Структура, полученная на электронном микроскопе X2000 (а), X5000 (б)

### **Вывод:**

По итогу мы получаем крайне неравновесную структуру с чередованием различных фаз внутри материала. Несмотря на то, что основной металл валиков имеет хорошую однородную бейнитную структуру с высокими механическими свойствами, на границах валиков формируется неоднородная структура, которая может способствовать возникновению опасных дефектов, таких как трещины, расслоения. Направлениями дальнейшего анализа должны являться влияние термообработки на изменение всех структурных фаз, так как предположительно правильно подобранным режимом термообработки можно несколько нивелировать ярко-выраженную структурную неоднородность.

### Список литературы:

1. An overview of Direct Laser Deposition for additive manufacturing; Part I: Transport phenomena, modeling and diagnostics/ S.M. Thompson, L.Bian, N. Shamsaei, A. Yadollahi // Addit. Manuf., 8 (2015), pp. 36-62.
2. Влияние фракции порошка сплава 09ХН2МД на механические свойства образцов, полученных методом ПЛВ/ Долгун Е.С., Мендагалиев Р., Корсмик Р.С., Климова-Корсмик О.Г.//Неделя науки СПбПУ ч.1, 2018, стр. 104-106
3. Влияние на формирование структуры и свойства стали 09ХН2МД параметров тех. режимов ПЛВ для изделий, эксплуатируемых в условиях Арктики/ Мендагалиев Р., Петрова С.Г., Корсмик Р.С., Климова-Корсмик О.Г., Иванов С.Ю. //Неделя науки СПбПУ ч.2, 2018,
4. Применение магнитопорошкового метода дефектоскопии для изделий, полученных методом ПЛВ из стали 09ХН2МД/ Бут Э.А., Фирсов А.М., Алексеев В.И.//Студ. науч.-практ. конф. «Материаловедение и технологии материалов». – СПб: Изд-во СПбГМТУ, 2019, стр. 4-14.
5. Применение ультразвукового метода неразрушающего контроля для изделий, полученных методом ПЛВ/ Бут Э.А., Фирсов А.М., Алексеев В.И.//Студ. науч.-практ. конф. «Материаловедение и технологии материалов». – СПб: Изд-во СПбГМТУ, 2019, стр. 61-70.

*Астахова Елизавета Романовна*  
*студент 2 курса магистратуры*  
*Санкт-Петербургский (филиал) ФГБОУ ВО*  
*«Всероссийский государственный университет юстиции*  
*(РПА Минюста России)»*  
*e-mail: astakhova\_elizaveta97@mail.ru*  
*соавтор: Мишальченко Юрий Владимирович,*  
*д-р. юр. наук,*  
*профессор кафедры Государственного и*  
*международного права,*  
*ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный*  
*морской технический университет»,*  
*г. Санкт-Петербург,*  
*e-mail: myv2008@mail.ru*

### **Актуальные проблемы страхования морских перевозок по северному морскому пути**

**Аннотация.** В данной статье освещаются актуальные проблемы, возникающие при страховой деятельности морских перевозок в арктическом регионе, а именно на Северном морском пути. Выявлены риски и проблемы, которые возникают при морском страховании в исследуемом регионе, обоснованы причины их возникновения, а также исследованы частные случаи, которые становятся причиной повышения страховых ставок морских перевозок. Отдельное внимание уделено рискам судовладельцев транспорта, которые следуют по маршруту Северного морского пути.

**Ключевые слова:** морское страхование, страховые ставки, Северный морской путь, арктический регион, риски страхования, страховая деятельность.

*Astakhova Elizabeth Romanovna*  
*2nd year master's student*  
*St. Petersburg (branch) fgbou VO*  
*"All-Russian state University of justice*  
*(RPA of the Ministry of justice)»*  
*e-mail: astakhova\_elizaveta97@mail.ru*  
*co-author: Yuri Mishalchenko,*

Dr. Jur.sciences',  
Professor of the Department of State and  
international law  
Saint Petersburg State Marine Technical University,  
Saint-Petersburg  
e-mail:myv2008@mail.ru

**Abstract.** *In this article the actual problems arising at insurance activity of sea transportations in the Arctic region, namely on the Northern sea route are highlighted. The risks and problems that arise in marine insurance in the studied region are identified, the reasons for their occurrence are substantiated, as well as special cases that cause an increase in insurance rates are investigated. sea transportation. Special attention is paid to the risks of ship owners of transport moving along the route of the Northern sea route.*

**Key words:** *marine insurance, insurance rates, Northern sea route, Arctic region, insurance risks, insurance activity.*

Вопросы, связанные со страхованием при перевозке грузов морским транспортом по Северному морскому пути, имеют определяющую роль и влияют на многие факторы при организации судоходства. Актуальность выбранной проблемы обусловлена повышением значимости для России Северного Морского Пути (СМП). Учитывая резкое возрастание численности судов, проходящих по Северному морскому пути, возрастает и потребность в расширении страхования, детализации различных аспектов страховой деятельности, особенностей ее применения. При этом важно учитывать, что на протяжении последних лет складывается практика применения непомерно завышенных страховых тарифов, применяемых зарубежными страховыми компаниями к судам, следующим по Северному морскому пути

Целью данной статьи является анализ страховой деятельности в арктическом регионе, разработка предложений по разрешению проблем в страховой деятельности СМП. Практическая значимость работы заключается в разработке предложений по развитию и углублению страхового дела в Заполярье, которые могут применяться законодательными и исполнительными органами Российской Федерации в текущей деятельности. В последние годы все порты СМП активно реконструируются, это позволяет им принимать большое количество международных грузов (соответственно, увеличивать



транспортный поток проходящих судов через Северный морской путь).<sup>\*</sup> По данным на 01 сентября 2019 года в этом году путями СМП перевезено около 14 тысяч тонн, о чем сообщил представитель ФГУП «Администрация Севморпути», в то время как за весь 2013 год было перевезено 3 млн. тонн, что свидетельствует об активизации арктического пути.

Исследуя рынок страхования, функционирующий на СМП, необходимо подчеркнуть его крайне недостаточную реализацию в Арктике. Страховые риски в этом районе, с которыми встречаются страховые компании, слабо исследованы и не полностью выявлены. Для прояснения полной картины в области страхования на СМП необходимо всесторонне анализировать опасности и возможные угрозы на маршрутах движения судов.

Арктические риски и проблемы можно классифицировать следующим образом:

1. Риски, связанные с навигацией и безопасностью. Данная группа рисков включает в себя длительность и сложность маршрутов, а также удаленность от портов судов в условиях крайнего Севера.

Считаем необходимым указать на следующие проблемы: сложные навигационные условия; низкая температура; лед и туманы; частичная навигация проходит в условиях полярной ночи; ограничения по осадке; затрудненная связь; недостаточно развитая инфраструктура; отсутствие судоремонтных мощностей; малочисленность ледоколов; наличие судов преимущественно без ледового класса.

2. Риски, связанные с судоремонтом в Арктике. Судоремонт в Заполярье не отличается от ремонта в других открытых океанах. Но критичные северные условия Арктики резко усложняют проведение ремонтных операций. Безусловно, прохождение судов в северных широтах может быть максимально опасным ввиду не приспособленности транзитеров к заполярной ледовой обстановке. Все суда при получении разрешения на плавание страхуются согласно Правилам плавания в акватории СМП.<sup>†</sup>

---

<sup>\*</sup> Шепелин Г.И., 2016. "Проблемы И Перспективы Морского Страхования На Северном Морском Пути," Modernization. Innovation. Research МИР (Модернизация. Инновации. Развитие), CyberLeninka; Общество с ограниченной ответственностью Издательский Дом «Наука», vol. 7(3 (27)), pages 27-32.

<sup>†</sup> Приказ Минтранса России от 17.01.2013 N7 (ред. от 09.01.2017) "Об утверждении Правил плавания в акватории Северного морского пути"/Справочно-правовая система «КонсультантПлюс».

Сложность и особые условия страхования в арктическом регионе в том, что имеются зоны с повышенными степенями риска. И на практике страховые компании вводят непропорционально высокие коэффициенты, достигающие 300%, чтоб получить дополнительные премии\*. Исследуя статистику прохождения по Северному морскому пути, следует отметить весьма малое количество судов, списанных как «total loss», т.е. в результате полной гибели судна (около 10 судов за последние несколько десятилетий). С учетом почти полувекового опыта на СМП, отражающим минимум страховых случаев по Арктике, дополнительное страховое покрытие не требует кардинального увеличения. Риски несчастных случаев в полярных водах также минимизируются за счет осуществления специальных мер ввода новых современных судов, соответствующих прогрессивным требованиям безопасности.

Таким образом, анализируя вероятность и тяжесть последствий морских рисков в заполярье, аналитики в области морского страхования пришли к выводу, что цены для Р&I – страхования (Protection and Indemnity – защита и компенсация) – является страхованием ответственности судовладельца и/или оператора судна перед третьими лицами, в процессе эксплуатации судна) и Н&М-страхования (Hull and Machinery страхование судна с ответственностью за полную гибель и повреждения) - является основополагающим видом страхования корпуса и машин судна) в Арктике и в открытом море должны быть адекватными и рассчитываться на одинаковой основе.†

Полисы Н&М, как правило, исключают навигацию в регионах с ледовым покрытием, таких как СМП, в связи с возникновением необходимости заключения особых соглашений со страховщиками. Страховые требования, которые устанавливаются на Северном морском пути, как правило, выше, чем в других регионах Северного Ледовитого океана. В частности, особое значение для стоимости страховых услуг имеют такие факторы, как груз, удаление обломков кораблекрушения, требования членов команды и операции по удалению загрязнений.‡

---

\* Семенова-Шусс Е.В., Семенов А.В., Луциян Р.Б. Проблемы и перспективы морского страхования на транспортной развязке в Беринговом проливе // Транспортное право. 2018. N 4. С. 25 – 28.

† Ремизов М.В. Не упустить свой шанс // Морское страхование. 2014. № 2 (17). 2014. [электронный ресурс] режим доступа: [http://media.wix.com/ugd/66c86f\\_5238872d4c424bde8aa21f85c5fb5dlf.pdf](http://media.wix.com/ugd/66c86f_5238872d4c424bde8aa21f85c5fb5dlf.pdf)

‡ Кутафин Д.О. Некоторые особенности правового регулирования Северного морского пути // Международное публичное и частное право. 2015. N 1. С. 24 - 28.

Отдельно хотелось бы уделить внимание страхованию в судостроении, которое включает в себя: испытания судна на воде и в процессе поставки судна заказчику строительно-монтажные риски на верфи и строительно-монтажные риски на верфи.

Следствием природных особенностей исследуемого региона стало размещение ремонтных мастерских в период ледокольного судоходства, которые также являются объектом страхования. Учитывая наличие ремонтных мастерских, страховые суммы подлежат повышению, так как при страховом случае приходится восстанавливать судна, строящиеся по индивидуальным проектам, что значительно повышает цену страховой услуги.

При страховании судов, эксплуатирующихся в условиях Арктики, особо следует выделить конкретную практику определенных страховых аспектов аварийных происшествий. Изначально при заключении договоров морского страхования, главное внимание уделяется перечню застрахованных рисков, размеру страховых премий, суммам франшиз и выверению исключений из объема страхового покрытия. Рассматривая тему повышенных ледовых рисков констатируем, что к любому полису прилагаются определенные приложения. Например, таким приложением является *Institute Warranties* (районы, исключенные из стандартного страхового покрытия в отношении ледовых повреждений судов). Указанные районы могут отличаться; они указываются в каждой страховой компании в зависимости от политики компании и могут не совпадать. Приложения составляются в зависимости от определенных факторов, влияющих на страхование перевозок в районе Северного морского пути, а именно: наличие ледовой проводки; период нахождения судна в зоне повышенного ледового риска; наличие ледового класса у судна. В связи с этим стоит отметить функцию андеррайтера, т.е. повышения ставки страховой премии на период захода судна в районы, обозначенные в *Institute Warranties*. Если степень риска существенно повышается, может быть применено смешанное увеличение ставки премии и включения дополнительной франшизы. Следующее серьезное требование – проверка ледового класса судна на возможность прохождения определенной толщины и плотности ледового покрова в районе проведения навигации застрахованного судна. При этом, чтобы андеррайтер не предлагал дополнительные опции, изначально необходимо определиться и разграничить риски по двум полисам – полису корпуса, машин и механизмов судна, а также

полису гражданской ответственности судовладельца. Такое разграничение значительно уменьшит суммы страхования.

Что касается рисков, с которыми сталкиваются судовладельцы при следовании в исследуемом регионе, то практика, учитывающая риски, связанные со страхованием корпуса, машин и механизмов судна следующая: во-первых, наиболее критичный риск судовладельца – это риск, связанный с полной конструктивной гибелью судна в результате ледовых повреждений. В этом случае судно не подлежит восстановлению либо расходы на его восстановление превышают 70% от заявленной страховой суммы. Таким образом, для судовладельца представляется весьма затратным восстанавливать поврежденное судно.

Второй риск – это расходы по проведению спасения судна. Это весьма затратная процедура, поскольку после проведения спасательных работ компания-спасатель потребует от судовладельца крупного возмещения затрат.

Следующий риск – это расходы судовладельца, связанные с долей судовладельца по общей аварии. При объявлении общей аварии страховщик обязан покрыть расходы по доле судна, попавшей под расходы по общей аварии, остальную же часть убытков несет судовладелец.

Четвертый риск – это расходы судовладельца, связанные с ремонтом корпуса, машин и механизмов судна. Последний риск – это расходы по определению и уменьшению размера убытка. В данную категорию входят такие расходы, как найм сюрвейеров, диспашеров, аварийных комиссаров, а также наймом адвокатов при возникновении спорных ситуаций, требующих привлечения компетентных специалистов в области морского права.

Рассматривая проблему убыточности по ледовым повреждениям корпуса, машин и механизмов судов отметим, что у российских страховщиков информация носит закрытый характер. Она дискутируется между судовладельцем и страхователем при заключении или возобновлении договора страхования, но на поверхность не выносится. Проводя исследования в данной области и формируя данную статью было достаточно затруднительно найти открытые данные, которые могли бы раскрыть конкретные страховые ставки, которые применяются при заключении договоров, а также информацию о том в каком размере стороны перевозок несут убытки, следуя в арктическом регионе, так как статистика убыточности по

ледовым повреждениям напрямую зависит от района эксплуатации судна и в каждом конкретном случае показатели разнятся и не складываются в какую-то единую систему.

Таким образом, на сегодняшний день недостаточно разработана политика страховых компаний; перспективные планы страхового освоения Севера не определены. Поэтому можно говорить о недостаточном проникновении страхования в этот сегмент, что в свою очередь может повлечь сложности освоения арктического шельфа в будущем. Важно и учесть практику страхования на случай природных и техногенных катастроф, которые в этой части России пока незначительна.\*

На данный момент СМП – это в большей степени внутренняя российская магистраль, которую стоит развивать в контексте увеличения грузопотоков по различным линиям. Эти процессы напрямую будут способствовать целям превращения СМП в маршрут мирового масштаба. Многое будет зависеть от эффекта глобального потепления, который позволит осуществлять навигацию в течение более длительных периодов времени.

Таким образом, необходимо разрабатывать и углублять страховую деятельность в отношении судов, которые следуют по СМП, исследовать риски, возникающие при страховании, что приведет к уравниванию страховых ставок арктического региона с иными регионами. Развитие Северного морского пути как трансконтинентальной северной магистрали, невозможно без функционирования полноценной страховой защиты рисков, связанных с эксплуатацией морских судов на СМП. Именно поэтому, развитие Северного морского пути является основой развития целого сегмента морского страхования в Арктике.†

#### Список литературы:

1. Приказ Минтранса России от 12.05.2017 N 187 "Об утверждении Положения о Департаменте государственной политики в области морского и речного транспорта Министерства транспорта Российской Федерации".

---

\* Инновационное развитие России: проблемы и решения: монография / под ред. М.А. Эскиндарова, С.Н. Сильвестрова. М.: Анкил, 2013

† Dudin M.N., Lyasnikov N.V., Sekerin V.D., Gorohova A.E., Bank S.V. (2015) Provision of global economic and energy security in the context of the development of the Arctic resource base by industrialized countries // International Journal of Economics and Financial Issues. Vol. 5, № 3S (Special Issue), 248–256.

2. Приказ Минтранса России от 17.01.2013 N7 (ред. от 09.01.2017) "Об утверждении Правил плавания в акватории Северного морского пути"//Справочно-правовая система «КонсультантПлюс»;

3. "Стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года"//Справочно-правовая система «Консультант Плюс»;

4. Право и экономическая деятельность: современные вызовы: монография / Е.Г. Азарова, А.А. Аюрова, М.К. Белобабченко и др.; отв. ред. А.В. Габов. М.: ИЗиСП, Статут, 2015. 400 с.;

5. Шепелин Г.И., 2016. "Проблемы И Перспективы Морского Страхования На Северном Морском Пути," Modernization. Innovation. Research МИР (Модернизация. Инновации. Развитие), CyberLeninka;Общество с ограниченной ответственностью Издательский Дом «Наука», vol. 7(3(27)).;

6. Семенова-Шусс Е.В., Семенов А.В., Луциян Р.Б. Проблемы и перспективы морского страхования на транспортной развязке в Беринговом проливе // Транспортное право. 2018. №4.;

7. Ремизов М.В. Не упустить свой шанс // Морское страхование. 2014. № 2 (17). 2014. [электронный ресурс] режим доступа: [http://media.wix.com/ugd/66c86f\\_5238872d4c424bde8aa21f85c5fb5dlf.pdf](http://media.wix.com/ugd/66c86f_5238872d4c424bde8aa21f85c5fb5dlf.pdf);

8. Кутафин Д.О. Некоторые особенности правового регулирования Северного морского пути // Международное публичное и частное право. 2015. № 1.

9. Инновационное развитие России: проблемы и решения: монография // под ред. М.А. Эскиндарова, С.Н. Сильвестрова. М.: Анкил, 2017.

Вавилов Артём Алексеевич,  
магистр,  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
морской технический университет»,  
г. Санкт-Петербург,  
e-mail: [vavilovartemalexeevich@gmail.com](mailto:vavilovartemalexeevich@gmail.com)

### **Направленность приповерхностного источника шумоизлучения в свободном пространстве**

**Аннотация.** В статье описаны особенности шумоизлучения в свободном пространстве и разработка математической модели характеристики направленности шумоизлучения.

**Ключевые слова:** шумоизлучение, частотные характеристики, свободное пространство.

Vavilov Artem Alekseevich,  
master,  
Saint Petersburg State Marine Technical University,  
Saint-Petersburg  
e-mail: [vavilovartemalexeevich@gmail.com](mailto:vavilovartemalexeevich@gmail.com)

### **Direction of a surface source of noise emission in free space**

**Abstract.** The article describes the features of noise emission free space and development of a mathematical model of the characteristics of orientation noise emission.

**Key words:** noise emission, frequency response, free space

Дистанция обнаружения источника шумоизлучения в пассивном режиме зависит не только от приведенной шумности источника, уровня помехового фона, но и от направленности шумоизлучения источника сигнала. На первом этапе проектирования при оценке эффективности обнаружителя в первом приближении направленностью источника сигнала, как правило, пренебрегают, т.е. считают его шумоизлучение не направленным. Причиной такого упрощения является отсутствие или малочисленность сведений о пространственной направленности шумоизлучения реальных объектов. Однако направленное шумоизлу-

чение приповерхностных источников имеет особенность в вертикальной плоскости. Эта особенность обусловлена влиянием границы вода-воздух, звукомягкой акустической границы, вблизи которой находится зона шумоизлучения надводного судна. Отражение звуковых волн от звукомягкой границы приводит к ослаблению шумоизлучения в направлении, близком к горизонтальному. В результате характеристика направленности (ХН) имеет провал в некотором секторе углов, примыкающем к горизонтали. Дистанция обнаружения приповерхностного источника шумоизлучения, благодаря рефракции, зависит от угла выхода луча. Чем меньше угол выхода луча, тем дальше дистанция обнаружения, но это справедливо, если шумоизлучение ненаправленное по вертикали. Реальная направленность делает лучи с малыми углами выхода энергетически слабыми, что уменьшает дистанцию обнаружения. Отсюда становится актуальной разработка теоретической модели шумоизлучения вблизи морской поверхности.

Целью данной статьи является разработка математической модели направленности шумоизлучения приповерхностного источника в вертикальной плоскости. Для решения этой задачи используют результаты теории излучения шумовых полей в звукопроводящем пространстве (ЗПП) с известными пространственно-частотными передаточными характеристиками (ПЧХ). В качестве модели зоны шумоизлучения выбрана шумящая линия конечной протяженности, ориентированная вертикально. Ее протяженность соизмерима с осадкой надводного корабля (НК).

### ***Направленность шумоизлучения в свободном пространстве***

Частотный спектр мощности поля зоны шумоизлучения конечных размеров определяется формулой:

$$P^2(\omega, \bar{r}) = \iint_{V_q} P_q^2(\omega, \bar{r}_1, \bar{r}_2) \times g(\omega, \bar{r}, \bar{r}_1) \times \dot{g}(\omega, \bar{r}, \bar{r}_2) d^3 r_1 d^3 r_2, \quad (1.1)$$

где  $P_q^2(\omega, \bar{r}_1, \bar{r}_2)$  – взаимный спектр мощности первичного поля в зоне излучения объемом  $V_q$ ;  $g(\omega, \bar{r}_1, \bar{r}_2)$  и  $\dot{g}(\omega, \bar{r}_1, \bar{r}_2)$  – пространственно-частотные передаточные характеристики звукопроводящего пространства, в котором происходит излучение и распространение вторичного (волнового) поля;  $\bar{r}_1$  и  $\bar{r}_2$  – координаты точек в зоне



излучения объемом  $Vq$ ;  $\bar{r}$  – координата точки приема волнового поля, в которой определяется частотный спектр мощности этого поля  $P^2(\omega, \bar{r})$ .

Когда ЗПП представляет собой безграничное пространство, заполненное однородной звукопроводящей средой (однородной морской воды в нашем случае), его ПЧХ описывается формулой:

$$g(\omega, \bar{r}, \bar{r}_1) = \frac{1}{4\pi R_1} e^{j\omega \frac{R_1}{c}}, \quad (1.2)$$

где  $R_1 = |\bar{r} - \bar{r}_1|$  – модуль разностного вектора  $R_1 = \bar{r} - \bar{r}_1$  или расстояние от точки излучения  $\bar{r}_1$  до точки приема  $\bar{r}$ ;  $c$  – скорость звука в звукопроводящей среде.

Комплексно сопряженная функция, описывающая ПЧХ ЗПП для другой излучающей точки  $\bar{r}_2$ , имеет вид:

$$\dot{g}(\omega, \bar{r}, \bar{r}_2) = \frac{1}{4\pi R_2} e^{-j\omega \frac{R_2}{c}}, \quad (1.3)$$

где  $R_2 = |\bar{r} - \bar{r}_2|$  – модуль разностного вектора  $R_2 = \bar{r} - \bar{r}_2$  или расстояние от точки излучения  $\bar{r}_2$  до точки приема  $\bar{r}$ .

Произведение двух ПЧХ, входящее в (1.1), равно

$$g(\omega, \bar{r}, \bar{r}_1) \times \dot{g}(\omega, \bar{r}, \bar{r}_2) = \frac{1}{16\pi^2 R_2 R_1} e^{j\omega \frac{R_1 - R_2}{c}}, \quad (1.4)$$

следовательно, формула (1.1) преобразуется к виду:

$$P^2(\omega, \bar{r}) = \frac{1}{16\pi^2} \iint_{Vq} P_q^2(\omega, \bar{r}_1, \bar{r}_2) \frac{1}{R_2 R_1} e^{j\omega \frac{R_1 - R_2}{c}} d^3 r_1 d^3 r_2, \quad (1.5)$$

где  $d^3 r_1$  и  $d^3 r_2$  – бесконечно малые элементы объема, если зона  $Vq$  объемной формы.

Если зона излучения – поверхность, площадью  $Sq$ , то

$d^3 r_1 \rightarrow d^2 r_1$  – бесконечно малая площадка на поверхности  $Sq$ .

Если зона излучения- это отрезок линии, длиной  $L$  то  $d^3r_1 \rightarrow dl_1$  – бесконечно малый отрезок этой линии.

Рассмотрим сначала наиболее общий случай: зона излучения объемная;  $Vq$  – ее объем с максимальным поперечным размером  $d_{\max}$  (рисунок 1.1).

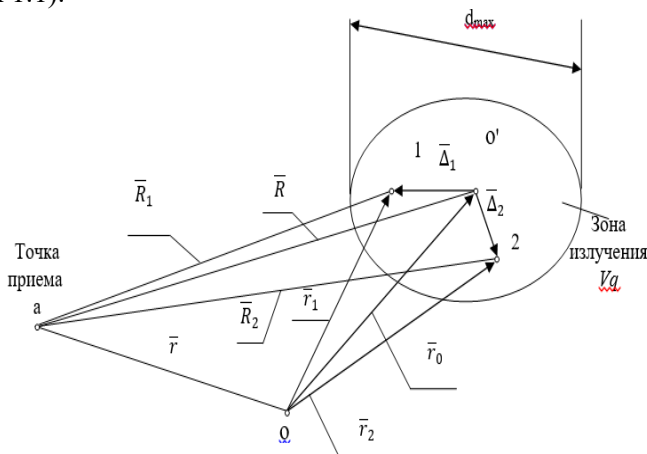


Рисунок 1.1 – Зона шумоизлучения

Выберем точку «о'» внутри объема  $Vq$  зоны излучения- точку «приведения» с координатой  $\bar{r}_0$ . Тогда появится вектор  $\bar{R} = \bar{r} - \bar{r}_0$ , модуль которого – расстояние от точки приведения «о'» до точки приема «а». Перенесем начало координат в точку «о'»:

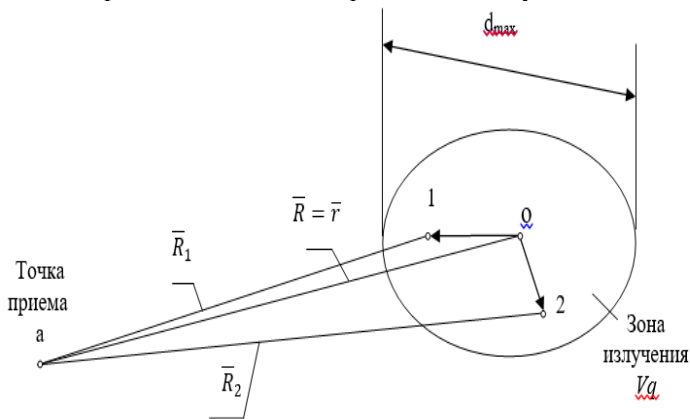


Рисунок 1.2 – Зона шумоизлучения с началом координат в точке «приведения»

Рассмотрим вариант задачи, когда точка приема «а» удалена от объема  $V_q$  (от точки «о» внутри объема) на расстояние значительно превышающее  $d_{\max}$  – поперечный размер зоны излучения. В этом случае соотношения входящие в (1.5)  $R_2 R_1$  и  $R_1 - R_2$  упрощаются и выражаются через модуль  $R$  вектора дальности точки приема «а».

Для указанных упрощений запишем векторные равенства (из векторных треугольников):

$$\bar{R} = \bar{r}_1 + \bar{R}_1; \bar{R} = \bar{r}_2 + \bar{R}_2. \quad (1.6)$$

Спроектируем равенства (1.6) на направление вектора  $\bar{R}$ :

$$R = r_1 \cos(\bar{R}, \bar{r}_1) + R_1 \cos(\bar{R}, \bar{R}_1); R = r_2 \cos(\bar{R}, \bar{r}_2) + R_2 \cos(\bar{R}, \bar{R}_2). \quad (1.7)$$

При условии, что  $R \gg d_{\max}$  углы между векторами  $\bar{R}_1$  и  $\bar{R}$ ,  $\bar{R}_2$  и  $\bar{R}$  малы и можно принять приближение:

$$\cos(\bar{R}, \bar{R}_1) \cong \cos(\bar{R}, \bar{R}_2) = 1. \quad (1.8)$$

Тогда имеем другие приближения из (1.7):

$$R_1 = R - r_1 \cos(\bar{R}, \bar{r}_1); R_2 = R - r_2 \cos(\bar{R}, \bar{r}_2). \quad (1.9)$$

Отсюда:

$$R_1 R_2 \approx R^2; \quad (1.10)$$

$$R_1 - R_2 = r_2 \cos(\bar{R}, \bar{r}_2) - r_1 \cos(\bar{R}, \bar{r}_1) = (\bar{r}_2 - \bar{r}_1) \bar{e}_R. \quad (1.11)$$

где  $\bar{e}_R$  – орт вектора  $\bar{R}$ , определяющий направление из точки «о» внутри зоны на точку приема «а», ( $\bar{R} = R \bar{e}_R$ ).

Используя приближения (1.10) и (1.11), запишем формулу (1.5) в виде:

$$P^2(\omega, \bar{R}) = \frac{1}{16\pi^2 R^2} \iint_{V_q} P_q^2(\omega, \bar{r}_1, \bar{r}_2) e^{j\omega \frac{(\bar{r}_2 - \bar{r}_1) \bar{e}_R}{c}} d^3 r_1 d^3 r_2. \quad (1.12)$$

ведем интегральный частотный спектр мощности первичного поля источника:

$$P_q^2(\omega) = \iint_{V_q} P_q^2(\omega, \bar{r}_1, \bar{r}_2) d^3 r_1 d^3 r_2. \quad (1.13)$$

Разделим и умножим (1.12) на (1.13) и получим формулу  $P^2(\omega, \bar{R})$  в виде, схожим с формулой для точечного источника:

$$P^2(\omega, \bar{R}) = \frac{P_q^2(\omega, 1)}{R^2} R_q^2(\omega, \bar{e}_R), \quad (1.14)$$

где

$$R_q^2(\omega, \bar{e}_R) = \frac{\iint_{V_q} P_q^2(\omega, \bar{r}_1, \bar{r}_2) e^{j\omega \frac{(\bar{r}_2 - \bar{r}_1) \bar{e}_R}{C}} d^3 r_1 d^3 r_2}{\iint_{V_q} P_q^2(\omega, \bar{r}_1, \bar{r}_2) d^3 r_1 d^3 r_2}, \quad (1.15)$$

$R_q^2(\omega, \bar{e}_R)$  – нормированная характеристика направленности эквивалентного точечного источника, расположенного в точке приведения «о'», куда перенесено начало координат.

Пусть зона шумоизлучения имеет форму отрезка прямой линии конечной длины  $L$  и ориентирована вертикально. Взаимный спектр первичного поля задан. Необходимо получить расчетную формулу нормированной ХН такой зоны излучения.

Выбираем сферические координаты с полярной осью “z” и началом координат в центре зоны излучения (рисунок 1.3). Задаем координатные векторы точек излучения в параметрической форме. Для этого вводим орт зоны излучения  $\bar{e}_z$ , параллельный оси ‘z’ (рисунок 1.3).

Тогда

$$\bar{r}_1 = z_1 \bar{e}_z; \bar{r}_2 = z_2 \bar{e}_z \quad (1.16)$$

и

$$(\bar{r}_2 - \bar{r}_1) \bar{e}_R = (z_2 - z_1) \bar{e}_R \bar{e}_z = (z_2 - z_1) \cos(\bar{e}_R, \bar{e}_z). \quad (1.17)$$

Далее:

$$d^3 r_1 = dz_1; d^3 r_2 = dz_2. \quad (1.18)$$

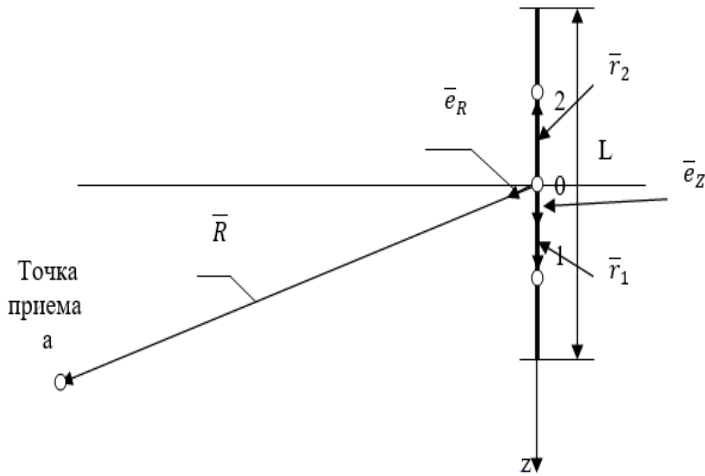


Рисунок 1.3 – Линейная вертикальная зона излучения

При этом  $z_1$  и  $z_2$  – координаты точек излучения в пределах от  $-\frac{L}{2}$  до  $\frac{L}{2}$ .

$$P_q^2(\omega, \bar{r}_1, \bar{r}_2) = P_q^2(\omega, z_1, z_2) \quad (1.19)$$

и в этом случае формула для ХН (1.15) принимает вид:

$$R_q^2(\omega, \bar{r}_1, \bar{r}_2) = \frac{\iint_{-\frac{L}{2}}^{\frac{L}{2}} P_q^2(\omega, z_1, z_2) e^{j\omega \frac{(z_2 - z_1) \cos(\bar{e}_R, \bar{e}_Z)}{c}} dz_1 dz_2}{\iint_{-\frac{L}{2}}^{\frac{L}{2}} P_q^2(\omega, z_1, z_2) dz_1 dz_2}. \quad (1.20)$$

Учтем, что в общем случае:

$$\cos(\bar{e}_R, \bar{e}_Z) = \sin \alpha_z \sin \alpha_R + \cos \alpha_z \cos \alpha_R \cos(\varphi_z - \varphi_R), \quad (1.21)$$

а при  $\alpha_z = \frac{\pi}{2}$  принимает вид:

$$\cos(\bar{e}_R, \bar{e}_Z) = \sin \alpha_R. \quad (1.22)$$

Формула ХН шумящей вертикальной линейки принимает вид:

$$R_q^2(\omega, \alpha_R) = \frac{\iint_{-\frac{L}{2}}^{\frac{L}{2}} P_q^2(\omega, z_1, z_2) e^{j\omega \frac{(z_2 - z_1) \sin \alpha_R}{c}} dz_1 dz_2}{\iint_{-\frac{L}{2}}^{\frac{L}{2}} P_q^2(\omega, z_1, z_2) dz_1 dz_2}. \quad (1.23)$$

Спектр  $P_q^2(\omega, z_1, z_2)$  – вещественная функция  $z_1$  и  $z_2$ . Тогда при интегрировании по  $z_1$  и  $z_2$  в симметричных пределах верхний интеграл в (1.23) сводится к виду:

$$\iint_{-\frac{L}{2}}^{\frac{L}{2}} P_q^2(\omega, z_1, z_2) \cos\left(\frac{\omega}{c}(z_1 - z_2) \sin \alpha_R\right) dz_1 dz_2. \quad (1.24)$$

И расчетное выражение для ХН по мощности будет определяться окончательным выражением:

$$R_q^2(f, \alpha_R) = \frac{\iint_{-\frac{L}{2}}^{\frac{L}{2}} P_q^2(f, z_1, z_2) \cos\left(\frac{f}{c}(z_1 - z_2) \sin \alpha_R\right) dz_1 dz_2}{\iint_{-\frac{L}{2}}^{\frac{L}{2}} P_q^2(f, z_1, z_2) dz_1 dz_2} \quad (1.25)$$

Характер пространственной корреляции первичного поля на разных частотах  $P_q^2(f, z_1, z_2)$  влияет на направленность излучения. Чтобы убедиться в этом рассмотрим два крайних случая:

Первичное поле абсолютно коррелировано по пространству

$$P_q^2(f, z_1, z_2) = P_q^2(f) \mu(z_1) \mu(z_2) \quad (1.26)$$

Первичное поле некоррелировано ( $\delta$ -коррелировано) по пространству

$$P_q^2(f, z_1, z_2) = P_q^2(f, z_1, z_2) \delta(z_1 - z_2) \quad (1.27)$$

В первом случае подстановкой (1.26) в (1.25) получаем:

$$R_q^2(f, \alpha) = \frac{\iint_{-\frac{L}{2}}^{\frac{L}{2}} \mu(z_1) \mu(z_2) \cos\left(\frac{2\pi f}{c}(z_1 - z_2) \sin \alpha\right) dz_1 dz_2}{\left(\int_{-\frac{L}{2}}^{\frac{L}{2}} \mu(z) dz\right)^2} \quad (1.28)$$

а если функция возмущения  $\mu(z) = \mu = \text{const}$  в пределах длины  $L$ , то (1.28) сводится к выражению:

$$R_q^2(f, \alpha) = \frac{1}{L^2} \iint_{-\frac{L}{2}}^{\frac{L}{2}} \cos\left(\frac{2\pi f}{c}(z_1 - z_2) \sin \alpha\right) dz_1 dz_2 \quad (1.29)$$

Во втором случае направленность шумоизлучения отсутствует. Ведь интеграл в числителе (1.25) при интегрировании по любой переменной за счет действия  $\delta$ -функции принимает вид :

$$I1 = \int_{-\frac{L}{2}}^{\frac{L}{2}} P_q^2(f, z_1) dz_1. \quad (1.30)$$

Так как  $\cos\left(\frac{2\pi f}{c}(z_1 - z_1) \sin \alpha\right) = 1$ , а  $P_q^2(f, z_1, z_2) = P_q^2(f, z_1)$ .

Интеграл в знаменателе:

$$I2 = \iint_{-\frac{L}{2}}^{\frac{L}{2}} P_q^2(f, z_1, z_2) \delta(z_1 - z_2) dz_1 dz_2 = \int_{-\frac{L}{2}}^{\frac{L}{2}} P_q^2(f, z_1) dz_1. \quad (1.31)$$

Поэтому  $R_q^2(f, \alpha) = I1/I2 = 1$  на всех частотах.

Линейная зона излучения в системе координат с началом в центре линии конечного размера  $L$  и произвольной ориентацией, определяемой направлением орта линии  $\bar{e}_l$  имеет точку с координатой на линии, определяемой параметрическим вектором (рисунок 1.4)

$$\bar{\Delta} = \bar{l} = l \bar{e}_l ; l \in \left[-\frac{L}{2}, \frac{L}{2}\right]. \quad (1.32)$$

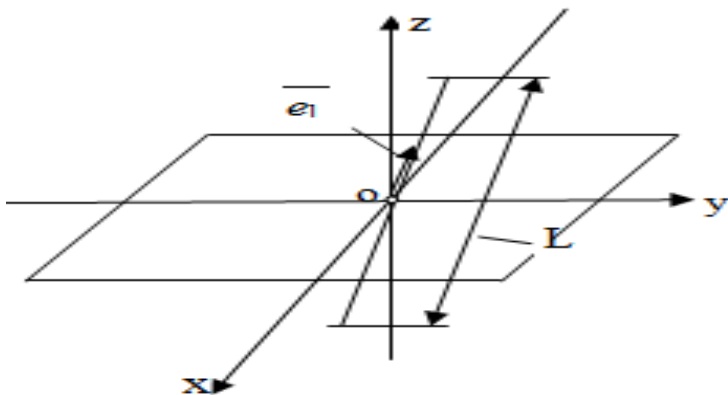


Рисунок 1.4 – Линейная зона излучения в системе координат с началом в центре линии конечного размера  $L$

Если ориентировать линию вертикально, вдоль оси  $z$  (рисунок 1.5), то

$$\bar{\Delta} = \bar{z} = z \bar{e}_z; z \in \left[ -\frac{L}{2}, \frac{L}{2} \right]. \quad (1.33)$$

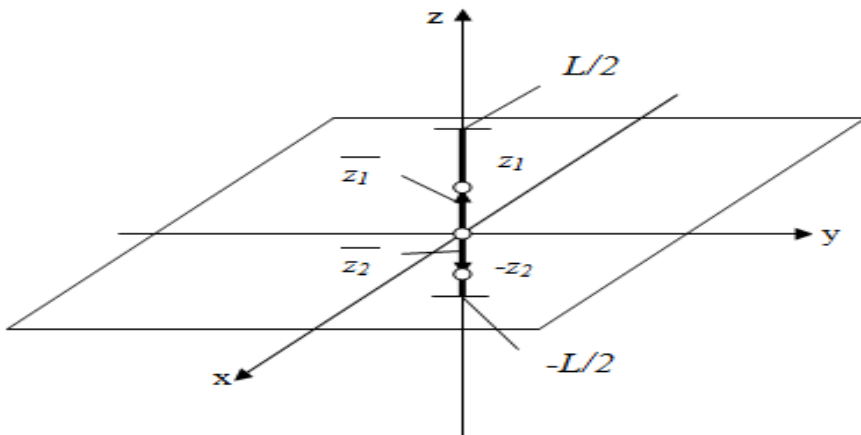


Рисунок 1.5 – Линейная зона излучения, ориентированная вдоль оси  $Z$

В таком случае

$$\bar{\Delta}_1 = z_1 \bar{e}_z; \bar{\Delta}_2 = z_2 \bar{e}_z; \bar{\Delta}_1 - \bar{\Delta}_2 = \bar{\Delta}. \quad (1.34)$$



Модуль разностного вектора

$$\bar{\Delta}_1 - \bar{\Delta}_2 = |\bar{\Delta}_1 - \bar{\Delta}_2| = z_1 - z_2 = \Delta. \quad (1.35)$$

Введем суммарный вектор

$$\frac{\bar{\Delta}_1 + \bar{\Delta}_2}{2} = \frac{\bar{z}_1 + \bar{z}_2}{2} = \frac{z_1 + z_2}{2} \bar{e}_z = \bar{z}. \quad (1.36)$$

И определим его модуль:

$$|\bar{z}| = \left| \frac{\bar{z}_1 + \bar{z}_2}{2} \right| = \frac{z_1 + z_2}{2}. \quad (1.37)$$

Выразим взаимный спектр мощности первичного поля зоны излучения функцией модулей суммарного и разностного координатных векторов  $P^2(f, \Delta, z)$ . Пусть множитель  $P_1^2(f, \Delta, z)$  описывает распределение спектра излучения  $F_q^2(f)$  вдоль линии со спадом от центра к краям

$$P_1^2(f, \Delta, z) = \frac{F_q^2(f)}{(1 + b^2 z^2)}. \quad (1.38)$$

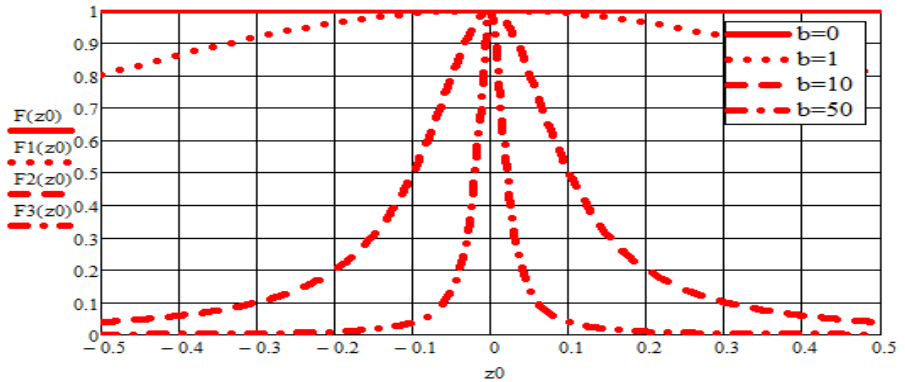


Рисунок 1.6 – Распределение мощности шумоизлучения в зависимости от коэффициента «b»

Второй множитель,  $P_2^2(f, \Delta)$  отражает уменьшение взаимной корреляции текущих значений первичного поля при увеличении дистанции  $|\bar{z}_1 - \bar{z}_2| = \Delta$  между двумя точками зоны излучения

$$P_2^2(f, \Delta) = \frac{1}{(1 + a^2 \Delta^2)}. \quad (1.39)$$

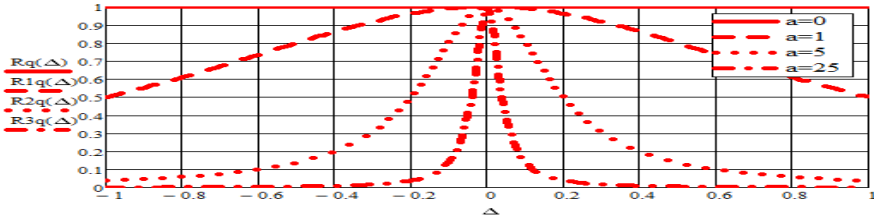


Рисунок 1.7 – Уменьшение взаимной корреляции в зависимости от коэффициента «а»

Тогда полное выражение для взаимного спектра мощности первичного поля имеет вид:

$$P_q^2(f, z, \Delta) = F_q^2(f) \frac{1}{(1 + b^2 z^2)} \times \frac{1}{(1 + a^2 \Delta^2)}. \quad (1.40)$$

В необходимых координатах  $(z_1, z_2)$  эта формула имеет вид:

$$P_q^2(f, z, \Delta) = F_q^2(f) \frac{1}{(1 + b^2 (\frac{z_1 + z_2}{2})^2)} \times \frac{1}{(1 + a^2 (z_1 - z_2)^2)} \quad (1.41)$$

Итак, ХН (по мощности) эквивалентного точечного источника, заменяющего вертикальную линейку шумоизлучения, вычисляется как функция  $\alpha$ , угла отклонения от горизонтали.

С учетом (1.41) формула (1.25) примет вид:

$$R_q^2(f, \alpha) = \frac{\iint_{-\frac{L}{2}}^{\frac{L}{2}} \frac{\cos(\frac{2\pi f}{c} (z_1 - z_2) \sin \alpha) dz_1 dz_2}{(1 + b^2 (\frac{z_1 + z_2}{2})^2) (1 + a^2 (z_1 - z_2)^2)}}{\iint_{-\frac{L}{2}}^{\frac{L}{2}} \frac{dz_1 dz_2}{(1 + b^2 (\frac{z_1 + z_2}{2})^2) (1 + a^2 (z_1 - z_2)^2)}} \quad (1.42)$$

Это квадрат модуля ХН. Если рассчитывать и строить модуль ХН, надо извлечь корень квадратный из (1.42). Формулу (1.42) можно

использовать для того, чтобы рассматривать промежуточные случаи между абсолютно коррелированным и абсолютно не коррелированным излучением.

### *Вывод*

Таким образом, представленная математическая модель может успешно использоваться при изучении направленность приповерхностного источника шумоизлучения в свободном пространстве в зависимости от мощности распределения и степени корреляции поля излучения.

### Список литературы:

1. Смаришев М.Д. Направленность гидроакустических антенн. – Л.: Судостроение, 1973. – 304 с.
2. Свердлин, Г.М. Прикладная гидроакустика. – Л.: Судостроение, 1990. – 320 с.
3. Шендеров Е.Л. Волновые задачи гидроакустики. – Л.: Судостроение, 1972. – 352 с.

Вавилов Артём Алексеевич,  
магистр,  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
морской технический университет»,  
г. Санкт-Петербург,  
e-mail: [vavilovartemalexeevich@gmail.com](mailto:vavilovartemalexeevich@gmail.com)

**Построение и изучение свойств характеристики направленности  
приповерхностного источника шумоизлучения  
в свободном пространстве**

***Аннотация.** В статье описаны особенности построения и свойств характеристик направленности приповерхностного источника шумоизлучения в свободном пространстве и разработка математической модели характеристики направленности шумоизлучения, используя среду «Mathcad».*

***Ключевые слова:** шумоизлучение, частотные характеристики, свободное пространство.*

Vavilov Artem Alekseevich,  
master,  
Saint Petersburg State Marine Technical University,  
Saint-Petersburg  
e-mail: [vavilovartemalexeevich@gmail.com](mailto:vavilovartemalexeevich@gmail.com)

**Constructing and studying the properties of directivity characteristics  
of a near-surface noise source in free space**

***Abstract.** The article describes the features of the construction and properties of directivity characteristics of a near-surface noise source in free space and the development of a mathematical model of the directivity characteristics of noise using a medium «Mathcad».*

***Key words:** noise emission, frequency response, free space.*

Свойства вертикальной направленности приповерхностного шумоизлучения определяют следующие факторы:

Вертикальная протяженность зоны шумоизлучения.

Распределение мощности шумоизлучения по вертикали в этой зоне.

Вид пространственной корреляции шумоизлучения в этой зоне.

В данной статье исследовались свойства направленности вертикальной линии шумоизлучения в свободной звукопроводящей среде. Оценивалось влияние на свойства направленности перечисленных ранее факторов: распределения мощности излучения вдоль линии, степени корреляции вдоль линии излучения, а также волнового размера самой зоны.

Для решения данной задачи в работе выведены расчетные формулы ХН шумоизлучения по мощности, разработана программа в среде «MathCad» для численных исследований. Результаты исследования представлены в виде формул, графиков и комментариев.

Целью данной статьи является разработка математической модели направленности шумоизлучения приповерхностного источника в вертикальной плоскости и исследование влияния на вид этой направленности перечисленных ранее параметров в среде «Mathcad». Для решения этой задачи используют результаты теории излучения шумовых полей в звукопроводящем пространстве (ЗПП) с известными пространственно-частотными передаточными характеристиками (ПЧХ). В качестве модели зоны шумоизлучения выбрана шумящая линия конечной протяженности, ориентированная вертикально. Ее протяженность соизмерима с осадкой надводного корабля (НК).

*Результаты построения характеристики направленности в свободном пространстве.*

Формула расчета характеристики направленности имеет вид:

$$R_q^2(f, \alpha) = \frac{\iint_{-\frac{L}{2}}^{\frac{L}{2}} \frac{\cos(\frac{2\pi f}{c}(z_1 - z_2)\sin\alpha) dz_1 dz_2}{(1 + b^2(\frac{z_1 + z_2}{2})^2)(1 + a^2(z_1 - z_2)^2)}}{\iint_{-\frac{L}{2}}^{\frac{L}{2}} \frac{dz_1 dz_2}{(1 + b^2(\frac{z_1 + z_2}{2})^2)(1 + a^2(z_1 - z_2)^2)}} \quad (1)$$

Это квадрат модуля ХН. Если рассчитывать и строить модуль ХН, надо извлечь корень квадратный из (1). Формулу (1) можно использовать для того, чтобы рассматривать промежуточные случаи между абсолютно коррелированным и абсолютно не коррелированным излучением.

Для начала рассмотрим случай, когда первичное поле абсолютно коррелировано по пространству и распределение по мощности так же равномерное:

$$h/\lambda=1$$

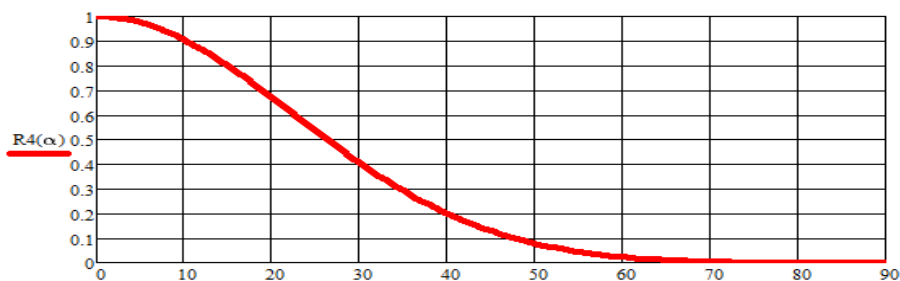


Рисунок 2.1 – ХН при абсолютной корреляции и равномерном распределении по мощности, отношение  $h/\lambda = 1$

$$h/\lambda=5$$

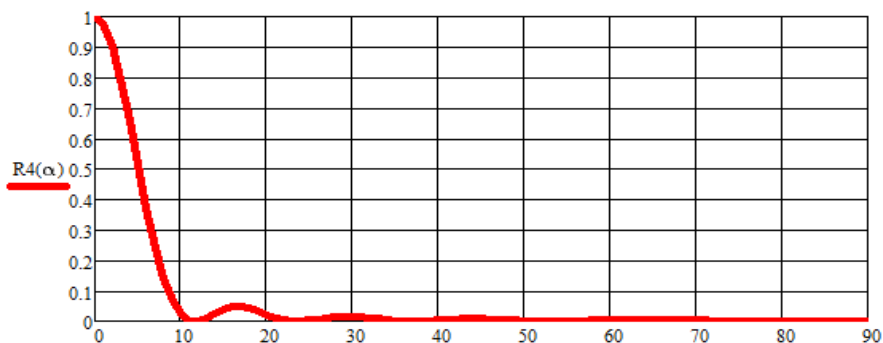


Рисунок 2.2 – ХН при абсолютной корреляции и равномерном распределении по мощности, отношение  $h/\lambda = 5$

$$h/\lambda=10$$

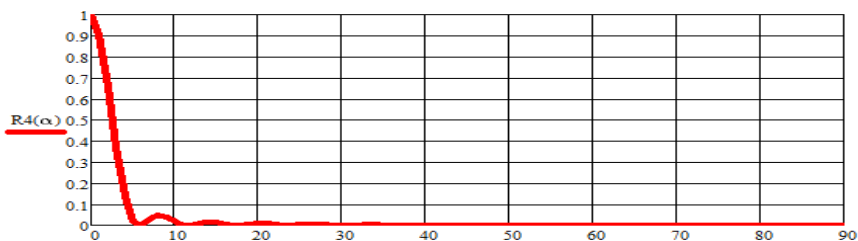


Рисунок 2.3 – ХН при абсолютной корреляции и равномерном распределении по мощности, отношение  $h/\lambda = 10$

Из приведенных ранее графиков мы можем сделать вывод, что при увеличении отношения  $h/\lambda$  главный максимум ХН сужается.

Далее мы будем рассматривать, как на ХН влияет мощность распределения шумоизлучения по длине антенны, при фиксированном волновом размере.

$$h/\lambda=1:$$

$$b=0$$

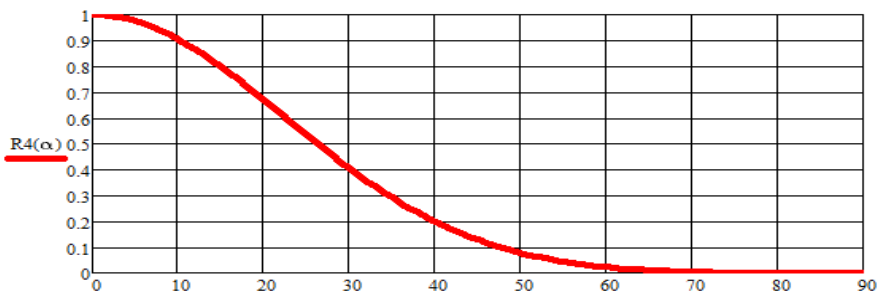


Рисунок 2.4 – ХН при абсолютной корреляции и равномерном распределении по мощности, отношение  $h/\lambda = 1$

$$b=10$$

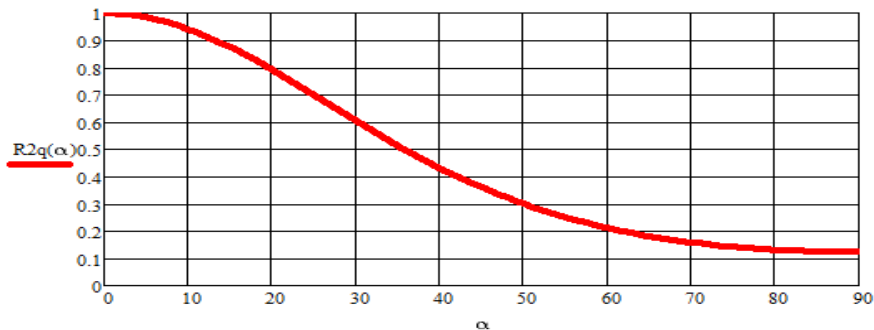


Рисунок 2.5 – ХН при абсолютной корреляции и распределении по мощности с коэффициентом  $b = 10$ , отношение  $h/\lambda = 1$

$b = 50$

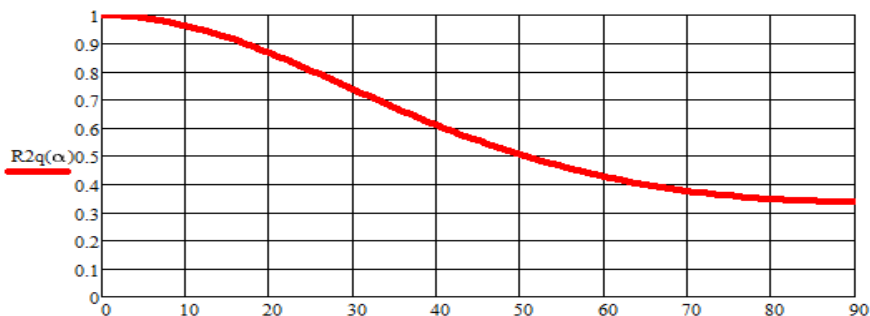


Рисунок 2.6 – ХН при абсолютной корреляции и распределении по мощности с коэффициентом  $b=50$ , отношение  $h/\lambda=1$ .

$h/\lambda=5$ :

$b=0$

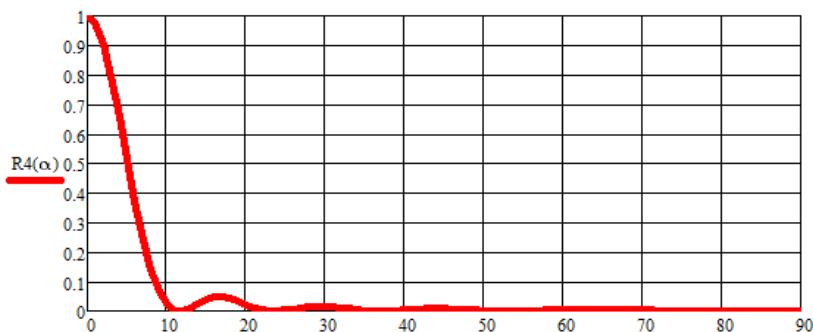


Рисунок 2.7 – ХН при абсолютной корреляции и равномерном распределении по мощности, отношение  $h/\lambda = 5$

$b = 10$

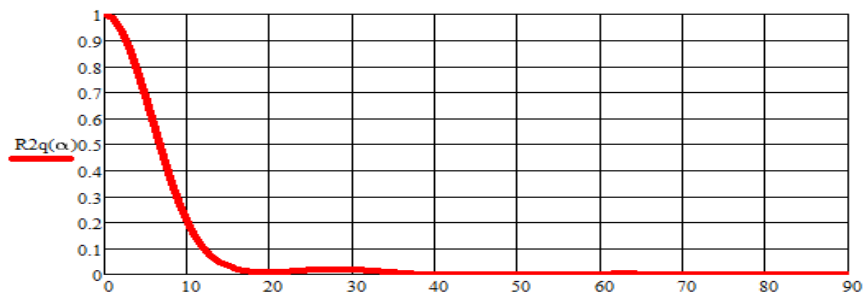


Рисунок 2.8 – ХН при абсолютной корреляции и распределении по мощности с коэффициентом  $b = 10$ , отношение  $h/\lambda = 5$



$b = 50$

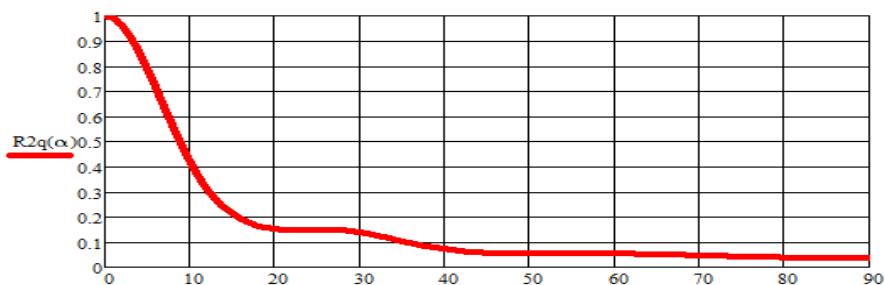


Рисунок 2.9 – ХН при абсолютной корреляции и распределении по мощности с коэффициентом  $b = 50$ , отношение  $h/\lambda = 5$

$h/\lambda = 10$ :

$b = 0$

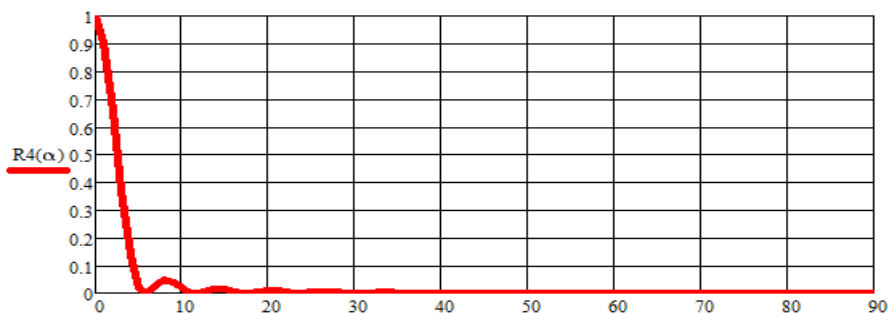


Рисунок 2.10 – ХН при абсолютной корреляции и равномерном распределении по мощности, отношение  $h/\lambda = 10$

$b = 10$

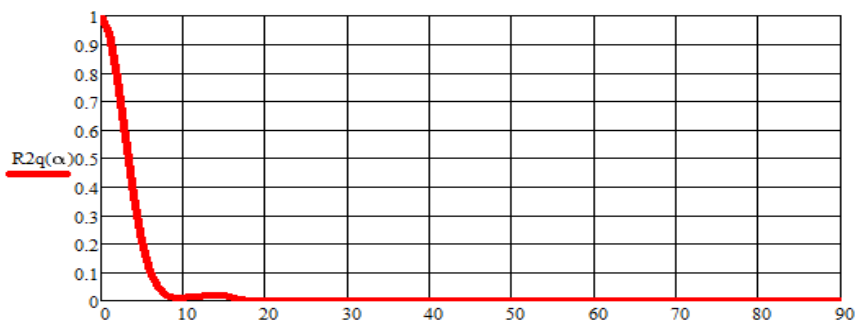


Рисунок 2.11 – ХН при абсолютной корреляции и распределении по мощности с коэффициентом  $b = 10$ , отношение  $h/\lambda = 10$

$b = 50$

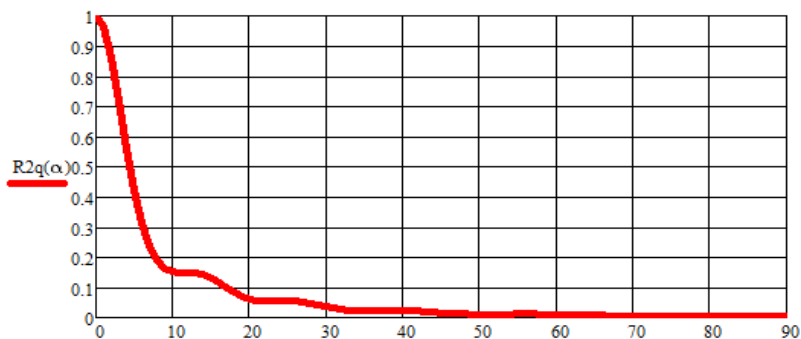


Рисунок 2.12 – ХН при абсолютной корреляции и распределении по мощности с коэффициентом  $b = 50$ , отношение  $h/\lambda = 10$

Из приведенных ранее графиков можно сделать вывод, что локальное распределение мощности шумоизлучения вблизи шумоизлучающей линии расширяет максимум ХН.

Далее мы рассмотрим ХН для поля, не коррелированного по пространству. Для начала, как и в первом случае, мы сперва рассмотрим зависимость от волнового размера. Функцию распределения мощности по длине антенны так же возьмем равномерную. Коэффициент раскорреляции

$a = 5$ .

$h/\lambda = 1$

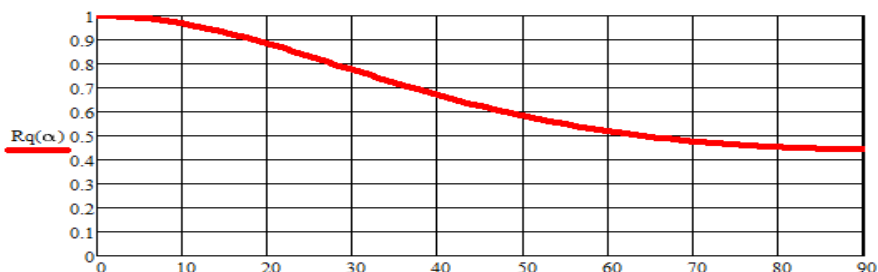


Рисунок 2.13 – ХН при равномерном распределении по мощности и коэффициенте раскорреляции  $a = 5$ , отношение  $h/\lambda = 1$

$$h/\lambda = 5$$

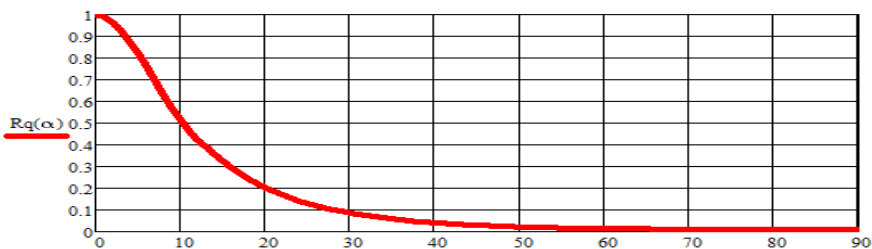


Рисунок 2.14 – ХН при равномерном распределении по мощности и коэффициенте раскорреляции  $a = 5$ , отношение  $h/\lambda = 5$

$$h/\lambda = 10$$

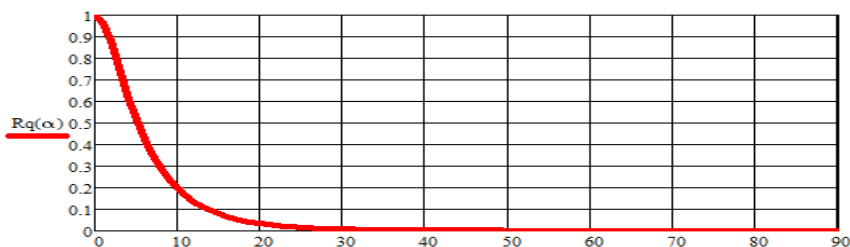


Рисунок 2.15 – ХН при равномерном распределении по мощности и коэффициенте раскорреляции  $a = 5$ , отношение  $h/\lambda = 10$

Как и в первом случае, мы можем сделать вывод, что при увеличении значения отношения  $h/\lambda$  главный максимум ХН сужается.

Далее мы рассмотрим зависимость ХН от волнового размера и мощности шумоизлучения, при фиксированном значении коэффициента раскорреляции.

$$h/\lambda = 1; a = 5;$$

$$b = 0$$

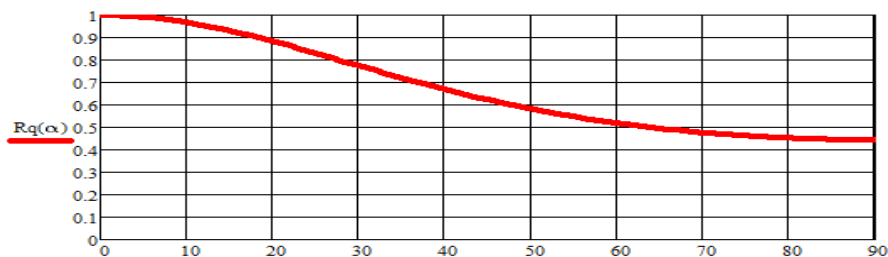


Рисунок 2.16 – ХН при коэффициенте раскорреляции  $a = 5$  и равномерном распределении по мощности, отношение  $h/\lambda = 1$

$b = 10$

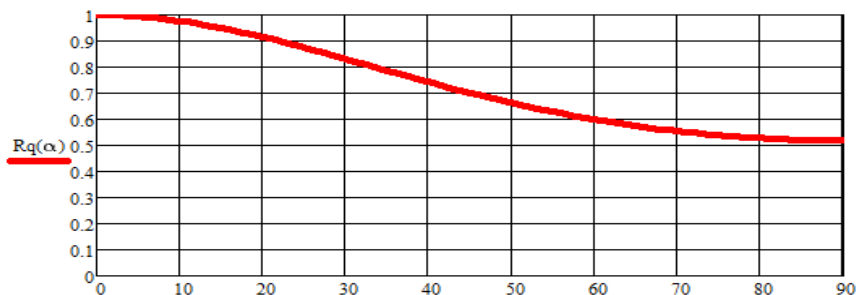


Рисунок 2.17 – ХН при коэффициенте раскорреляции  $a = 5$  и коэффициенте распределения по мощности  $b = 10$ , отношение  $h/\lambda = 1$

$b = 50$

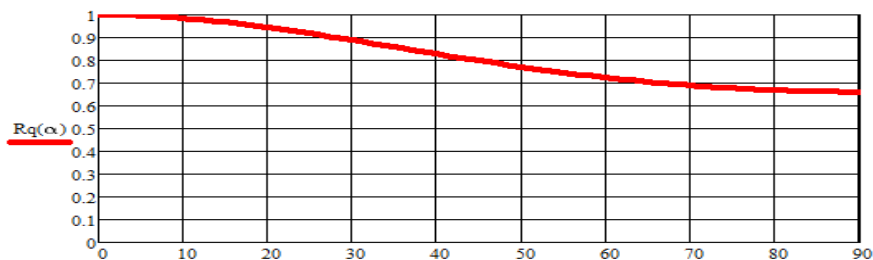


Рисунок 2.18 – ХН при коэффициенте раскорреляции  $a = 5$  и коэффициенте распределения по мощности  $b = 50$ , отношение  $h/\lambda = 1$

$h/\lambda=5; a=5:$

$b=0$

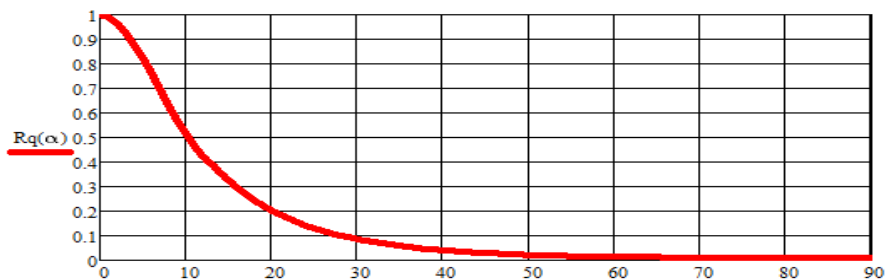


Рисунок 2.19 – ХН при коэффициенте раскорреляции  $a = 5$  и равномерном распределении по мощности, отношение  $h/\lambda = 5$

$b = 10$

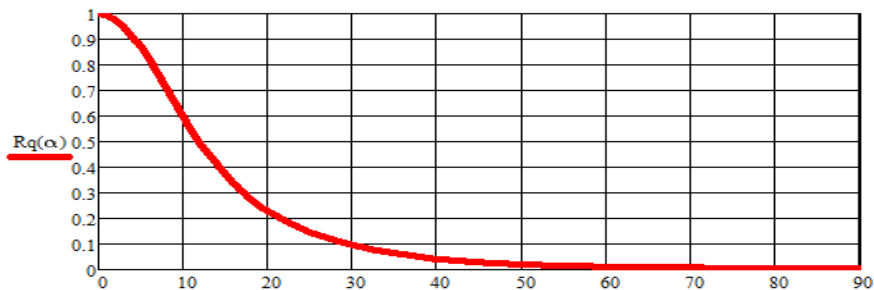


Рисунок 2.20-ХН при коэффициенте раскорреляции  $a = 5$  и коэффициенте распределения по мощности  $b = 10$ , отношение  $h/\lambda = 5$   
 $b = 50$

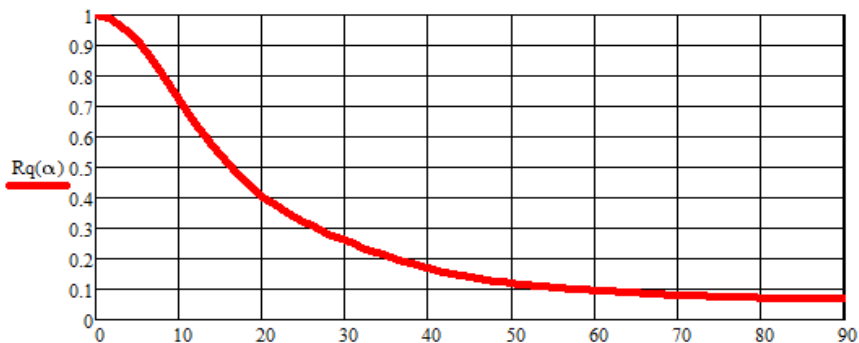


Рисунок 2.21-ХН при коэффициенте раскорреляции  $a = 5$  и коэффициенте распределения по мощности  $b = 50$ , отношение  $h/\lambda = 5$   
 $h/\lambda = 10$ ;  $a = 5$ :  
 $b = 0$

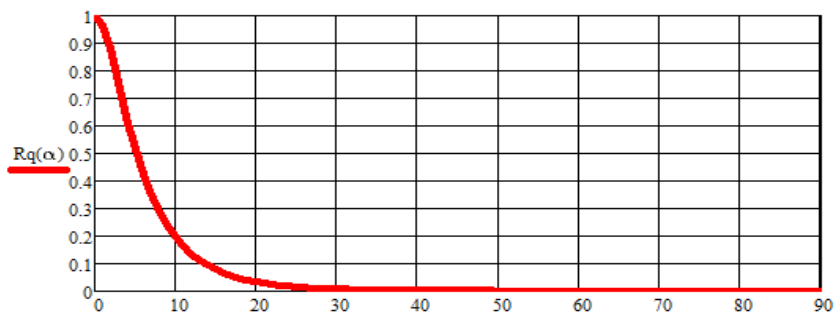


Рисунок 2.22-ХН при коэффициенте раскорреляции  $a = 5$  и равномерном распределении по мощности, отношение  $h/\lambda = 10$

$b = 10$

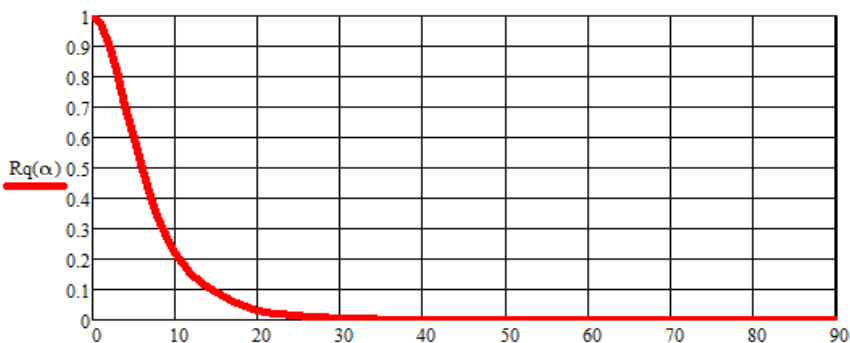


Рисунок 2.23 – ХН при коэффициенте раскорреляции  $a = 5$  и коэффициенте распределения по мощности  $b = 10$ , отношение  $h/\lambda = 10$

$b = 50$

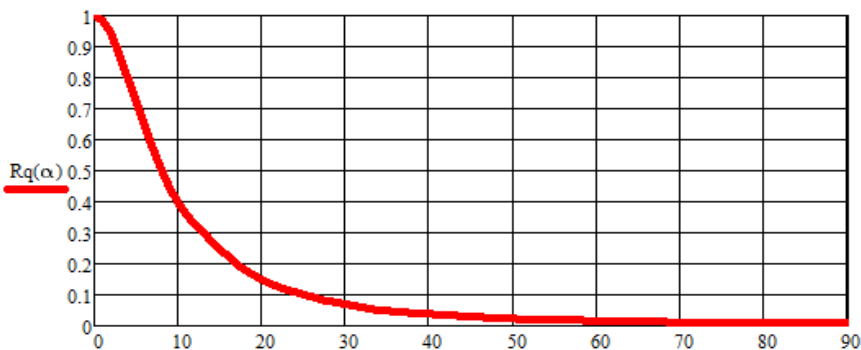


Рисунок 2.24 – ХН при коэффициенте раскорреляции  $a = 5$  и коэффициенте распределения по мощности  $b = 50$ , отношение  $h/\lambda = 10$

$h/\lambda = 1$ ;  $a = 25$ :

$b = 0$

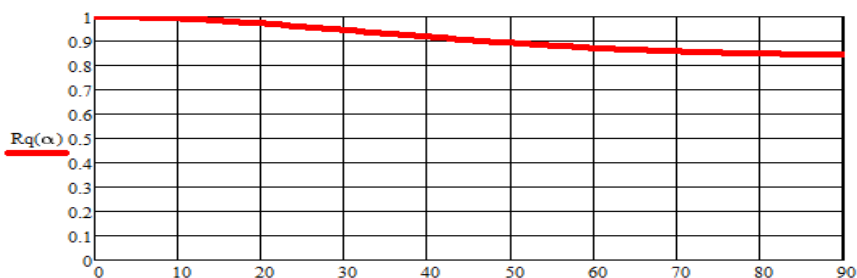


Рисунок 2.25 – ХН при коэффициенте раскорреляции  $a = 25$  и равномерном распределении по мощности, отношение  $h/\lambda = 1$

$b = 10$

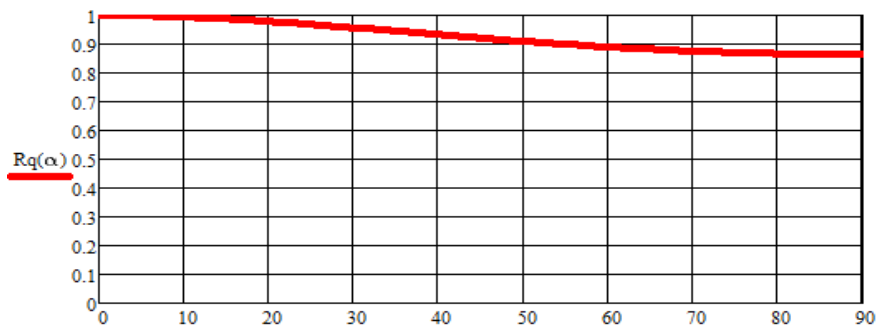


Рисунок 2.26 – ХН при коэффициенте раскорреляции  $a = 25$  и коэффициенте распределения по мощности  $b = 10$ , отношение  $h/\lambda = 1$   
 $b = 50$

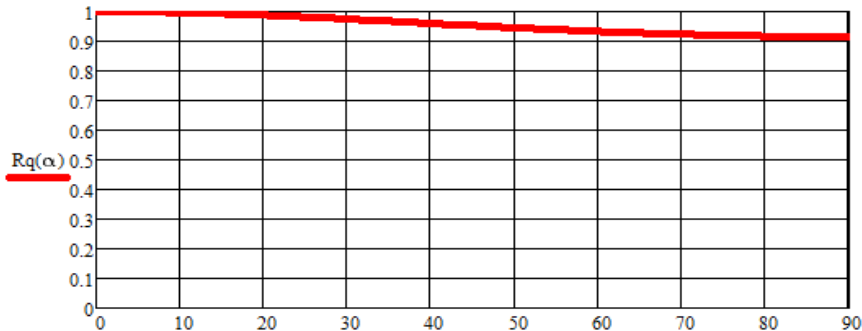


Рисунок 2.27 – ХН при коэффициенте раскорреляции  $a = 25$  и коэффициенте распределения по мощности  $b = 50$ , отношение  $h/\lambda = 1$   
 $h/\lambda = 5$ ;  $a = 25$ :  
 $b = 0$

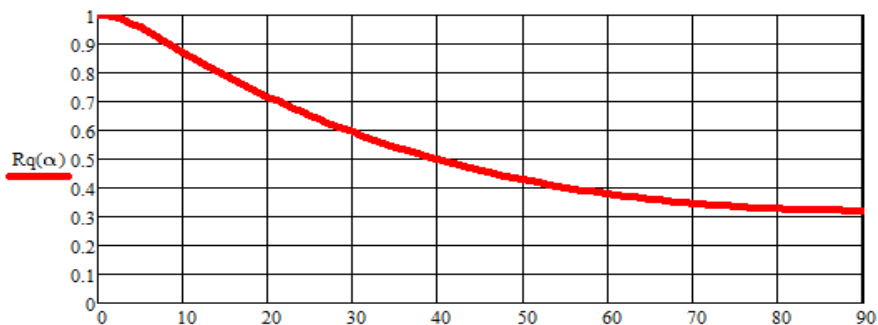


Рисунок 2.28 – ХН при коэффициенте раскорреляции  $a = 25$  и равномерном распределении по мощности, отношение  $h/\lambda = 5$

$b = 10$

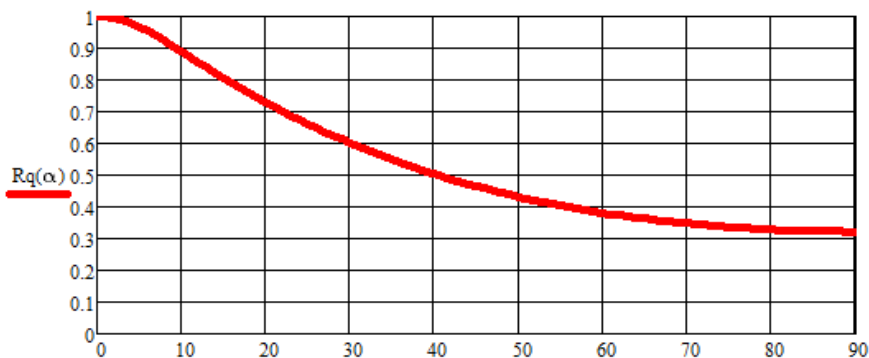


Рисунок 2.29 – ХН при коэффициенте раскорреляции  $a = 25$  и коэффициенте распределения по мощности  $b = 10$ , отношение  $h/\lambda = 5$

$b = 50$

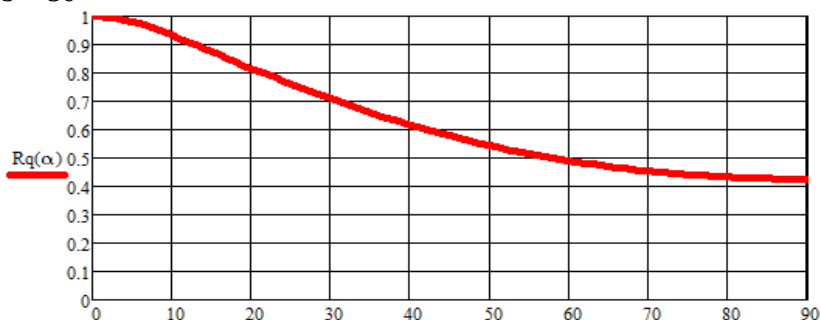


Рисунок 2.30 – ХН при коэффициенте раскорреляции  $a = 25$  и коэффициенте распределения по мощности  $b = 50$ , отношение  $h/\lambda = 5$   
 **$h/\lambda = 10$ ;  $a = 25$ :**

$b = 0$

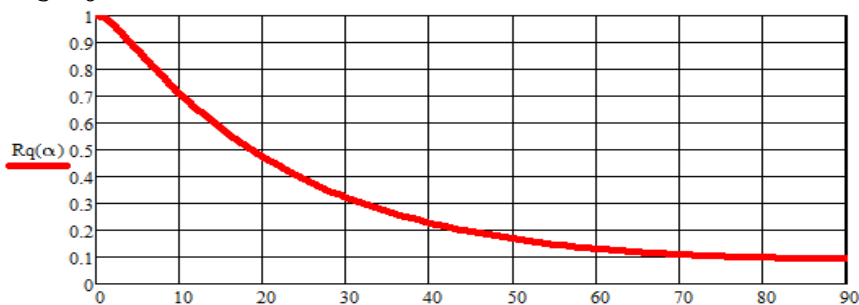


Рисунок 2.31 – ХН при коэффициенте раскорреляции  $a = 25$  и равномерном распределении по мощности, отношение  $h/\lambda = 10$



$b=10$

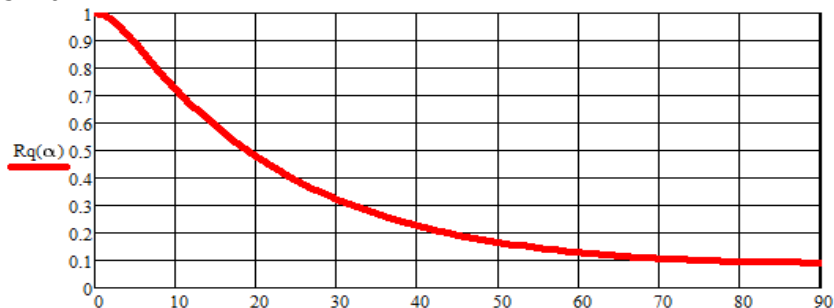


Рисунок 2.32-ХН при коэффициенте раскорреляции  $a = 25$  и коэффициенте распределения по мощности  $b = 10$ , отношение  $h/\lambda = 10$   
 $b = 50$

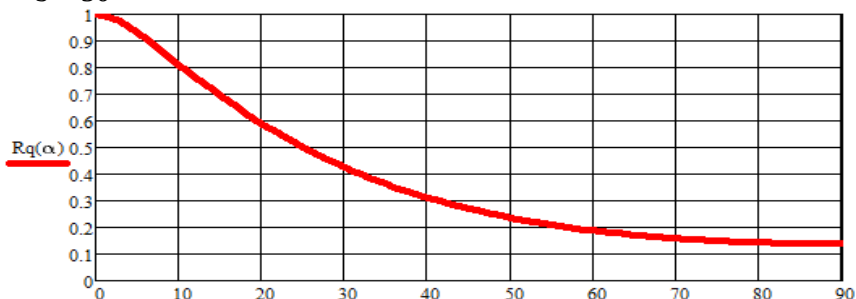


Рисунок 2.33 – ХН при коэффициенте раскорреляции  $a = 25$  и коэффициенте распределения по мощности  $b = 50$ , отношение  $h/\lambda = 10$

Из приведенных графиков следует вывод: локальность пространственной корреляции и распределения мощности шумоизлучения ведут к ухудшению направленности.

Список литературы:

1. Смаришев, М.Д. Направленность гидроакустических антенн. – Л.: Судостроение, 1973. – 304 с.
2. Сврдлин, Г.М. Прикладная гидроакустика. – Л.: Судостроение, 1990. – 320 с.
3. Шендеров, Е.Л. Волновые задачи гидроакустики. – Л.: Судостроение, 1972. – 352 с

Володин Виктор Александрович  
студент группы 1186,  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
морской технический университет»,  
г. Санкт-Петербург,  
e-mail: vik25vol@bk.ru

### **Моделирование контактного натяжения полиэтиленовой оболочки стальными шпангоутами**

**Аннотация.** В представленной работе идет речь о маломерном судостроении из полимерных материалов. Рассмотрена возможность совмещения полиэтиленовой обшивки и металлического набора. В работе представлены и проанализированы результаты расчетов комбинированной конструкции маломерного судна, полученные в программе конечно-элементного моделирования ANSYS

**Ключевые слова:** полиэтилен; гиперупругий материал; потенциал Муни-Ривлина; комбинированная конструкция; маломерное судно.

Volodin Viktor Aleksandrovich  
group student 1186  
Saint Petersburg State Marine Technical University,  
Saint-Petersburg  
e-mail: vik25vol@bk.ru

### **Modeling the contact tension of a polyethylene shell with steel frames**

**Abstract.** The presented work deals with small-sized shipbuilding from polymer materials. The possibility of combining polyethylene sheathing and a metal set is considered. The paper presents and analyzes the results of calculations of the combined design of a small vessel obtained in the ANSYS finite element modeling program

**Key words:** polyethylene; hyperelastic material; Muni-Rivlin potential; combined design; small vessel.

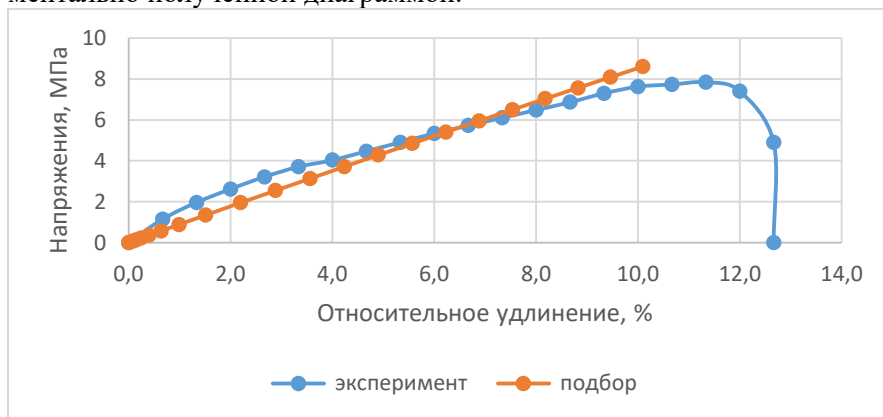
Применять полиэтилен в качестве материала для изготовления катеров выгодно по ряду причин:

- Материал имеет способность полностью сопротивляться коррозии в воде. Это позволяет отказаться от оценки коррозионного износа при дефектации в период ремонта.
- Материал экологичен. Для производства вторичного полиэтилена в качестве сырья используют мусор.
- Существует возможность повторного использования материала.

Недостатком полиэтилена является небольшой диапазон температурной стабильности,

Для описания гиперупругих свойств полиэтилена воспользуемся трехпараметрической моделью Муни-Ривлина.

Для подбора материала, в ANSYS была написана программа, суть которой в том, чтобы смоделировать растяжение цилиндрического образца диаметром 10 мм и высотой 150 мм. Варьируя значениями констант Муни-Ривлина, необходимо получить зависимость напряжений от деформации, которая будет согласоваться с экспериментально полученной диаграммой.



Решенные задачи:

- О вставке металлического шпангоута в полиэтиленовый замок, в плоской постановке для оценки потребного усилия вставки и извлечения шпангоута.
- О вставке металлического шпангоута в полиэтиленовый замок, в плоской постановке для оценки соотношения продольных усилий растяжения наружной обшивки и вертикального усилия вставки профиля в замок.
- О преднатяжении полиэтиленового корпуса металлическим поперечным набором.

- О вставке металлического шпангоута в полиэтиленовый замок в пространственной постановке.
- Плоская задача об изгибе замка.
- Об изгибе корпуса катера под действием системы самоуравновешенных нагрузок.

По результатам плоских задач можно сказать, что:

- для вставки профиля в замок длиной 1 метр необходимо приложить усилие в 1,6 тонны;
- для извлечения замка необходимо приложить усилие в 2,37 тонны на 1 метр замка;
- после извлечения профиля замок полностью разгружается;
- для раскрытия замка с высотой рабочей части 20 мм, необходимо приложить момент равный 8900 Н·м (2225 Н·м для замка длиной 250 мм).

*Вывод:* Соединения такого типа является надежным, так как усилие извлечения профиля из замка оказалось больше усилия вставки на 30%. Судя по величине момента вероятность раскрытия мала.

В пространственной постановке:

- для вставки требуется усилие 0,42;
- для извлечения требуется усилие 0.57 тонны на 250 мм.

*Вывод:* Результаты плоской и пространственной постановок отличаются менее чем на 5%.

Было получено преднапряженное состояние корпуса. Натяжение обшивки оказалось на порядок меньше чем напряженность в зоне замка, очевидно, что при увеличении ширины шпангоута напряжения в замке вырастут незначительно, а напряжения в обшивке будут возрастать.

*Вывод:* Допустима регулировка натяжения обшивки без существенного изменения напряжений в замках. Конструктивно можно выполнить шпангоут в виде раздвижной конструкции.

Было получено НДС корпуса катера при изгибе моментом 1500 Н·м, в обшивке возникли напряжения 1,3 МПа. Максимальные перемещения составили 350 мм (в корме). В замках средней части корпуса максимальные напряжения составили 1,5 МПа. Продольные перемещения рабочей части замка при изгибе, составили 1,2 мм.

*Вывод:* В полиэтиленовом корпусе при изгибе не возникло напряжений превышающих предел прочности, следовательно, корпус толщиной 6 мм не разрушился в процессе изгиба. Замки по сравнению с обшивкой являются более жесткими, об этом говорит разница перемещений. Даже без продольного набора, который будет препятствовать изгибу, соединение выдерживает воздействие внушительного изгибающего момента.

Список литературы:

1. Постнов В.А., Хархурим И.Я. Метод конечных элементов в расчетах судовых конструкций. Ленинград. Судостроение. 1947 г. Дата обращения - 5.04.2019.
2. Шмурак М.И., Кучумов А.Г., Воронова Н.О. Анализ гиперупругих моделей для описания поведения мягких тканей организма человека. Пермь. MASTER'S JOURNAL. 2017 г. Дата обращения - 23.04.2019.
3. Поляк Б.Т. Метод Ньютона и его роль в оптимизации и вычислительной математике. Москва. Труды ИСА РАН. 2006 г. Дата обращения - 4.05.2019.
4. Коршунов В.А., Родионов А.А. Введение в метод конечных элементов. Санкт-Петербург. СПбГМТУ. 2016 г. Дата обращения - 8.05.2019.
5. Родионов А.А. Строительная механика корабля. Санкт-Петербург. СПбГМТУ. 2013 г. Дата обращения - 8.05.2019.

*Волостных Вадим Викторович,  
д-р экон. наук, профессор,  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
морской технический университет»,  
г. Санкт-Петербург,  
vadim.volostnykh@mail.ru  
Павленко Ксения Ивановна,  
аспирант,  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
морской технический университет»,  
г. Санкт-Петербург,  
kseniya.smtu@yandex.ru*

### **Концепция развития яхтинга в Санкт-Петербурге**

***Аннотация.** В статье рассматривается проект, который является основанием для принятия городской концепции развития яхтинга в Санкт-Петербурге.*

***Ключевые слова:** концепция, яхтинг, законодательство, Санкт-Петербург, туризм, спорт*

*Volostnykh Vadim V.,  
Doctor of Economics, Professor  
Saint Petersburg State Marine Technical University  
vadim.volostnykh@mail.ru  
Pavlenko Kseniya I.,  
postgraduate  
Saint Petersburg State Marine Technical University,  
Saint-Petersburg  
kseniya.smtu@yandex.ru*

### **The Concept of yachting's development in St. Petersburg**

***Abstract.** The article discusses the project, which is the basis of the urban concept of yachting's development in Saint Petersburg.*

***Key words:** concept, yachting, legislation, St. Petersburg, tourism, sport*

Данная Концепция представляет собой систему взглядов на развитие яхтинга как составной части социально-экономического развития Российской Федерации применительно к условиям Санкт-Петербурга как морской столицы и центра наиболее современного яхтинга.

На основании выработанных концептуальных подходов и выбора основных направлений деятельности на начальном (стартовом этапе реализации настоящей Концепции) рекомендуются следующие практические действия:

1. Разработка проекта основополагающего федерального закона «О яхтинге»;
2. Подготовка распоряжения губернатора СПб об уполномоченном органе управления яхтингом и проекта Положения об этом органе;
3. Доработать техническое задание по разработке Программы развития яхтинга и яхтенного туризма в СПб и Ленинградской области. Решить организационные вопросы реализации программы;
4. Провести аттестацию и учет яхтенных гаваней СПб по критериям вместимости, доступность для лодок разных классов, безопасность, комфорт, технический сервис, организационно-правовая форма, права на земле-и водопользование, социальная активность;
5. На основе объективной и достоверной оценки стартовых условий развития, откорректировать и углубить отраслевую схему, наладить мониторинг состояния и актуализировать на уровне Правительства СПб с периодичностью 5 лет;
6. Внести в градостроительные документы СПб изменения, гарантирующие соблюдение интересов яхтинга;
7. Выявление и систематизация угроз существованию и функционированию объектов инфраструктуры яхтинга и флота. Мониторинг угроз, опережающая подготовка мер по предотвращению нежелательных случаев;
8. Разработка экономической модели привлечения средств населения СПб к финансированию яхтинга;
9. Корректировка налогового и таможенного законодательства в части, касающейся не только лодок и гаваней, но и производств лодок и оборудования для них;
10. Приведение всех ведомств Правительства СПб и общественных организаций участников яхтинга к восприятию данной Концепции.

Список литературы:

1. Распоряжение Правительства РФ от 17.11.2008 N 1662-р (ред. от 28.09.2018) «О Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года» (вместе с "Концепцией долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года") // СЗ РФ. 24.11.2008. N 47. Ст. 5489.

2. Распоряжение Правительства РФ от 30.08.2019 N 1930-р «О Стратегии развития морской деятельности Российской Федерации до 2030 года» // СЗ РФ. 02.09.2019. N 35. Ст. 5013.



*Бабынькина Анна Николаевна*  
доцент,  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
морской технический университет»,  
г. Санкт-Петербург,  
anna260349@mail.ru  
Греков Андрей Анатольевич  
ст. преподаватель,  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
морской технический университет»,  
г. Санкт-Петербург,  
angrekov1@yandex.ru

### **Создание первой научной школы материаловедения в России**

***Аннотация.** К 220-летию Павла Петровича Аносова (1799-1851) и 180-летию Дмитрия Константиновича Чернова (1839-1921) статья посвящена научным открытиям двух великих русских металлургов, положивших начало развитию материаловедения как науки.*

***Ключевые слова.** Литая сталь, булат, металлография, диаграмма Fe-C.*

*Babynkina Anna Nikolaevna*  
docent  
Saint Petersburg State Marine Technical University,  
Saint-Petersburg  
anna260349@mail.ru  
Grekov Andrey Anatolevich  
senior lecturer  
Saint Petersburg State Marine Technical University,  
Saint-Petersburg  
angrekov1@yandex.ru

### **Creation of the first scientific school of materials science in Russia**

***Abstract.** In honor of the 220th anniversary of Pavel Petrovich Anosov (1799-1851) and the 180th anniversary of Dmitry Konstantinovich Chernov (1839-1921), the article is devoted to the scientific discoveries of two great Russian metallurgists, who initiated the development of materials science*

**Key words:** *Cast steel, Bulat, metallography, Fe-C diagram*

Материаловедение начинало свой путь развития сначала как наука о металлах, т.е. металлостроение, которое стало активно развиваться лишь последние два столетия. До XIX века на протяжении многих тысячелетий весь огромный опыт технологов представлял собой лишь сумму практических наблюдений, передававшихся внутри мастерских.

Первым в России человеком, поставившем себе цель из практических соображений провести масштабные исследования поведения металлов стал Павел Петрович Аносов (рис.1). В 1830-х годах, будучи директором Златоустовского оружейного завода, он решал задачу производства литой стали и искал разгадку секрета булатной стали. Эти задачи были чрезвычайно актуальны, т.к. промышленности требовалось большое количество стали, а её методы производства перековкой кричного железа с просыпкой углем были слишком трудоемки. Булатная сталь имела на то время наивысшие показатели прочности, твердости и упругости, но промышленной технологии её изготовления не существовало.



Рисунок 1 – Аносов Павел Петрович (1799–1851)

Аносов путем многочисленных экспериментов и анализа их результатов разработал способ быстрого науглероживания железа в газовой атмосфере. Для этого расплавленные в закрытом тигле обрезки чистого кричного железа на некоторое время при открытой крышке подвергались воздействию углекислого газа, получаемого от горения угля вокруг тигля. Так был получен более производительный способ получения *литой стали* и открыто явление *газовой цементации*.

В поисках уменьшения трудоемкости по производству стали, Аносов в 1833 году предпринял успешные попытки по переделу чугуна

в сталь путем добавления к чугуноу железа и флюса с окалиной. А в 1837 он смог *переплавить чугун в сталь* уже без прибавления железа. И поныне в основе большинства применяемых методов производства стали лежат способы *окисления чугуна*, которые открыл и разработал Павел Петрович Аносов.

В своих опытах Аносов исследовал *процесс кристаллизации стали*, указывал на различие структуры сталей в зависимости от метода охлаждения и отмечал разницу в поведении металлов при последующей ковке. Процесс заковки также подвергался исследованиям, в результате которых был отработан принцип заковки сгущенным холодным воздухом, т.е. *заковки холодом*.

Одновременно с опытами по литой стали Аносов был увлечен разгадкой тайны булата. Он дал определение *булата* – это всякая сталь, имеющая узорчатую поверхность, узор которой не исчезает при переплавке (рис.2). Аносов указывал на отличие настоящего булата от ложного (расписного) и искусственного сварного (т.е. дамасской стали полученной кузнечной сваркой). Тем самым Аносов подчеркивал связь между высокими механическими свойствами булатной стали и наличием на ее поверхности особенного узора, т.е. подчеркивал *связь между свойствами и структурой*. Узор хорошо проявлялся при травлении. Для более детального изучения узора Аносов применил *микроскоп*, в котором изучал полированные и травленные образцы стали. Таким образом, он первым применил *метод оптической металлографии*, являющийся и по сей день основным методом анализа структуры металлов.

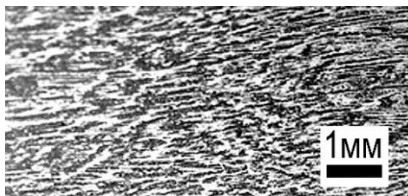


Рисунок 2 – Узор булата

Аносов один из первых в мире провел масштабные исследования по изучению свойств сталей, в зависимости от добавления в расплав разных металлов. Поэтому можно считать, что именно Аносов положил начало качественной металлургии (т.е. получения *легированных сталей*).

Дальнейшие поиски тайны булата привели Аносова к опытам по подбору компонентов шихты, являющихся источником углерода. Так

было обнаружено влияние графита на получение настоящей булатной структуры. В 1835 году Аносов занимался опытами по выплавке руды с графитом для получения стали, минуя доменный процесс, т.е. *методом прямого восстановления железа*.

Тайна булата была раскрыта Аносовым: «Железо и углерод и ничего более. Все дело в чистоте исходных материалов, в методе охлаждения, в кристаллизации». Так появился «русский булат», ничем не уступающий лучшим старинным образцам, а иногда и превосходящий их.

Сегодня известно, что обычный булат – это тигельная узорчатая сталь, сплав железа с углеродом, содержание которого от 1,5 до 3%. Сложная неоднородная структура образовывалась из-за процессов ликвации и неполного растворения всех компонентов в тигле. При плавке часть железа науглероживалась и превращалась в чугун, который стекал на дно тигля. Другая часть железа (менее науглероженная) не до конца расплавлялась, и в твердом состоянии опускалась в слой жидкого чугуна. В результате кристаллизации происходила дендритная ликвация. При последующей ковке неоднородные дендриты перемешивались, образуя узор. Узорчатая структура представляла собой композит из мягкой ферритной матрицы, упрочненной перлитом и цементитом. Это способствовало высокой твердости и вместе с тем вязкости стали [2].

Сочинение «О булатах» является первым в мире трудом по *материаловедению*. Аносов в своих предположениях и заключениях набросал план научных работ на многие годы, он во многих областях науки и техники заложил основы, впоследствии творчески развитые другими металлургами и металловедами.

Полноценное изучение сталей в сфере производства литых пушек продолжил Дмитрий Константинович Чернов (рис.3).



Рисунок 3 – Чернов Дмитрий Константинович

Несмотря на международное признание высокого качества русских стальных пушек, в целом производство как отечественных, так и зарубежных пушек было плохо налажено. Многие пушки рвались при первых выстрелах, а причина такого брака оставалась неясной. Дмитрий Константинович Чернов успешно выяснил причину брака и дал новый толчок в развитии материаловедения, как науки. Чернов заметил, что при одинаковом химическом составе, сталь в местах разрушения имела крупнозернистое строение. Сталь, проявлявшая себя безукоризненно, имела наоборот - мелкозернистое строение. Для выяснения причины изменения структуры Чернов решил внимательно исследовать весь технологический процесс производства пушек. Температуру металла в те времена определяли на глаз по цвету от ослепительно белого до тёмно-вишнёвого. Многие кузнецы замечали, что металл на определенном этапе охлаждения вспыхивал, а затем снова продолжал темнеть равномерно, при этом наблюдались моменты, когда поверхность металла из глянцевой превращалась в матовую. Чернов связал проявление этих цветовых и фактурных изменений с изменением структуры металла. Так гениальному русскому ученому Дмитрию Константиновичу Чернову принадлежат *первые исследования диаграммы железо – углерод*. В 1868 году Чернов показал, что при нагреве (или охлаждении) в стали при определенных температурах (зависящих от состава стали) происходят превращения, связанные с изменением в ее строении. Эти температуры Чернов назвал «критическими точками» и обозначил буквами *a* и *v*. В настоящее время точка «a» обозначается  $A_1$  а точка «v» –  $A_3$ . Открытие Черновым критических точек в стали легло в основу науки о металлах (рис.4).

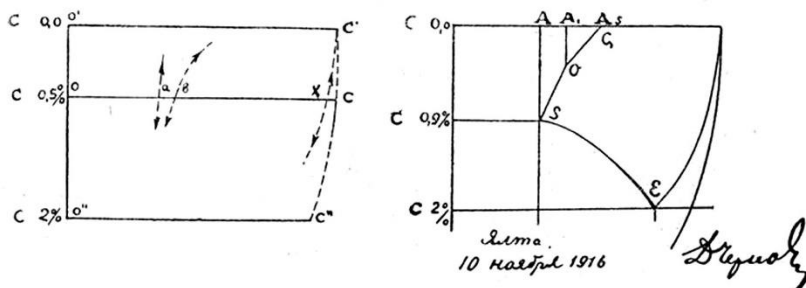


Рисунок 4 – Критические точки и первая диаграмма  
«железо–углерод»

Десять лет спустя в 1878 году Чернов опубликовал другую замечательную работу, в которой изложил свою *теорию кристаллизации* стали в связи с качеством стального слитка, объясняющей *механизм образования дендритных кристаллов и формирования структуры металлического слитка*.

После открытий Чернова металловедение далее развивалось главным образом в рамках установления рациональных режимов термической обработки стали и изучения на основе термического и микроструктурного анализа диаграмм состояния двойных металлических систем, в том числе системы железо – углерод. Стала совершенно очевидной *связь между макро- и микроструктурой металлов и их механическими свойствами*. Последнее обстоятельство заставило еще теснее увязывать металловедение с технологиями термической и формообразующей обработки, а так же с вопросами механических испытаний.

#### Список литературы:

1. *Пешкин И. Аносов.* – М.: Молодая гвардия, 1954. – 400 с.
2. <http://lab.bmstu.ru/bulat/Parts10/index.htm>

Балакин Егор Сергеевич,  
студент,  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
морской технический университет»,  
г. Санкт-Петербург,  
egor.rik@mail.ru  
Волостных Вадим Викторович,  
д.э.н., профессор,  
профессор кафедры управления судостроительным  
производством  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
морской технический университет»,  
г. Санкт-Петербург  
vadim.volostnykh@mail.ru

### **Развитие яхт/клуба «Балтиец»: стратегия, проект, результаты**

**Аннотация.** В статье описана принципиально новая, ранее не известная ни в РФ, ни за рубежом, экономическая модель развития яхтенной инфраструктуры, инновационный проект яхт/клуба «Балтиец» и опыт его реализации.

**Ключевые слова:** яхтинг, инфраструктура, концепция, качество жизни.

Balakin Egor,  
Student  
Saint Petersburg State Marine Technical University,  
Saint-Petersburg  
egor.rik@mail.ru  
Volostnykh Vadim Victorovich  
Doctor of Economics, Professor  
Professor of the Shipbuilding Industry Department  
Saint-Petersburg State Marine Technical University,  
Saint-Petersburg  
vadim.volostnykh@mail.ru

### **Development of yacht/club “Baltic”: strategy, project, results**

**Abstract.** The article describes a fundamentally new, previously unknown either in the Russian Federation or abroad, economic model for the

*development of yacht infrastructure, the innovative project of the yacht / club "Baltic" and the experience of its implementation.*

**Key words:** *yachting, infrastructure, concept, quality of life.*

Яхтинг-деятельность миссия, которой - повышение качества жизни, через удовлетворение общественной потребности в любительском мореплавании (спорт, крейсерские плавания, туризм, отдых, обучение, рыболовство, развлечения), а также законных личных интересов и нужд. Сфера яхтинга как отрасли охватывает использование, производство, оборот, базирование, сервисное обслуживание некоммерческих плавсредств (лодок), а также соответствующую финансовую, ресурсную, инфраструктурную и социокультурную базу.

Социальная значимость яхтинга, как функции государственного управления, обслуживающей развитие человеческого потенциала страны путем повышения качества жизни, распространения здорового образа жизни, развития спорта, научно-технического творчества, воспитания молодежи и охраны окружающей среды. Однако построение количественного целевого индикатора достижения этой цели встречает серьезные затруднения.

Для достижения европейской насыщенности яхтами, соответствующей современному качеству жизни Санкт-Петербургу нужно иметь 12750 парусных крейсерских яхт, т.е. увеличить флот 13 раз. Социальная цель является доминантной по отношению к политической и финансовой целям. Развивать яхтинг следует для сограждан, а не для иностранцев. Базирование яхтинга в СПб предпочтительнее, нежели за рубежом. Развитие сложившихся эффективных объектов и структур выгоднее, нежели начинать организацию новых.

Реализация перечисленных тенденций становится осуществимой лишь в случае успешного решения четырех принципиально важных проблем:

- Градостроительной – резервирования необходимых территорий и акваторий вдоль южного и северного побережий Невской губы, разработка нормативных документов, включение объектов яхтенной инфраструктуры в Генеральный план СПб и т.д.

- Технической – разработка концептуального проекта крупной яхтенной гавани- порта на 700-1000 стояночных мест, рассчитанного на постройку в условиях открытых отмелей берегов Невской губы, конструктивно-технологические решения которых обеспечивают приемлемый уровень технико-экономических параметров.

- Финансовая – изыскание дополнительных, но возможности нетрадиционных внебюджетных средств для финансирования строительства.



• Экономическая – создание экономической модели, позволяющей снизить стоимость строительства и эксплуатации гавани путем сокращения налогообложения, удешевления обслуживания кредита и т.п. Для начала нужно понять, можно ли решить задачу путем выбора из существующих, применяемых в практике моделей, или предстоит создать принципиально новую модель.

Принято различать три базовых типа экономических моделей:

- Бюджетная (с государственной и муниципальной разновидностями);
- Государственно-частное партнерство;
- Инвестиционный проект (с частными инвестициями)

Формируется принципиально новая модель – государственно-общественное партнерство.

Основная мотивация властных структур лежит в возможности получить важный в социальном плане спортивный объект в 10-20 раз дешевле, чем он обошелся бы в бюджетном варианте и сохранить контроль над ним. Следовательно, в новой модели должны быть исключены кредитная и инвестиционная составляющие и максимально сокращена налоговая.

Первый и основной элемент новой модели- переход на некоммерческую основу с образованием ГОП (его можно назвать институциональным мультипликатором) позволяет снизить цену базирования в 3,6-3,9 раза.

Вторым «Know-Now» новой модели является принцип разделения собственности. Сущность его состоит в том, что максимально возможная часть предметов оборудования инфраструктурного объекта должна принадлежать членам клуба на праве собственности.

Предложенная экономическая модель, основанная на государственно-общественном партнерстве, разделении собственности и беспорядной организации строительства, оставаясь в рамках действующего законодательства, позволяет в 15-20 раз сократить затраты на строительство крупных, социально значимых спортивных объектов. Другие столь же эффективные методы авторам не известны.

При этом средства извлекаются из нетрадиционного источника- из личных средств пользователей объектов. Извлечь их на решение не частных, а общественных проблем до сих пор не удавалось. По городу Санкт-Петербургу с помощью модели становится возможным извлечь порядка 10–15 млрд рублей сделать базирование яхт доступным для 20-25 тыс. потенциальных яхтсменов.

Применение модели создает предпосылки для разработки организационно-технических методов снижения затрат на строительство и

эксплуатацию объектов, которые могут быть названы организационно-техническим мультипликатором.

Сложность описания, анализа и оценки проекта яхт-клуба «Балтиец» состоит в том, что его развитие и реализация отнюдь не соответствовала канонам системы управления проектами: разделение на предварительную, инвестиционную и эксплуатационную фазу; выделение этапов-переговоры и контракты, проектирование, строительство, маркетинг и т.д.

Таким образом, осуществление проекта происходило и до сих пор происходит параллельно–последовательным методом; одновременно идут строительство, проектирование, технико-экономические расчеты, договорно-правовая работа и т.п. При этом последующие операции часто опережают предыдущие: так, в настоящее время «Балтиец» успешно функционирует, став крупнейшим клубом города.

В проекте эти инструменты сведены в три блока, которые можно назвать «мультипликаторами»:

- Институциональный
- Организационно-технический
- Правовой

Вслед за итогами инвестиционной фазы, следует перейти и к экономике эксплуатационной фазы. Здесь особенность ЯК «Балтиец» заключается в том, что он как некоммерческая общественная организация не реализует свои услуги, не извлекает прибыли и покрывает текущие затраты за счет членских взносов.

Старые клубы с капитальными сооружениями, построенные еще в СССР и не понесшие крупных инвестиционных тягот. «Геркулес» и Крестовский – современники «Балтийца», которые тоже не понесли больших расходов на сооружение гаваней. Тем не менее цены базирования в них, даже номинальные, в 15-18 раз выше, чем в «Балтийце».

Список литературы:

1. Оботраслевой схеме развития и размещения объектов базирования и обслуживания маломерного флота на территории СПб. \\\ Постановление Правительства СПб от 17 февраля 2009г. № 151.

2. Александров В.Л., Волостных В.В, Государственное управление в сфере туризма и яхтинга. \\\ Управленческое консультирование. 2017 №6(102). стр. 111-120.

3. Гроховский А. А., Яхт-клубы; рецепты выживания, \\\ Yacht Russia 2018 ,May N 106 pp 51-59

*Балашова Елена Сергеевна*  
*доктор экономических наук, профессор*  
*И.о. декана факультета*  
*«Международная высшая школа управления»*  
*Профессор кафедры «Инновационная экономика»*  
*ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный*  
*морской технический университет»,*  
*г. Санкт-Петербург*  
*elenabalashova@mail.ru*

*Богомолов Андрей Викторович*  
*Начальник Управления персоналом,*  
*ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный*  
*морской технический университет»,*  
*г. Санкт-Петербург*  
*bogomolov@smtu.ru*

**Проблематика формирования человеческого капитала  
в интересах инновационного развития судостроительной  
промышленности**

***Аннотация.** Производство современной высокотехнологичной продукции судостроительной промышленности невозможно без разработки и реализации комплекса мер по развитию персонала судостроительной отрасли. Данный процесс предполагает прохождение ряда этапов комплексного поддержания и развития человеческого капитала в судостроении. Непрерывное движение вперед требует от предприятий судостроительной отрасли тесное взаимодействие с образовательными учреждениями различных уровней от средней до высшей школы, от судомодельных кружков до центров инноваций в образовании. Сочетание развития сфер образования и науки в реальном пространстве и информационно-виртуальной среде позволит достичь заявленных целей, обеспечивающих конкуренцию в отрасли.*

***Ключевые слова:** развитие персонала, центры инноваций в образовании, базовые кафедры, наставники, эффективные технологии, человеческий капитал.*

Balashova Elena Sergeevna  
*The Dean of the faculty of «International graduate school of  
management»*  
Professor of Innovative Economics Department  
Doctor of Economics  
Saint-Petersburg State Marine Technical University,  
Saint-Petersburg  
e-mail: elenabalashova@mail.ru  
Bogomolov Andrei Victorovich  
Head of personnel department  
Saint-Petersburg State Marine Technical University,  
Saint-Petersburg  
e-mail: bogomolov@smtu.ru

**Problems of formation of human capital in the interests  
of innovative development of the shipbuilding industry**

**Abstract.** *Production of modern high-tech products of the shipbuilding industry is impossible without the development and implementation of a set of measures for the development of personnel of the shipbuilding industry. This process involves the passage of a number of stages of complex maintenance and development of human capital in shipbuilding. Continuous progress requires the shipbuilding industry enterprises to work closely with educational institutions of various levels from secondary to higher education, from ship modeling circles to centers of innovation in education. The combination of the development of education and science in the real space and information-virtual environment will allow to achieve the stated goals that ensure competition in the industry.*

**Key words:** *personnel development, innovation centers in education, basic departments, mentors, effective technologies, human capital.*

Инновационное развитие как цель достижения конкурентоспособности судостроительной промышленности РФ обеспечивается поэтапной реализацией "Стратегии развития морской деятельности Российской Федерации до 2030 года", утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 8 декабря 2010 г. № 2205-р [1]. Формирование и развитие необходимого задела для возрастания в структуре производства судостроения высокотехнологичной продукции невозможно без разработки и реализации комплекса мер по

развитию персонала научных организаций и предприятий судостроительной отрасли. Для выполнения поставленных задач целесообразно выделить следующие этапы поддержания и развития человеческого капитала в судостроении:

1. анализ и оценка источников комплектования инженерными высококвалифицированными кадрами,
2. создание и поддержание в активном состоянии условий сохранения и развития работников,
3. обеспечение условий совершенствования лучших традиций судостроения на основе развития системы наставничества и преемственности поколений.

Комплексная реализация перечисленных этапов, подкрепленная цифровыми технологиями, позволит достигнуть заявленные в «Стратегии развития» показатели:

- увеличение в структуре производства судостроения доли высокотехнологичной продукции;
- обеспечение среднего возраста работников, участвующих в научно-исследовательских и опытно-конструкторских работах до 37 лет;
- сохранение среднего возраста работников в промышленных организациях судостроительной промышленности на уровне 35 лет.

Предприятие, готовое к развитию и выполнению «Стратегии развития», должно будет взаимодействовать с образовательными и научными центрами. Вопрос поддержания уровня компетенций персонала приобретает в данной связи особое значение. Для обеспечения соответствующего уровня знаний, умений и профессиональных навыков предприятие с помощью образовательных организаций начнет поиск и сопровождение образовательного процесса детей, способных в будущем составить основу экономического развития судостроительной промышленности. Привлекая школьников в игровой форме к участию решения задач по развитию предприятия, ставя перед ними сложные, актуальные задачи управления, производства и технологии, предприятия делают первый шаг в формировании человеческого капитала будущего судостроения. Молодые люди, получая удовлетворение от итогов своего труда, смогут заинтересоваться будущей профессией судостроителя.

Следующим шагом развития предприятия судостроения должна быть система привлечения выпускников высших и средних профессиональных образовательных учреждений через развитие баз практик, включение базовых кафедр в непрерывный процесс обучения.

Здесь взаимосвязано многое – уровень развития учебно-лабораторной базы, стили и методы преподавания, соответствие образовательных программ современному уровню развития цифровизации и поэтапному переходу на цифровую экономику. Возможность сравнивать условия труда и быта, уровни и состояние производственной и организационной культур различных предприятий и организаций с применением социальных сетей и групп нередко оказывает большое влияние на решение выпускника о его дальнейшем месте в трудовом процессе в соответствии с приобретенной профессией. Как правило, предприятия и организации судостроительной отрасли имеют многолетнюю устоявшуюся систему вовлечения молодых специалистов и высококвалифицированных рабочих в производственный процесс. Сохранившиеся возможности обеспечения приемлемых социальных и бытовых условий для молодых работников, создание возможности не отвлекаться на решение неизбежных бытовых вопросов помогает в кратчайшие сроки провести вхождение в трудовой коллектив и принятие производственной и организационной культур.

Данная модель формирования человеческого капитала является составляющей частью и инструментом бережливого производства, наряду со стратегией непрерывного и постепенного совершенствования, стандартизацией процессов производства и вовлеченности персонала, всеобщим менеджментом качества и проч. [2]. Постоянное совершенствование востребованных компетенций в процессе производства является обязательным условием поддержания соответствия технологических процессов и результатов труда требованиям современной экономики. Возможное отставание в любом из этапов разработки и производства, продвижения и реализации незамедлительно приведет к падению прибыли, снижению темпов роста, низкой производительности труда и, как следствие, к потере кредитоспособности судостроительной продукции на национальном и мировом рынках. Обеспечить соответствие требуемых профессиональных компетенций возможно при постоянном отслеживании тенденций развития образования, науки и рынка, а также создание руководством предприятий и организаций судостроительной отрасли необходимых и возможных условий для развития работников, в первую очередь, с применением цифровых технологий и дистанционных методов обучения.

Дополнительно необходимо отметить, что, активно входя в мир цифровой экономики, руководство судостроительных предприятий или

организации, реально заинтересованное в развитии персонала и его соответствии предъявляемым требованиям, будет использовать все возможные методы и способы развития работников, направленные на достижение экономических целей и сохранение традиций судостроения [3].

#### Список литературы:

1. "Стратегии развития морской деятельности Российской Федерации до 2030 года", утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 8 декабря 2010 г. № 2205-р.
2. Экономика судостроения: учебник для бакалавриата и специалитета / Е.С. Балашова, Е.Р. Счисляева. – М.: Издательство Юрайт, 2019. – 277 с. – (Серия: Бакалавр и специалист)
3. Особенности организации труда и управления персоналом в судостроении и судоремонте / В.И. Голинев. – СПб. : СПГУВК, Журнал университета водных коммуникаций, стр. 192-196, 2010 № 3.

*Балашова Елена Сергеевна  
доктор экономических наук, профессор,  
И.о. декана факультета «Международная высшая школа  
управления»*

*Профессор кафедры «Инновационная экономика»  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
морской технический университет»,  
г. Санкт-Петербург,  
elenabalashova@mail.ru*

*Майорова Ксения Сергеевна  
ассистент кафедры международных экономических отношений,  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
морской технический университет»,  
г. Санкт-Петербург,  
xs-ksu123@mail.ru*

## **Цифровая трансформация топливно-энергетического комплекса. Российская перспектива**

***Аннотация.** Цифровизация энергетики на отечественном рынке как процесс была запущена относительно недавно, но уже сейчас данный феномен оказывает положительный импульс в развитии топливно-энергетического комплекса нашей страны. Активное внедрение цифровых технологий во внутренние и внешние бизнес-процессы предприятий влекут за собой появление инновационных бизнес-моделей, обеспечивающих будущую конкурентоспособности отрасли.*

***Ключевые слова:** цифровизация, энергетика, экономика промышленности, цифровая экономика, распределительные сети, «smart»-технологии.*

*Balashova Elena Sergeyevna  
The Dean of the faculty of «International graduate school of  
management»  
Professor of Innovative Economics Department  
Doctor of Economics  
Saint Petersburg State Marine Technical University,  
Saint-Petersburg  
e-mail: elenabalashova@mail.ru*



Maiorova Ksenia Sergeevna  
Assistant of the Department of international economic relations  
Saint Petersburg State Marine Technical University,  
Saint-Petersburg  
e-mail: xs-ksu123@mail.ru

## **Digital transformation of the fuel and energy complex. Russian perspective**

**Abstract.** *Digitalization of energy in the domestic market as a process was launched relatively recently, but now this phenomenon has a positive impact on the development of the fuel and energy complex of our country. The active introduction of digital technologies into internal and external business processes of enterprises entails the emergence of innovative business models that ensure the future competitiveness of the industry.*

**Key words:** *digitalization, energy, industrial economy, digital economy, distribution networks, "smart" technologies.*

2017 год стал знаковым для развития топливно-энергетического комплекса Российской Федерации благодаря активному формированию и реализации нового политического направления, а именно перехода к цифровой экономике. В целях модификации основных производственных мощностей энергетической отрасли РФ и создания условий для внедрения инновационных технологий в цифровые платформенные решения национального топливно-энергетического комплекса Минэнерго Российской Федерации сформировало ведомственный проект «Цифровая энергетика». С учетом обозначенных Президентом РФ приоритетов, которые были утверждены в национальной программе «Цифровая экономика Российской Федерации» в 2017 году, проект «Цифровая энергетика» планирует создать новый целевой подход к видению понятийного аппарата «цифровизация энергетики» и его активного внедрения в электро-энергетические производства с целью создания новой национальной технологической базы для ее дальнейшего развития и формирования предложений по повышению конкурентоспособности энергетической отрасли [1].

Существующий технологический уклад электроэнергетики достиг предела своей эффективности и в дальнейшей перспективе утратит высокую конкурентоспособность по сравнению с решениями цифровой

энергетики. Одним из ключевых глобальных тенденций развития топливно-энергетического комплекса в современных реалиях является модификация цифровых и интеллектуальных технологических решений в управлении производственных мощностей энергетической отрасли. Активное внедрение цифровых технологий во внутренние и внешние бизнес-процессы предприятий влекут за собой появление инновационных бизнес-моделей, обеспечивающих будущую конкурентоспособности отрасли. Приоритетной задачей национальный энергетический рынок ставит перед собой победу в глобальной технологической гонке, а также формулировку нового ориентира цифровизации, которое обеспечит соединение финансового и интеллектуального потенциалов нашей страны.

Для успешного развития в условиях цифровой трансформации предприятиям энергетической отрасли необходимо обладать подходящей управленческой стратегией и целым набором компетенций. Благодаря упомянутым составляющим организация будет способна более гибко воспринимать внутренние и внешние изменения своих бизнес-процессов и успешно создавать инновационные бизнес-модели и продукты. Так компании энергетической отрасли сохраняют свою организационную маневренность независимо от масштабов производства, они будут способны обеспечить баланс между накопленным и полученным опытом, созданием и модификацией новых стратегий управления. Многие компании, занимающиеся освоением энергии всех форм и потенциалов, озадачены проблемой защиты окружающей среды и потребителей, тем самым поставив перед собой задачу «чистого» производства энергии без вреда здоровью потребителей и всеобщего состояния экологической системы нашей планеты [3]. Современные цифровые технологии позволяют компаниям мирового уровня в кратчайшие сроки преобразовать свои внутренние бизнес-процессы, модернизировать производственные мощности, и тем самым добиваться максимально эффективных результатов от своей деятельности. Внедрение новейших цифровых и интеллектуальных технологических решений является одним из ключевых глобальных трендов развития энергетической отрасли на современном этапе. Постепенная цифровизация отечественной энергетики как процесс была запущена всего лишь несколько лет назад, но уже сейчас, согласно исследованиям ведущих специалистов в области экономики, IT-технологий и электроэнергетики, данный

феномен оказал крайне положительное влияние на развитие топливно-энергетического комплекса.

Именно сейчас, тема цифровизации является центральной и неизменно затрагиваемой практически на всех дискуссиях, касающихся ключевых позиций отрасли энергетики, а также основных тенденций развития данной сферы экономики РФ. Однако, помимо современных технологий, необходимо изменить подход не только к видению процесса, но и к самому управлению. В силу активного внедрения цифровых технологий как внутренние, так и внешние бизнес-процессы предприятий видоизменяются, что влечет за собой появление новых бизнес-моделей, которые становятся ключевым фактором обеспечения будущей конкурентоспособности [3]. При этом цифровизация, как феномен, не только оказывает влияние на оптимизацию управленческих решений и снижение издержек предприятий, но и выступает в роли гаранта по вопросу надежности энергосистем, в чем государство заинтересовано в первую очередь.

За последние пять лет произошли грандиозные изменения во всех отраслях топливно-энергетического комплекса благодаря внедрению уникальных инновационных технологий и разработке новейших цифровых продуктов. В секторе энергетики активно внедряются технологии «smart grids» (умные сети), виртуальная прогностика и мониторинг состояния генерирующего оборудования, а также диспетчеризация энергообъектов для повышения качества энергоснабжения. Технологии «smart grids», которые рассматриваются как основа модернизации и усовершенствования электроэнергетической отрасли, в последние несколько лет активно применяются в компаниях Европейских стран [4]. Накопленный опыт стратегических разработок и управленческих концепций в сфере интеллектуальной цифровой энергетики разных стран мира показывает, что ее создание нацелено не только на преодоление определенных инженерных, экономических или управленческих задач, но и на реализацию системной технологической платформы, которая будет отвечать энергетическим нуждам новой цифровой экономики.

Новейшие технологии, применяемые в сетях, основанные на адаптации характеристик оборудования в зависимости от режимной ситуации, активное взаимодействие с генерацией и потребителями позволяют создавать эффективно функционирующую систему, в которую встраиваются современные информационно-диагностические системы, системы автоматизации управления всеми элементами,

включенными в процессы производства, передачи, распределения и потребления электроэнергии. Электрическая сеть из пассивного устройства транспорта распределения электроэнергии превращается в активный элемент, параметры и характеристики которой изменяются в зависимости от требований режимов работы в реальном времени, в которой все субъекты электроэнергетического рынка (генерация, сеть, потребители) принимают активное участие в процессах передачи и распределения электроэнергии.

Для реализации этой новой функции сети оснащаются современными быстродействующими устройствами силовой электроники и электро-машиноинвентильных систем, системами, обеспечивающими получение информации в режиме on-line о режимах работы сети и состоянии различного рода накопители (аккумуляторы) электрической энергии, а потребители становятся активными участниками процесса распределения и потребления электроэнергии [5]. После нескольких десятилетий постепенного развития энергетические системы претерпевают колоссальные изменения под влиянием таких факторов, как возрастающие потребности в интеграции возобновляемых видов энергии, устаревание оборудования, недостаточная энергоэффективность и усиливающаяся обеспокоенность по поводу уязвимости системы при увеличении количества действующих лиц в условиях либерализации энергетических рынков. Эксплуатация энергосистем становится все более трудоемкой, что в итоге потребует широкого внедрения интеллекта в интересах обеспечения безопасности, экономичности и эффективности, создавая при этом предпосылки к возникновению концепции «умных энергосистем» [6]. Происходит активное внедрение передовых цифровых технологий в отрасли топливно-энергетического комплекса, что ведет за собой повышение эффективности деятельности предприятий посредством изменений внутренних бизнес-процессов, а также модернизации производственных мощностей. Дальнейшее активное освоение цифровых технологий и их практическое применение в деятельности отраслевых компаний откроет еще большие возможности и экономические выгоды. Как следствие, использование цифровых технологий в комплексных решениях приведет к изменению бизнес-среды, а также к повышению конкуренции для всех отраслевых предприятий [7].

Национальный энергетический рынок приоритетной задачей ставит перед собой победу в глобальной технологической гонке, а также

формулировку целевого направления цифровизации, которое обеспечит соединение финансового и интеллектуального потенциалов. Умные сети, цифровые подстанции, возобновляемая энергетика - все это активно внедряется в отраслях ТЭК России. Цифровые технологии предполагают создание и внедрение новых методов коммуникации с потребителями. Если раньше взаимодействие между компаниями и потребителями было одностороннее: о товарах и услугах потребители узнавали через рекламу и СМИ, то теперь же появилась обратная связь, где отзывы покупателей играют более важную роль, чем реклама в СМИ. Цифровые технологии затрагивают все важные элементы организации, из чего следует возможность комплексного обследования на предмет готовности к данным трансформациям [8]. Эффективная цифровая трансформация предприятия требует мастерства в двух видах руководящей деятельности: в разработке инновационных идей и их внедрения во всех бизнес-процессы организации.

Для эффективного развития в условиях цифровой трансформации в энергетической отрасли предприятиям необходимо обладать подходящей управленческой стратегией и целым набором компетенций. Благодаря упомянутым составляющим организация будет способна более гибко воспринимать внутренние и внешние изменения своих бизнес-процессов и успешно создавать инновационные продукты и бизнес-модели. Таким образом, предприятие сохранит свою организационную маневренность независимо от масштабов производства, будет способно обеспечить баланс между накопленным и полученным опытом и созданием новых стратегий управления. Цифровизация энергетической отрасли только начинается, но уже сейчас ведется активная работа по внедрению инновационных решений по вопросам производства на предприятиях, по созданию новых специфических, уникальных контрольно-надзорных функций на государственном уровне, по трансформации профессионального образования для подготовки будущих специалистов в области цифровой энергетики. Ключевыми результатами реализации данных мероприятий должно стать повышение эффективности деятельности предприятий топливно-энергетического сектора экономики РФ, оптимизация бизнес-процессов «smart»-сетей газораспределения и электрических «smart»-сетей, повышение уровня технического состояния производственных фондов электроэнергетики и рост надежности электроснабжения потребителей.

## Список литературы:

1. Russian industrial sector in the conditions of the Fourth Industrial Revolution / E.S. Balashova, E.A. Gromova // International Conference on Contemporary Research in Mechanical Engineering with Focus on "Materials and Manufacturing" (ICCRME-2018) 06-07 April, 2018, India. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2018.

2. Щербаков, А.Г. Развитие организационно-экономического механизма функционирования высокотехнологичных предприятий при внедрении цифровых технологий: на примере предприятий оборонно-промышленного комплекса России: автореферат дис. кандидата экономических наук: 08.00.05 / Щербаков Антон Геннадьевич; [Место защиты: Всерос. науч.-исслед. ин-т "Центр"]. - Москва, 2019. - 26 с.

3. Гирсберг Г. Сетевизация мира // Deutschland, 2014. – С.43-47.

4. Юдина Т.Н., Тушканов И.М. Цифровая экономика сквозь призму философии хозяйства и политической экономии // Философия хозяйства. 2017. № 1.

5. Тушканов И.М., Юдина Т.Н. Форсаж цифровой экономики // Системное моделирование социально-экономических процессов: труды 39-ой международной научной школы-семинара, г. Санкт-Петербург, 30 сентября – 6 октября 2016 г. / под ред. д-ра экон. наук В.Г. Гребенникова, д-ра экон. наук И.Н. Щепиной. – Воронеж: Воронежский государственный педагогический университет, 2016.

6. Юдина Т.Н. Осмысление цифровой экономики // Современность: хозяйственные алгоритмы и практики: сборник статей/под ред. Ю.М. Осипова. М.; Тамбов: Издательский дом ТГУ им. Г.Р. Державина, 2016.

7. Д.В. Холкин, И.С. Чаусов. Цифровой переход в энергетике России: в поисках смысла// Энергетическая политика. – 2018. - №4 – С.8-17.

8. Массель Л.В. Методы и интеллектуальные технологии научного обоснования стратегических решений по цифровой трансформации энергетики// Энергетическая политика. – 2018. - №4 – С.30-41.

*Балдыгарина Нурай*  
*магистрант 1 курса,*  
*ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный*  
*морской технический университет»,*  
*г. Санкт-Петербург*  
*e-mail: princess\_nurai@bk.ru*  
*Сорокина Екатерина*  
*магистрант 1 курса*  
*ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный*  
*морской технический университет»,*  
*г. Санкт-Петербург*  
*e-mail: ekaterina.sorokina97@bk.ru*  
*Черкаев Георгий Владимирович*  
*научный руководитель, к.т.н., доцент*  
*ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный*  
*морской технический университет»,*  
*г. Санкт-Петербург*  
*e-mail: gcherkaev@mail.ru*

**Внедрение наилучших доступных технологий для снижения  
загрязнения окружающей среды в Казахстане**

***Аннотация.** В работе предложены возможные варианты внедрения наилучших доступных технологий для нефтяного месторождения с целью снижения загрязнений окружающей среды.*

***Ключевые слова:** нефтяная промышленность, повышение экологической безопасности, наилучшие доступные технологии.*

*Baldygarina Nurai*  
*1 year undergraduate*  
*Saint-Petersburg State Marine Technical University,*  
*Saint-Petersburg*  
*e-mail: princess\_nurai@bk.ru*  
*Sorokina Ekaterina*  
*1 year undergraduate*  
*Saint-Petersburg State Marine Technical University,*  
*Saint-Petersburg*  
*e-mail: ekaterina.sorokina97@bk.ru*

Cherkaev Georgiy Vladimirovich  
docent, Candidate Sci. Tech.  
Saint-Petersburg State Marine Technical University,  
Saint-Petersburg  
e-mail: gcherkaev@mail.ru

## **Introduction of the best available technologies to reduce environmental pollution in Kazakhstan**

**Abstract.** *The paper suggests possible options for introducing the best available technologies for an oil field in order to reduce environmental pollution.*

**Key words:** *petroleum industry, improving environmental safety, best available technologies.*

В современных условиях защита окружающей среды диктует новые ориентиры и направления развития промышленного предприятия, она становится импульсом для внедрения новых технологических решений и новых тенденций во взаимодействии производства и природы. Но достичь этого возможно лишь в том случае, если будет построена система и механизмы управления экологическими процессами, если управление будет ориентировано не просто на совершенствование производства, а на его экологизацию.

В соответствии с требованиями статьи 28 Федерального закона № 7-ФЗ России «О Защите окружающей среды» возникает необходимость в применении наилучших доступных технологий, направленная на комплексное предотвращение и минимизацию негативного воздействия на окружающую среду объектов хозяйственной деятельности. Такой опыт России необходимо перенять и Казахстану, так как наши страны находятся в едином экономическом пространстве.

Наилучшая доступная технология (НДТ) представляет собой технологию производства продукции (товаров), выполнения работ, оказания услуг, определяемая на основе современных достижений науки и техники и наилучшего сочетания критериев достижения целей охраны окружающей среды при условии наличия технической возможности ее применения [1].

В качестве примера выбрано нефтяное месторождение Кенкияк, расположенное в северо-западной части Республика Казахстан.

Основные направления, связанные с внедрением НДТ на месторождении можно разделить на пять основных направлений:



1. Повышение ресурсосбережения.
2. Повышение энергоэффективности.
3. Повышение нефтеотдачи.
4. Снижение количества выбросов.
5. Замена устаревших технологий.

Для хранения или накопления жидких продуктов (нефти, нефтепродуктов и пр.) используется резервуарный парк. Как показывает практика, при эксплуатации стальных резервуаров как правило, именно верхняя часть подвергается равномерной и язвенной коррозии, скорость которой 0,06 - 1,1 мм/год.

Одним из наиболее эффективных решений является применение антикоррозионных материалов на полиуретановой основе покрытия на основе полиуретановых смол, которые обладают хорошей адгезией к металлическим и неметаллическим поверхностям.

Использование антикоррозионных материалов, позволит увеличить срок службы резервуарных парков на 15 лет.

Для обеспечения экологической безопасности резервуарных парков хранения сырой нефти требуется применение гидроизоляционного слоя, обеспечивающего защиту естественного бассейна грунтовых вод от загрязнений.

Неизбежным конструктивным элементом должен быть противофильтрационный экран. Устойчивость HDPE и LDPE геомембран к кислотам и щелочам в диапазоне pH от 0,5–14 и другим химическим воздействиям, стойкость по отношению к ультрафиолету и температурному режиму от -600 °C до +600 °C [3].

Предложенный комплекс новейших технологий позволит снизить уровень воздействия на компоненты окружающей среды минимум на 20%.

#### Список литературы:

1. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям. Резервуарные парки [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Москва: Бюро НДТ, 2017.
2. Реконструкция Покровской УПН. [Электронный ресурс] //ПАО «РосНефтеКомплект» [Офиц. сайт].URL: [www.rosnk.ru](http://www.rosnk.ru) (дата обращения 10.10.19).
3. Гидроизоляционная защита [Электронный ресурс] URL: [http://www.gidrokor.spb.ru/rus/waterproofing/gas\\_stations](http://www.gidrokor.spb.ru/rus/waterproofing/gas_stations) (дата обращения 10.10.19).

*Барахтин Борис Константинович*  
доцент, к.ф.-м.н.,  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
морской технический университет»,  
г. Санкт-Петербург  
e-mail: bbarakhtin@mail.ru

*Лебедева Надежда Валериевна,*  
доц., к.т.н.  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
морской технический университет»,  
г. Санкт-Петербург  
Сударикова Татьяна Сергеевна,  
студентка  
Салей Полина Алексеевна,  
студентка  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
морской технический университет»,  
г. Санкт-Петербург  
e-mail: nad\_l@rambler.ru

**Особенности структуры силицированного графита,  
используемого в деталях подшипников**

***Аннотация.** В работе проведен сравнительный анализ заготовок подшипников из силицированного графита по данным испытаний с определением химического состава образцов, кажущейся плотности методом гидростатического взвешивания, фазового состава по данным рентгеноструктурного анализа, однородности структуры по данным металлографического исследования, качества поверхностей трения.*

***Ключевые слова:** силицированный графит, рентгеноструктурный анализ, трибологические исследования*

*Barakhtin Boris Konstantinovich, assoc., Ph. D.*  
*Saint Petersburg State Marine Technical University,*  
*Saint-Petersburg*  
*e-mail: bbarakhtin@mail.ru*

*Lebedeva Nadezhda Valerievna., assoc., Ph. D.*

Saint Petersburg State Marine Technical University,  
Saint-Petersburg  
Sudarikova Tatiana Sergeevna, student  
Salei Polina Alekseevna, student  
Saint-Petersburg State Marine Technical University,  
Saint-Petersburg  
e-mail: nad\_l@rambler.ru

## Features of the structure of silica graphite used in bearing parts

**Abstract.** *The paper presents a comparative analysis of bearing blanks made of silicified graphite according to test data with determination of the chemical composition of samples, apparent density by hydrostatic weighing, phase composition according to x-ray diffraction analysis, homogeneity of structure according to metallographic research, quality of friction surfaces.*

**Key words:** *silicified graphite, x-ray diffraction analysis, tribological studies*

Конструкционный графит применяется во многих узлах и агрегатах машиностроения и решает проблемы создания принципиально новых механизмов современной техники. Его применение в различных сферах промышленности определило актуальность данной работы.

Силицированные графиты представляют собой графитокарбидо-кремнистые материалы. Они получаются при пропитке пористого графита расплавленным кремнием. При этом в результате взаимодействия с углеродом образуется карбид кремния, но часть кремния и графита остаются не связанными. Таким образом, силицированный графит состоит из кремния карбида, графита и кремния. Соотношение компонентов зависит от количества и размеров пор в исходном графите, а также от режимов получения (температуры, продолжительности). Комплекс физико-механических свойств обеспечивается структурой силицированного графита, которая представляет собой каркас из карбида кремния высокой твердости с включениями графита. Соответственно регулировать механические свойства можно, изменяя фазовый состав и пористость материалов.

Целью работы является проведение сравнительных исследований качественного и некачественных образцов силицированного графита марки СГ-П. Маркировка образцов:

- №0 – после эксплуатации > 20 000 часов. без отбраковки
- №1 – без эксплуатации (отбракован)
- №2 – без эксплуатации (отбракован)
- №3 – после эксплуатации > 8 000 часов
- №4 – после эксплуатации > 8 000 часов.

На образцах проводили исследования химического состава, кажущейся плотности методом гидростатического взвешивания, фазового состава по данным рентгеноструктурного анализа, однородности структуры по данным металлографического исследования, качества поверхностей трения.

Химический состав образцов определен методом рентгеноспектрального анализа с использованием электронного растрового микроскопа «Tescan Vega». Измерение плотности образцов при комнатной температуре проводили методом гидростатического взвешивания с помощью электронных весов XP204 фирмы «Mettler Toledo». Рентгеноструктурный анализ проб, вырезанных от исследуемых образцов, выполнялся с помощью рентгеновского дифрактометра Ultima IV Rigaku с использованием медного характеристического излучения. Металлографические исследования проводились с использованием светового инвертированного металлографического микроскопа AxioObserver (Zeiss). Трибологические исследования проводили с использованием стереомикроскопа «Discovery» и электронного растрового микроскопа «Tescan Vega»\*.

При оценке качества силицированного графита основные параметры должны соответствовать следующим требованиям: кажущаяся плотность – не менее 2,50 г/см<sup>3</sup>, массовая доля свободного кремния, не более 20%, массовая доля карбида кремния, не менее 45%.

Анализ химического состава выполнялся на участках размером ~ 0,5×0,5мм.

Полученные данные показали (Таблица 1), что химическая композиция исследуемых образцов основана на системе Si-C. Другие химические элементы, обнаруженные в небольших количествах, можно считать примесями. При случайном выборе мест анализа можно полагать, что в исследуемых образцах концентрация базовых химических элементов практически одинакова.

Таблица 1 – Химический состав исследуемых образцов, определенный на локальных участках 0,5×0,5мм

| Образец | Массовая доля элемента, % |     |      |     |     |
|---------|---------------------------|-----|------|-----|-----|
|         | C                         | Al  | Si   | Ca  | Fe  |
| 0       | 73,9                      | 0,3 | 23,8 | 0,3 | 1,7 |
| 1       | 78,7                      |     | 21,0 | 0,1 | 0,2 |
| 2       | 80,9                      | 0,1 | 18,2 | 0,1 | 0,7 |

\* Экспериментальные исследования проводили с использованием оборудования ЦКП «Состав, структура и свойства конструкционных и функциональных материалов НИЦ КИ -ЦНИИ КМ «Прометей»

|   |      |     |      |     |     |
|---|------|-----|------|-----|-----|
| 3 | 74,1 | 0,3 | 23,6 | 0,3 | 1,7 |
| 4 | 74,9 | 0,3 | 24,4 |     | 0,4 |

Значения кажущейся плотности определялись методом гидростатического взвешивания по ГОСТ 20018. Требования к силицированным графитам по параметру кажущейся плотности. Полученные данные (таблица 2) показали, что все образцы, включая отбракованные, по параметру кажущейся плотности с учетом погрешностей измерений отвечают требованиям

Таблица 2 – Кажущаяся плотность исследуемых образцов

| Образец | Плотность, г/см <sup>3</sup> |
|---------|------------------------------|
| №0      | 2,63                         |
| №1      | 2,72                         |
| №2      | 2,60                         |
| №3      | 2,50                         |
| №4      | 2,49                         |

Данные рентгеноспектрального анализа (рис. 1) показывают, что в материале образцов присутствуют следующие фазы:

- мозанит в модификации гексагональной кристаллической решетки соединения SiC;
- мозанит в модификации кубической кристаллической решетки соединения SiC;
- кремний Si и графит C как исходные химические компоненты.

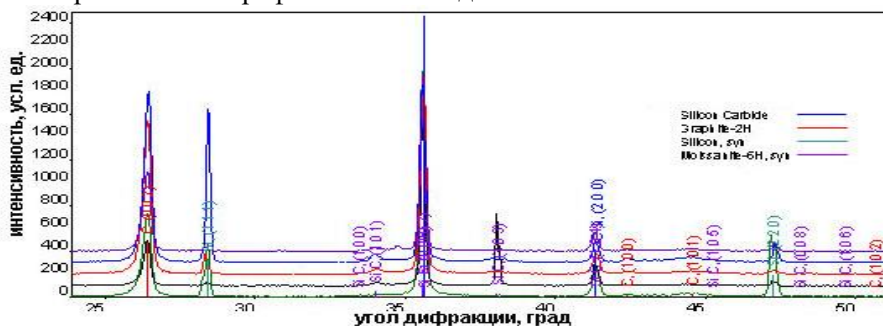


Рисунок 1 – Рентгеновские дифрактограммы, зафиксированные при анализе проб деталей

Содержание выявленных фаз представлено в таблице 3. Полученные данные говорят о том, что содержание фаз в среднем почти отвечает

требованиям: наличие свободного кремния  $(6\pm3)<20\%$ , а содержание мозанита – карбида кремния занижено  $(40\pm10)\approx45\%$ . Возможно недостаточное количество фазы SiC в деталях №1 и №2 явилось ключевой причиной их браковки еще до начала эксплуатации. Дисперсия (разброс) полученных данных указывает на неоднородное структурное состояние, что может быть вызвано недостатками в технологии спекания кремния и графита.

В пробах деталей, отработавших 8 тыс. часов и более, содержание контролируемых фаз Si и SiC не вышло за пределы требуемого диапазона

Для оценки однородности структуры были подготовлены микрошлифы в поперечном сечении образцов. Оценка содержания фаз и размеров структурных составляющих произведена по металлографическим изображениям (рис. 2) после цветового кодирования фаз. Результаты оценки приведены в таблице 4 и рис. 3.

Таблица 3 – Фазовый состав в инспектированных пробах деталей

| Образец | Содержание фаз с указанием кристаллографической модификации, %,вес. |           |     |           |         |
|---------|---------------------------------------------------------------------|-----------|-----|-----------|---------|
|         | C<br>(графит)                                                       | Si<br>Куб | SiC |           |         |
|         |                                                                     |           | Куб | Гексагон. | Тригон. |
| №0      | 47                                                                  | 5         | 48  | 1         | -       |
| №1      | 65                                                                  | 2         | 28  | 5         | -       |
| №2      | 41                                                                  | 9         | 22  | 28        | -       |
| №3      | 50                                                                  | 11        | 26  | 14        | -       |
| №4      | 57                                                                  | 2         | 37  | -         | 4       |

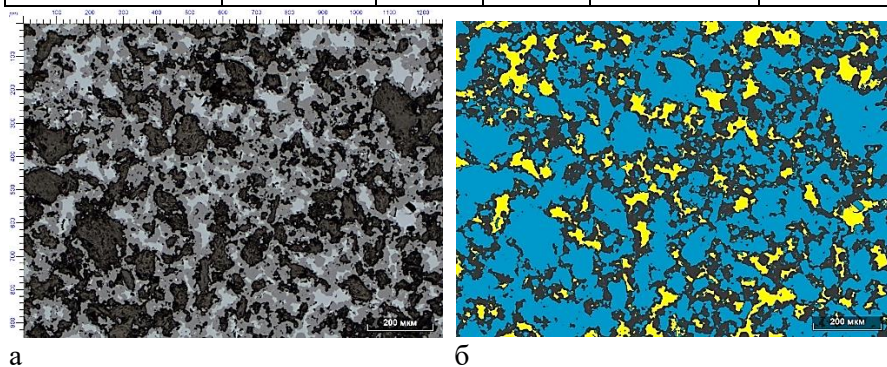


Рисунок 2 – Микроструктура образца № 0: а – изображение микроструктуры; б – цветовое кодирование

Таблица 4 – Результаты определения содержания фаз

| Фаза | Среднее содержание, % |           |           |           |           |
|------|-----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|      | Образец 0             | Образец 1 | Образец 2 | Образец 3 | Образец 4 |
| C    | 47,88                 | 50,33     | 52,73     | 53,66     | 46,18     |
| SiC  | 44,14                 | 8,67      | 38,75     | 18,25     | 42,68     |
| Si   | 10,48                 | 43,92     | 8,638     | 28,04     | 11,43     |

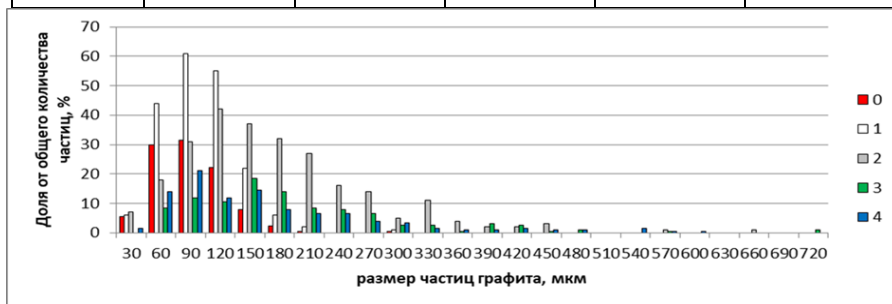


Рисунок 3 – Гистограмма распределения частиц графита

Полученные данные показывают, что в бракованных деталях присутствует повышенное содержание фазы углерода. Выявленная особенность позволяет предположить, что в условиях спекания в реакциях не произошло достаточное химическое взаимодействие с кремнием. Прослойки свободного углерода размером 60-80 мкм могли вызвать снижение локальной прочности и стать причиной отбраковки.

Содержание фаз, полученное разными методами, имеет расхождение, что объясняется отличиями в статистической представительности и способе обработки данных.

В методе рентгеноструктурного анализа информация накоплена с участка шлифа размерами 2x10 мм и расшифрована на основании кристаллографических признаков структур.

В методе количественной металлографии анализировалось изображение с участка шлифа размерами 1x1 мм по характеристикам яркости.

Данные, полученные разными методами, дополняют друг друга и в целом одинаково характеризуют структурные изменения в процессе

эксплуатации: доля карбида кремния увеличивается; доля графита снижается; концентрация кремния почти сохраняется.

Результаты исследования трибоповерхностей образцов представлены на рис. 4.

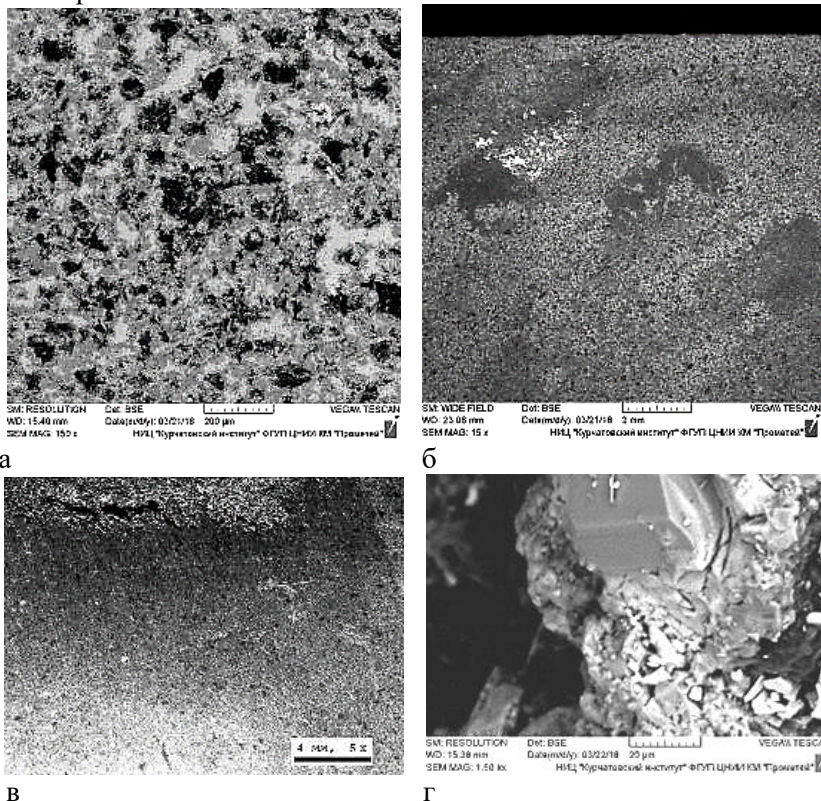


Рисунок 4 – Характерные участки трибоповерхностей образцов:  
а – №0, б – №1, в – №3, г – № 4

На поверхности образца №0 наблюдается равномерное распределение фаз Si-SiC-C, на отбракованном образце №1 выявлены следы механического локального воздействия, классифицированные как сколы и размывы, а также непросилицированные участки

На трибоповерхности образцов №4 и 5 заметны следы эксплуатации в виде полос прямоугольного вида. Наличие полос свидетельствует о неравномерном трибосопряжении, вследствие чего у выходной кромки полосы образовалась трещина расслоения деформационной природы (рис. 4, в)



Таким образом, суммируя полученные данные можно полагать, что доминирующим фактором, влияющим на эксплуатационный ресурс деталей, является качество исходного сырья – дисперсность и содержание взаимодействующих фаз. В бракованных деталях присутствует повышенное содержание фазы углерода в виде прослоек размером 60-80 мкм, снижающих локальную прочность и являющихся вероятной причиной отбраковки изделий.

#### Список литературы:

1. Методические основы пропитки пористых углерод-углеродных композиционных материалов жидким кремнием. Скачков В.А., Воденников С.А., Бережная О.Р., Иванов В.И. 2011.
2. Методика анализа фазового состава конструкционных наноматериалов методом рентгеновской дифрактометрии, 2011 г.
3. Обоснование свойств карбидокремниевых композитов для обеспечения износостойкости технологического оборудования. Шагарова О.Н. Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2010.
4. Исследование микроструктуры и микротвердости полученных образцов силицированного графита в зависимости от состава. Торехан Г.Е. В сборнике: интеллектуальные энергосистемы материалы V международного молодежного форума. 2017.
5. Особенности технологии получения графита для силицирования. Мордухович В.Э., Дыскина Б.Ш. В сборнике: материалы девятой научной конференции аспирантов и докторантов. Южно-уральский государственный университет. 2017.

*Барахтин Борис Константинович*  
доцент,  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
морской технический университет»,  
г. Санкт-Петербург  
e-mail: bbarakhtin@mail.ru  
*Неклюдов Николай Николаевич*  
обучающийся гр.1474,  
кафедра МuTM  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
морской технический университет»,  
г. Санкт-Петербург  
e-mail: 2wnnn@mail.ru

### **Механизмы упрочнения металлов в актах селективного лазерного плавления**

**Аннотация.** Анализ строения сталей, произведенных по аддитивной технологии из порошков разного химического состава. Сформулирована модель образования зародышей фаз и упрочнения механизмом конденсации паров металла над зоной плавления.

**Ключевые слова:** селективное лазерное плавление, металлические порошки, зародыши фазы, структура.

*Barakhtin Boris Konstantinovich, assoc., Ph. D.*  
*Saint-Petersburg State Marine Technical University,*  
*Saint-Petersburg*  
e-mail: bbarakhtin@mail.ru  
NekludovNikolay  
SMTU, learning at  
department, student.gr1474,  
*Saint-Petersburg State Marine Technical University,*  
*Saint-Petersburg*  
e-mail: 2wnnn@mail.ru

### **The metal toughness mechanisms into Selective Laser Meltingacts**

**Abstract.** The analysis of steels structures manufacturing addition technology from the any chemical composition powders. The model of

*embryo's faze and firmness probes fabrication by the metal vapor condensation mechanize above smelting zone have formulated.*

**Key words:** selective laser melting, metals powders, fazed germ, structure.

## ВВЕДЕНИЕ

Создание изделий сложной формы по спроектированным цифровым моделям методом селективного лазерного плавления (СЛП) послойно наносимого порошкового сырья вызывает большой практический и научный интерес [1,2]. Особенностью СЛП процесса является наличие и взаимодействие участков твердой и жидких фаз в течение кратковременного воздействия лазерного луча. Реализуемые в условиях термодинамической неравновесности локальные акты плавления и структурно-фазовые превращения недостаточно изучены [3], хотя широко распространены в разных технологических приложениях с переходными режимами.

Целью представленной работы является обобщение имеющихся экспериментальных данных о структуре металлических СЛП композиций разного химического состава и указание факторов, способствующих повышению прочности изготовленного материала.

### Методика исследований

Селективное лазерное плавление (СЛП) порошков производилось с помощью установки EOSINT M270, в которой твердотельный лазер мощностью 200 Вт в непрерывном режиме сканирует зону сплавления порошка со скоростью до 800 мм/сек (рис. 1). Тепловой энергии лазера достаточно для плавления частиц порошка размером до 40 мкм.

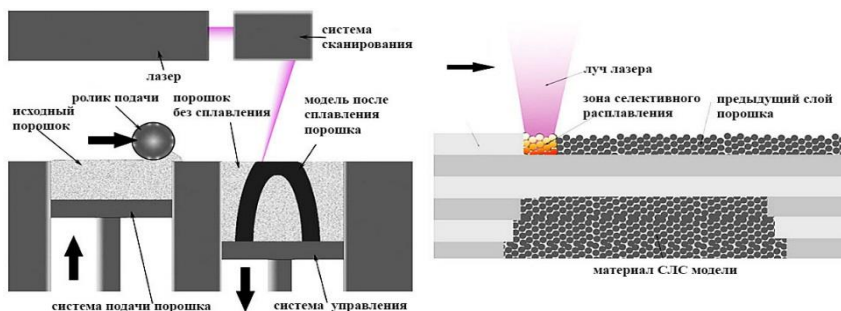


Рисунок 1 – Схема селективного лазерного процесса.

В проводившихся экспериментах использовались порошки с химическим составом распространенных марок сталей без полиморфных превращений (табл.). В работе также использовался порошок нелегированного технического железа с целью устранения влияния химического состава на прочностные параметры СЛП материала.

В решении задачи по оценке механических свойств СЛП материалов выращивались образцы для стандартных испытаний динамическим изгибом и одноосным растяжением.

Структурные исследования выполнялись с использованием светового микроскопа «АксиоОбсервер» и электронного растрового микроскопа «Технай». Обработка изображений производилась методами цифровой металлографии, включая мультифрактальный анализ для обнаружения структурных особенностей, вызванных скоротечностью актов плавления и затвердевания в условиях неоднородных температурных полей.

Таблица 1 – Химический состав использованных порошков

| Порошки из марок сталей | Основные легирующие элементы, вес.% |           |           |           |           |           |           |
|-------------------------|-------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|                         | <i>C</i>                            | <i>Si</i> | <i>Mn</i> | <i>Cr</i> | <i>Ni</i> | <i>Mo</i> | <i>Ti</i> |
| 07X16H4Д                | 0,07                                | 0,38      | 0,7       | 15,7      | 4,0       | –         | 0,1       |
| 03X16H15                | 0,03                                | –         | 1,5       | 16,8      | 13,3      | 2,6       | –         |
| 12X18H10T               | 0,12                                | 0,8       | 0,8       | 17,2      | 10,6      | –         | 0,8       |
| Техническое железо      | 0,019±0,001                         | 0,07±0,04 | 0,08±0,06 | -         | -         | -         | -         |

Мультифрактальная аттестация полутоновых изображений структур выполнялась по их черно-белым (бинарным) отображениям, которые математически рассматриваются в форме статистических множеств разной размерности [4]. Из спектра размерностей  $D_q$  вычислялись искомые параметры: пространственная размерность  $D_0$ , мера упорядочения  $\delta = D_1 - D_q$  и мера периодичности  $K = D_{-q} - D_{+q}$ . Здесь  $q$  – размерности монофрактальных статистических бинарных подмножеств в интервале  $q = (-40 \div +40)$ , из которых складывается бинарное отображение исходного полутонового изображения. Пространственная размерность  $D_0$  чувствительна к размерам области структурных изменений и является количественной оценкой образа,

характеризующей заполнение поля изображения. Величина  $\delta$  чувствительна к нарушениям симметрии для общей конфигурации исследуемой структуры в целом. Чем больше величина  $\delta$  (по модулю), тем более упорядочена структура, а устремление  $\delta$  к нулю является признаком хаоса. Увеличение значений  $K$  указывает на рост периодической составляющей в инспектируемом отображении структур. Относительные ошибки в определении параметров  $D_0$  и  $K$  составили не более 2%, а в расчетах значений  $\delta$  – менее 14%. Результаты мультифрактальной аттестации имеют вероятностно-статистический смысл [5], а польза анализа определяется физическим содержанием задачи.

### **Полученные данные и обсуждение результатов**

По данным механических испытаний неоднократно зафиксировано превышение прочностных параметров (твердости,  $\sigma_{0,2}$ ,  $\sigma_B$ ) СЛП материалов над аналогичными показателями монолитных образцов идентичного химического состава. В проведенных экспериментах были выявлены эффекты анизотропии свойств, обусловленные способами укладки слоев порошка, и упрочнения, линейно возрастающего с ростом мощности лазера. В свойствах СЛП материалов обнаруженные особенности связывались с плотностью и наличием пор, неоднородностями в распределении химических элементов, термоактивированными диффузионными процессами и кинетикой структурных превращений. На основе обзора моделей фазовых превращений в сталях [6] предполагалось, что рост прочностных параметров мог быть вызван взаимодействием атомов в зонах расплавления и затвердевания контактирующих частиц. Поэтому в легированных композициях ожидалось обнаружение кластеров сложного элементного состава с участием *Fe*, *Cr*, *Ni* [7], которые при быстром охлаждении становились центрами кристаллизации и образования фаз. Электронно-микроскопические исследования поверхностей разрушения и шлифов испытанных образцов сталей не противоречили описанной схеме. Но опыты, проведенные с СЛП образцами из порошка технического железа, потребовали дополнительного рассмотрения и анализа технологических операций.

Средствами световой и электронной растровой микроскопии установлено, что в СЛП образцах железа присутствуют частицы шаровидной формы величиной от десятых долей микрометра до

десятков микрометров (рис. 2). Правильная геометрическая форма частиц свидетельствовала о том, что они образовались в «свободном» (взвешенном) состоянии без контакта с другими объектами.

Такое явление возможно, если при температурах менее  $\frac{2}{3}T_{пл}^*$  происходила конденсация пара в жидкость (п→ж) [8]. При быстром охлаждении жидкость могла остаться в переохлажденном аморфном состоянии или закристаллизоваться (ж→к). Конденсация металла по механизму десублимации п→к или п→ж связана с условиями охлаждения. В зависимости от температуры и упругости паров могут реализоваться оба механизма (эффект гетерогенной конденсации).

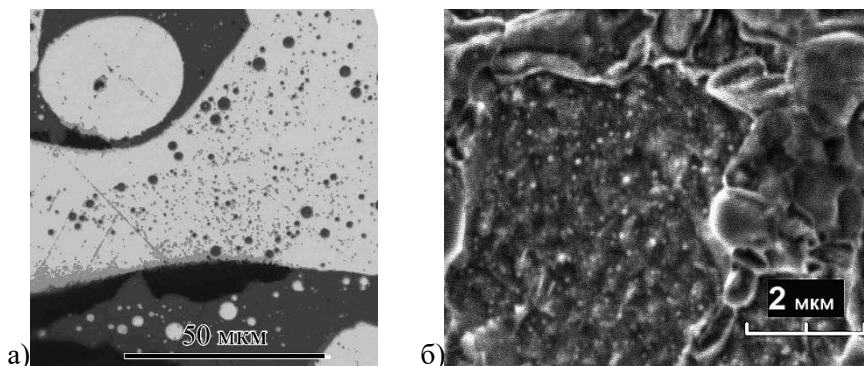


Рисунок 2 – Частицы шаровидной формы размером от десятых долей до десятков микрометров на экранах микроскопов: а) – светового; б) – электронного растрового

Следы образования капель в виде светящихся треков из разлетающихся частиц наблюдались авторами в актах СЛП обработки всех применявшихся порошков (рис.3). При веерообразном разлете затвердевшие частицы попадали на разные участки порошкового слоя. В местах, где частицы подвергались лазерному нагреву, они расплавлялись. Там, где луч лазера уже не оказывал термического воздействия, частицы сохранялись в состоянии кристаллизации разной степени завершенности. Можно полагать, что сохранившиеся частицы малых размеров исполнили роли механизмов, как упрочнения выделениями, так и активации процессов эпитаксии в микрообъемах сплавления с новым нанесенным слоем порошка.

---

\* $T_{пл}$  – температура плавления металла.

Помимо химического состава порошка, температуры в зоне лазерного факела и условий охлаждения объема реакции толщина слоя порошка оказывает существенное влияние на кинетику фазовых превращений и характер перехода из аморфного состояния в кристаллическое. Широкий набор состояний - от неравновесных до близких к равновесию – обуславливает и широкий диапазон свойств получаемых материалов, а также условий ориентированного наращивания (эпитаксии) порошковых слоев.

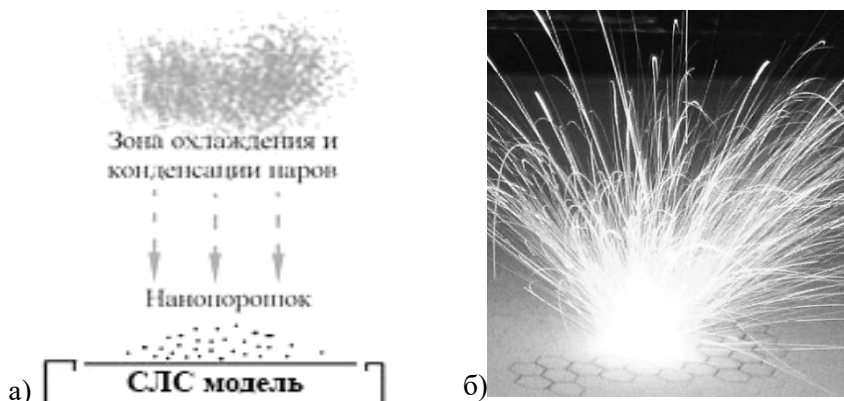


Рисунок 3 – Схема оседания конденсированных частиц на платформу установки – а) и треки из разлетающихся частиц от места плавления порошка – б)

При рассмотрении изображений структур зафиксировано, что наименьший размер частиц, образовавшихся в реакциях  $p \rightarrow k$  или  $p \rightarrow j$ , определен в  $0,15 \pm 0,05$  мкм. Аналогичные по размерам выделения правильной геометрической формы выявлены на изображениях СЛП структур сталей разного химического состава, наблюдались методами РЭМ и ПЭМ [9]. Следовательно, *рассматриваемый технологический эффект является общим явлением СЛП процесса и подлежит отдельному анализу.*

В физической термофлуктуационной теории прочности принято, что акты разрушения с образованием зародышевых микротрещин величиной  $0,15 \pm 0,05$  мкм обусловлены процессом сублимации вследствие необратимых разрывов межатомных связей. Наблюдаемый и противоположно направленный процесс консолидации пара в

шарообразные частицы размерами  $0,15 \pm 0,05$  мкм мы интерпретируем как результат образования физических объектов путем упорядочения межатомных связей с учетом координационного окружения атомов.

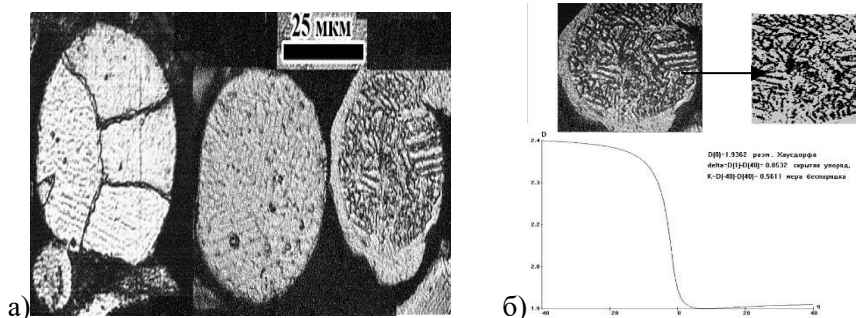


Рисунок 4 – Зерна близкого размера с разной структурой, выявленные на шлифе нержавеющей стали – а) и пример экрана ПК ЭВМ с результатами мультифрактальной обработки изображений зерна – б)

Для железа с межатомным расстоянием  $\sim 0,3$  нм в образовании шаровидных частиц минимального размера могут принять участие  $\sim 10^7$  атомов, что с позиций топологии достаточно для реализации такой реакции.

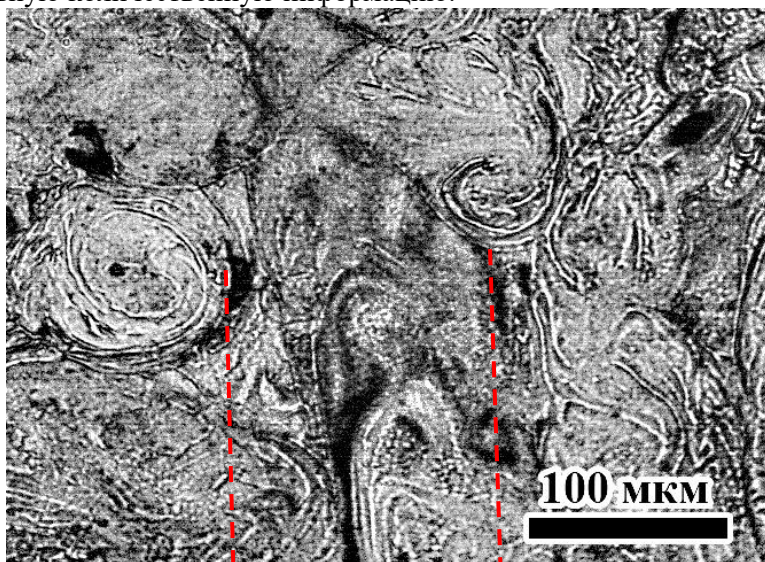
В условиях быстрого охлаждения и сжатия облака пара эффективность предполагаемого сценария определится флуктуациями плотности пара с доминирующими вкладами периодической составляющей в потенциале взаимодействия. Поскольку завершающий этап организации межатомных связей сопровождается уменьшением объема, то наблюдаемое явление можно рассматривать как фазовый переход первого рода.

Реализуемые в неравновесных термодинамических условиях жидко-твердого взаимодействия, шарообразные частицы конденсированного состояния являются основой для образования новых объектов – зерен и кристаллов.

При кристаллизации их морфология и направление роста, устойчивость кристаллической решетки, возможность релаксации сдвигами, упорядоченность определяются флуктуациями температуры и химического состава в зоне плавления, возможной конвекцией, примесями и другими факторами.



И хотя строгие доказательства связей внутреннего строения материалов с мультифрактальными параметрами отображений структур не установлены, обработка полутоновых изображений зерен методом статистически-геометрической аппроксимации дает дополнительную количественную информацию.



$D(0)=1.9739$  разм. Хаусдорфа  
 $\text{delta}=D(1)-D(40)= 0.0372$  скрытая упоряд.  
 $K=D\{-40\}-D(40)= 0.5542$  мера беспорядка



$D(0)=1.9730$  разм. Хаусдорфа  
 $\text{delta}=D(1)-D(40)= 0.0283$  скрытая упоряд.  
 $K=D\{-40\}-D(40)= 0.5354$  мера беспорядка

Рисунок 5 – Пример мультифрактальной аттестации структуры СЛП стали

В качестве примера мультифрактальной параметризации структур выбраны изображения зерен близкого размера, выявленные химическим травлением на шлифах нержавеющей стали (рис.4, 5). Изображения зерен обработаны по одинаковому алгоритму.

Результаты мультифрактальной параметризации изображений структур СЛП сталей показали (рис.6), что, несмотря на малые времена воздействия лазерного луча, в объемах твердого состояния металла доминирует упорядоченное периодическое строение, свойственное кристаллизации. Однако разбросы значений  $D_0$ ,  $\delta$  и  $K$  говорят о том, что зерна и кристаллы формируются в неодинаковых условиях и характеризуются разной морфологией структур. Например, в зернах можно обнаружить признаки разупорядоченного или аморфного состояния, поры ( $D_0$  и  $\delta$  малы), тенденцию к упорядочению (рост  $\delta$ ) с одновременным нарастанием периодичности (уменьшение разброса  $K$ ) и снижением пористости (рост  $D_0$ ).

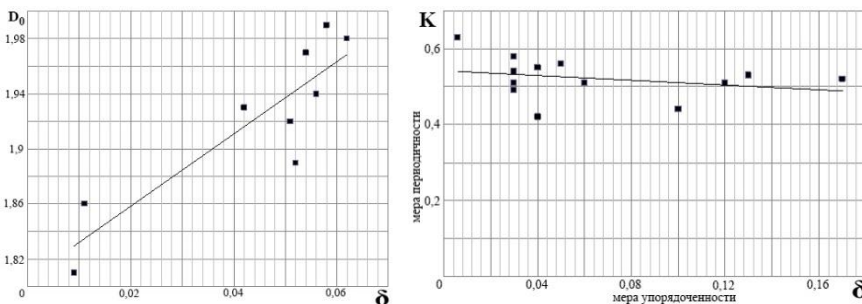


Рисунок 6 – Результаты мультифрактальной аттестации изображений зерен на рисунке 4

Несмотря на то, что данные мультифрактальной параметризации бинарных отображений отождествлять с реальными структурами некорректно, авторы сочли целесообразным использовать результаты мультифрактальной аттестации изображений структур, полагая, что полученные данные предоставляют дополнительную информацию о строении наблюдаемых объектов.

## ВЫВОДЫ

1. При получении материалов методом селективного лазерного плавления зародыши новой структуры или фазы образуются уже над местом плавления в парообразной среде путем межатомного

взаимодействия в актах десублимации или кристаллизации паровой среды в твердое состояние.

2. Минимальный размер частиц конденсированного состояния как зародышей нового структурного состояния (фаз) определен в  $0,15 \pm 0,05$  мкм.

3. В условиях жидко-твердого взаимодействия частицы конденсированного состояния являются основой для образования новых объектов – зерен и кристаллов, морфология которых определяется флуктуациями температуры и химического состава в зоне плавления, возможной конвекцией в расплаве, примесями и другими факторами.

4. Особенность строения СЛП материалов в виде сочетания ультрадисперсных частиц конденсированного состояния и иглообразных (полосчатых) кристаллитов является фактором упрочнения.

#### Список литературы:

1. Скороход В.В. Наука о спекании: Эволюция идей, достижения, текущие проблемы и новые тенденции. 2. Проблема активного спекания // Порошковая металлургия, 2016.- №1/2.- С.26-39.

2. Kenneth Vartanian, Tom Mc Donald. Accelerating Industrial Adoption of Metal Additive Manufacturing Technology // JOM, 2016, v.68, №3, С.806-810.

3. Перевертов В.П., Андрончев, И.К., Абулкасимов М.М. Технологии обработки материалов концентрированным потоком энергии // Надежность и качество сложных систем, 2015.- №3 (11).- С.69-79.

4. Барахтин Б.К., Чашников В.Ф. Программа ЭВМ для мультифрактального анализа изображений структур металлов и сплавов // Вопросы материаловедения, 2001, N4(28).- С.5-8.

5. Божокин С.В., Паршин Д.А. Фракталы и мультифракталы. Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001. – 128с.

6. Исупова И.Л., Трусов П.В. Обзор математических моделей для описания фазовых превращений в сталях / Вестник ПНИПУ, Механика, 2013. – №3.- С.6-16.

7. Аганаев Ю.П., Гурьев А.М., Лыгденов Б.Д., Бутуханов В.А. Влияние энергетической неоднородности поверхности раздела фаз на формирование структуры металлов и сплавов при периодической кристаллизации / Ползуновский альманах, 2014.- №2.- С.25-29.

8. Колосов А.Ю., Сдобняков Н.Ю., Комаров П.В. и др. Изучение термодинамических и структурных характеристик в процессе

коалесценции наночастиц металлов различной формы / Материалы 4-го Международного междисциплинарного симпозиума «Физика наноразмерных систем», Ростов н/Д (сент. 2014).-Ростов н/Д: Изд-воМАРТ, 2014.- С.104-109.

9. Durand-Charre M. Microstructure of steels and cast irons / M. Durand-Charre // Engineering Materials and Processes.- Berlin: Springer-VerlagBerlinHeidelberg, 2004.— 406 p.

*Бусько Наталья Андреевна  
студент,  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
морской технический университет»,  
г. Санкт-Петербург  
e-mail: ololol96@mail.ru*

*Нифонтов Юрий Аркадьевич,  
научный руководитель,  
зав. кафедрой ЭПЗиА, д.т.н., профессор  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
морской технический университет»,  
г. Санкт-Петербург  
e-mail: nifontov@yandex.ru*

### **Перспективы использования подводных турбин для генерации энергии**

**Аннотация:** Подводные турбины – перспективное для развития направление, позволяющее использовать силу океанических течений. В статье рассмотрен потенциал подводных турбин, которые используют постоянный и предсказуемый источник энергии.

**Ключевые слова:** приливная турбина, морская турбина, возобновляемые источники энергии.

*Busko Natalya Andreevna  
Student  
Saint-Petersburg State Marine Technical University,  
Saint-Petersburg  
e-mail: ololol96@mail.ru*

*Nifontov Yuriy Arkadyevich  
scientific advisor  
head of Ecology of Industrial Zones and Areas Department,  
doctor of technical science, professor  
Saint-Petersburg State Marine Technical University,  
Saint-Petersburg  
e-mail: nifontov@yandex.ru*

## Prospects of using underwater turbines for energy generating

**Abstract.** *Underwater turbines are a promising area for development, allowing the use of the power of ocean currents. The article discusses the potential of underwater turbines that use a constant and predictable energy source.*

**Key words:** *tidal turbine, offshore turbine, renewable energy.*

Приливные турбины лучше всего описывать как подводные ветряные мельницы, но с более короткими лопастями, вращающимися с меньшей скоростью. Предназначенные для глубин от 35 до 100 метров, приливные турбины размещаются на морском дне и удерживаются на месте под действием силы тяжести, штифтов или свай (в зависимости от характеристик морского дна и приливного потока). Это устраняет любые визуальное или слышимое воздействие над поверхностью, и, кроме того, нормальный транспортный трафик не будет зависеть от присутствия приливных массивов. Вся конструкция спроектирована так, чтобы иметь небольшую площадь, в то время как гондола оптимизирована для минимизации механических колебаний, вызванных потоками воды [1].

Несмотря на очевидное сходство подводных турбин с ветрогенераторами, потенциал для выработки электроэнергии приливной турбиной может быть выше, чем у ветроэнергетической турбины.

Более высокая плотность воды относительно воздуха (вода примерно в 800 раз превышает плотность воздуха) означает, что один генератор может выработать значительную мощность при низких скоростях приливного течения по сравнению с аналогичной скоростью ветра. Поэтому для той же самой области вращения ротора вода, движущаяся со скоростью 2,5 м/с (5 узлов), оказывает примерно такое же усилие, как и постоянный ветер 97 м/с [2].

Принцип действия приливных турбин почти такие же, как и у ветрогенератора, за исключением того, что лопасти вращаются не за счет передвижения воздушных масс, а за счет перемещения воды океанических течений и во время приливов и отливов.

Энергия (кинетическая или потенциальная) прилива преобразуется в электричество в гондоле (модуль производства) [3].

Привлекательность подводных турбин заключается в том, что турбины используют постоянный и предсказуемый источник энергии.

Помимо этого, морские турбины имеют большое преимущество в использовании источника энергии, который не зависит от погоды.

Другие возобновляемые источники энергии, такие как ветер, волна, солнечная энергия и даже гидроэлектроэнергия, в значительной степени зависят от сезонных и климатических особенностей.

#### Список литературы:

1. [Электронный ресурс]

URL:<http://www.andritzhydrohammerfest.co.uk/tidal-turbines/>

Дата обращения: 10.10.19

2. [Электронный ресурс]

URL:<https://www.andritz.com/products-en/group/products/tidal-current-turbines>

Дата обращения: 11.10.19

3. [Электронный ресурс]

URL: <https://ainaval.wordpress.com/2012/02/07/la-energia-de-las-mareas-turbinas-submarinas-de-1-mwe/>

Дата обращения: 11.10.19

*Волкова Анастасия Анатольевна  
инженер-конструктор 2 категории  
АО «СНСЗ»,*

*e-mail: volkovaaa@snsz.ru*

*Петренко Евгений Петрович  
студент*

*ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
морской технический университет»,  
г. Санкт-Петербург*

*АО «СНСЗ», инженер-конструктор  
e-mail: evgenij.petrenko.97@mail.ru*

### **Изделия из современных композиционных материалов при межзаводской и межрегиональной кооперации**

**Аннотация.** В представленной работе рассматривается методика межзаводской и межрегиональной кооперации при производстве изделий из современных композитных материалов. Задачи работы: выяснить, что из себя представляет композитные материалы и изделия из них, рассмотреть существующие виды межзаводской и межрегиональной кооперации, провести анализ достоинств и недостатков на основе опыта, приобретенного в этой сфере СНСЗ.

**Ключевые слова:** трехслойный полимерный композиционный материал, панель среднего слоя, гофрированный стеклопластиковый элемент, кооперация, надстройка корвет, декомпозиция.

*Volkova Anastasia Anatolyevna  
АО "SNSZ", Design Engineer 2 categories*

*e-mail: volkovaaa@snsz.ru*

*Petrenko Evgeny Petrovich  
Student*

*Saint-Petersburg State Marine Technical University,  
Saint-Petersburg*

*АО "SNSZ", design engineer  
e-mail: evgenij.petrenko.97@mail.ru*



## **Products from modern composite materials in inter-factory and inter-regional cooperation.**

**Abstract.** *The presented work presents the methods of inter-factory and inter-regional cooperation in the manufacture of products from modern composite materials. Tasks of the work: to find out what composite materials and products from them are, to consider various types of inter-factory and inter-regional cooperation, to analyze values and shortcomings based on experience gained in this area of secondary health facilities.*

**Key words:** *three-layer polymer composite material, middle layer panel, corrugated fiberglass element, cooperation, corvette superstructure, decomposition.*

Несмотря на более чем 100-летнюю историю Средне-Невский судостроительный завод является современной высокотехнологичной верфью, одной из немногих в Российской Федерации, проходящих масштабную реконструкцию (Слайд №1). С 2007 года «СНСЗ» входит в Объединенную Судостроительную корпорацию. Это одно из уникальных предприятий страны, работающее на стыке двух сложных наукоемких отраслей промышленности: судостроительной и химической. С 1962 г, на два года раньше Великобритании, ведёт строительство тральщиков из стеклопластика. Начиная с проекта 1252 шифр «Изумруд» (Слайд №2) по не имеющему аналогов в мире проекту 12700 шифр «Александрит» (Слайд № 3). С марта 2015 года завод входит в Композитный Кластер Санкт-Петербурга, являясь безусловным центром компетенции в области композитных материалов и изделий из них.

Одними из таких изделий, на сегодняшний день самыми габаритными, являются надстройки из трёхслойного полимерного композиционного материала (далее – ТС ПКМ) для корветов проектов 20380, 20385 и 20386 (Слайд №4) которые завод изготавливает с 2003 года для ПАО Судостроительный завод «Северная верфь» и ПАО «Амурский судостроительный завод»

ТС ПКМ состоит из несущих и среднего слоев. Несущие слои изготавливаются из винилэфирного, либо полиэфирного стеклопластика. Средний слой изготавливают из стеклопластиковых гофрированных панелей (далее – панелей среднего слоя, ПСС). (Слайд №5). ПСС представляет собой изделие стандартного габарита, которое

состоит из гофрированного стеклопластикового элемента трапецевидной формы. Каждый гофр заполнен жестким закрытоячеистым поливинилхлоридным пенопластом разной плотности. Гофрированные панели изготавливаются методом RTM в составе ПСС по ТУ, разработанным и запатентованным Средне-Невским судостроительным заводом. Каждая ПСС имеет свой идентификационный номер, позволяющий определить её индивидуальное место в корабельной конструкции каждого конкретного проекта.

Особый интерес представляет кооперация с ПАО «АСЗ», находящимся, в отличие от Петербургской «Северной верфи», за 9 200 км в Комсомольске-на-Амуре.

Первым важным опытом стала надстройка для корвета «Совершенный» заводской № 2101, вошедшего в 2017 году в состав Тихоокеанского флота. При создании данной надстройки использовался традиционный для судостроительной отрасли принцип декомпозиции больших разнокомпонентных технических систем:

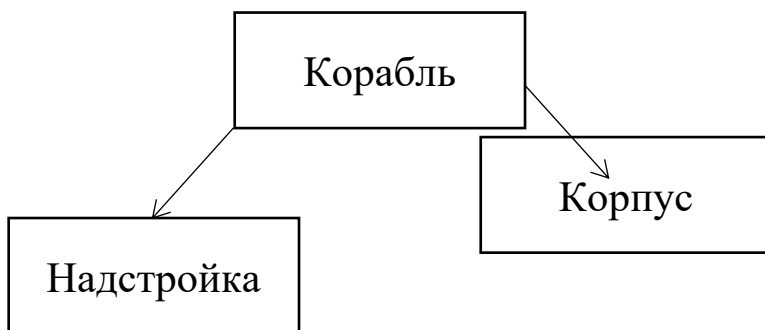


Рисунок 1 – Схема декомпозиции системы корабль.

При декомпозиции СНСЗ полностью изготавливает материал: ПСС, секции ТСПКМ и осуществляет объемную сборку блоков надстройки, после чего отправляет её Заказчику – заводу-изготовителю корпуса. Этот подход был многократно опробован при работе с ПАО СЗ «Северная верфь» над кораблями проекта 20380 и сейчас применяется для проектов 20385 и 20386. Однако доставка столь крупногабаритного объемного изделия по территории России возможна либо Северным морским путём, либо Южным. Часть маршрута проходит по внутренним водным путям – рекам Неве и Амуру.

При поставке изделий таким способом основную систему ограничений формируют гидрографические и климатические особенности

регионов. От них напрямую зависит навигация по внутренним водным путям: ледовая обстановка, сезонный уровень воды, характеристики течений и ветра. Это накладывает дополнительные риски на невыполнение Генерального графика строительства заказа и на превышение стоимости проекта. (При непоставке надстройки к дате критической точки технологический срок изготовления корабля смещается на год).

Северный морской путь составит конкуренцию южному: расстояние от Санкт-Петербурга до Владивостока — 14 тыс. км, через Суэцкий канал — более 23 тыс. км



Рисунок 2 – Морские транспортные пути.

Таблица 1 – Сравнение тарифов перевозок в ценах 2017 г.

| Маршрут               | Время навигации | Длительность перевозки, дни | Риск от простоя в порту (6 мес), руб | Стоимость, руб с НДС 18% |
|-----------------------|-----------------|-----------------------------|--------------------------------------|--------------------------|
| Северный морской путь | июль-сентябрь   | 30-40                       | 1 302 000                            | 44 080 000               |
| Южный морской путь    | нет             | 60-80                       | 1 302 000                            | 52 322 090               |
| РЖД                   | нет             | 10-14                       | нет                                  | 823 347                  |

Надстройку 2101 везли Южным морским путём (слайд № 6). Все расчёты и операции транспортных компаний, а также графики строительства, были выполнены в точности и в конце августа 2011 года изделие было доставлено во Владивосток. Однако, из-за погодных условий, оно достигло Амурского завода только в июле 2012г.

Приняв во внимание опыт зав. 2101, и для расширения кооперационного взаимодействия обществ Группы ОСК, совместно с ПАО «АСЗ», было принято решение перейти на более детальный уровень декомпозиции корабельных конструкций. Это позволило устранить риски от периода и способа доставки, а также передать большую часть трудоёмкости по изготовлению крупногабаритных секций и объёмной сборке блоков надстройки с загруженных заказами АО «СНСЗ», на территорию ПАО «АСЗ», чей портфель заказов пока ещё формировался. Тем самым АО «СНСЗ» смог высвободить производственные мощности под новые проекты.

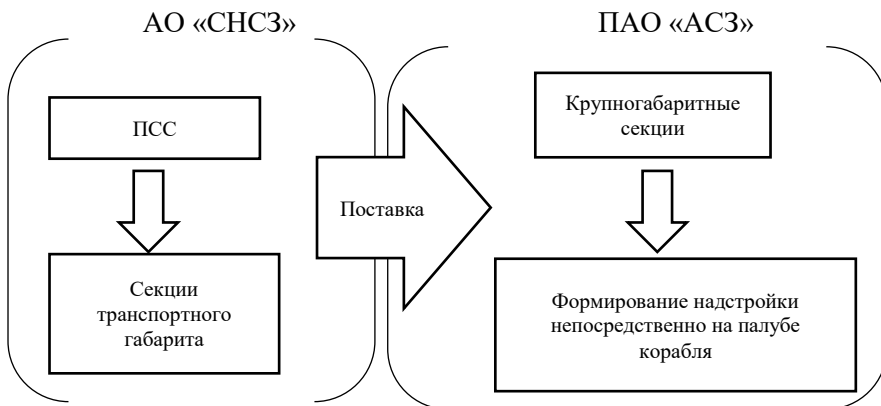


Рисунок 3 – Схема декомпозиции надстройки из ТС ПКМ

После выхода Постановления Правительства Российской Федерации №790 от 11 августа 2014г об утверждении федеральной целевой программы "Социально-экономическое развитие Республики Крым и г. Севастополя до 2020 года" Средне-Невский судостроительный завод внёс свой вклад в устранение диспропорции в региональном развитии, а также формировании условий для обеспечения устойчивого экономического роста Крымского федерального округа. В Феодосии на базе местных судостроительных предприятий АО «СНСЗ» организовало филиал, перенесло туда линию по производству ПСС.



Рисунок 4 – Железнодорожные транспортные пути

В Санкт-Петербурге с трёхмерной математической модели создаётся карта раскроя каждого композитного изделия. В течении нескольких минут она направляется на производство в Феодосию и возвращается в Петербург на сборочный стенд уже оконтурованной панелью среднего слоя. Со стенда сходит готовая корабельная конструкция ТС ПКМ, маркируется, предъявляется ОТК обоих заводов и военному представительству, грузится в сорокафутовый стандартный контейнер, раскрепляется и отправляется на Дальний Восток. Важно отметить, что все процедуры по предъявлению и приему-передаче изделия проходили на территории АО «СНСЗ» до погрузки в контейнер – это позволило Заказчику в Комсомольске-на-Амуре, получив детали, сразу начать монтаж на корабле. Надстройки на три серийных корвета зав. 2102 «Громкий» (с 2018г в составе ТОФ), зав. 2103 «Герой Российской Федерации Алдар Цыденжапов» (спущен на воду 12.09.2019), зав. 2104 «Резкий» (заложен в 2016г) поставлены на Дальний Восток именно по последней схеме.

Приведённый пример является одним из нескольких реализованных АО «СНСЗ». Но он является самым показательным, наглядно доказывающим что конструкции из композитных материалов не являются «узким местом» кооперации при строительстве судов и, хоть и требуют особых условий при производстве, достаточно универсальны при монтаже и строительстве.

## Список литературы:

1. Гинзбург А.З., Гурков И.М., Пеккер Д.Э. Средства транспортировки судов. Каталог. Серия: Информация для потребителей транспортных услуг. Выпуск 6. СПб., Информационный центр «ВЫБОР», 2000. – 284 с.
2. Комаров Г.В. Соединение деталей из полимерных материалов: Учеб. Пособие. – СПб.: Профессия, 2006. – 592 с., ил.
3. Гайкович А.И. Теория проектирования водоизмещающих кораблей и судов. В 2 т. Т. 1. Описание системы «Корабль». – СПб.: Изд-во НИЦ МОРИНТЕХ, 2014. – 819 с., 660 рис., 154 табл., 766 формул, 688 ссылок.
4. Гайкович А.И. Теория проектирования водоизмещающих кораблей и судов. В 2 т. Т.2. Анализ и синтез системы «Корабль» . – СПб.: Изд-во НИЦ МОРИНТЕХ, 2014. – 872 с., 343 рис., 150 табл., 1064 формулы, 503 ссылки.
5. Материалы для судостроения и морской техники: Справ.: В 2 т. Т. 1 / И.С. Аксаков, А.В. Анисимов, В.С. Антипов и др.; Под ред. И.В. Горынина. – СПб.: НПО «Профессионал», 2009. – 776 с.: ил.
6. Виноградов В.М. Комаров Г.В. К вопросу о классификации в области технологии изготовления деталей и сборки изделий из полимерных материалов // Пласт. массы. – 2003. - №4. – с.33 – 38.
7. Schaaf W., Hahnemann A. Verarbeitung von Plasten. – Leipzig: VEB Deutscher Verlag fur Grundstoffindustrie, 1968. – S.321.
8. Rosato D.V. Handbook of Fiberglass and Advanced Plastic Composites / Ed. G. Lubin. – N. Y.: Van Nostrand Reinhold, 1969. – P.1 – 19.
9. Боголюбов В.С., Сироткин О.С., Рынкевич С. Ю., Комаров Г. В. ЈЕС – 2003. Париж (Заметки с выставки) // СИБ «Полимерные материалы». – 2003. – №12. – С. 16, 18, 20.
10. Македон Ю.А. Организация проектирования в судостроении. – Л.: Судостроение, 1980. – 280 с.

Володин Виктор Александрович  
студент группы 1186,  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
морской технический университет»,  
г. Санкт-Петербург  
e-mail: [vik25vol@bk.ru](mailto:vik25vol@bk.ru)

### **Моделирование контактного натяжения полиэтиленовой оболочки стальными шпангоутами**

**Аннотация.** В представленной работе идет речь о маломерном судостроении из полимерных материалов. Рассмотрена возможность совмещения полиэтиленовой обшивки и металлического набора. В работе представлены и проанализированы результаты расчетов комбинированной конструкции маломерного судна, полученные в программе конечно-элементного моделирования ANSYS

**Ключевые слова:** полиэтилен; гиперупругий материал; потенциал Муни-Ривлина; комбинированная конструкция; маломерное судно.

Volodin Viktor Aleksandrovich  
student group 1186  
Saint-Petersburg State Marine Technical University,  
Saint-Petersburg  
e-mail: [vik25vol@bk.ru](mailto:vik25vol@bk.ru)

### **Modeling the contact tension of a polyethylene shell with steel frames**

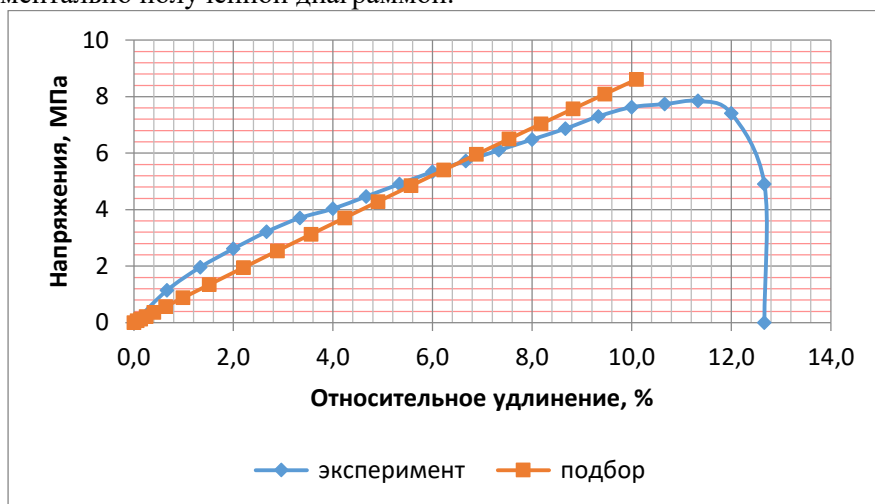
**Abstract.** The presented work deals with small-sized shipbuilding from polymer materials. The possibility of combining polyethylene sheathing and a metal set is considered. The paper presents and analyzes the results of calculations of the combined design of a small vessel obtained in the ANSYS finite element modeling program

**Key words:** polyethylene; hyperelastic material; Muni-Rivlin potential; combined design; small vessel.

Применять полиэтилен в качестве материала для изготовления катеров выгодно по ряду причин:

- Материал имеет способность полностью сопротивляться коррозии в воде. Это позволяет отказаться от оценки коррозионного износа при дефектации в период ремонта.

- Материал экологичен. Для производства вторичного полиэтилена в качестве сырья используют мусор.
  - Существует возможность повторного использования материала.
- Недостатком полиэтилена является небольшой диапазон температурной стабильности,
- Для описания гиперупругих свойств полиэтилена воспользуемся трехпараметрической моделью Муни-Ривлина.
- Для подбора материала, в ANSYS была написана программа, суть которой в том, чтобы смоделировать растяжение цилиндрического образца диаметром 10 мм и высотой 150 мм. Варьируя значениями констант Муни-Ривлина, необходимо получить зависимость напряжений от деформации, которая будет согласоваться с экспериментально полученной диаграммой.



Решенные задачи:

- О вставке металлического шпангоута в полиэтиленовый замок, в плоской постановке для оценки потребного усилия вставки и извлечения шпангоута.
- О вставке металлического шпангоута в полиэтиленовый замок, в плоской постановке для оценки соотношения продольных усилий растяжения наружной обшивки и вертикального усилия вставки профиля в замок.
- О преднатяжении полиэтиленового корпуса металлическим поперечным набором.



- О вставке металлического шпангоута в полиэтиленовый замок в пространственной постановке.
- Плоская задача об изгибе замка.
- Об изгибе корпуса катера под действием системы самоуравновешенных нагрузок.

По результатам плоских задач можно сказать, что:

- для вставки профиля в замок длиной 1 метр необходимо приложить усилие в 1,6 тонны;
- для извлечения замка необходимо приложить усилие в 2,37 тонны на 1 метр замка;
- после извлечения профиля замок полностью разгружается;
- для раскрытия замка с высотой рабочей части 20 мм, необходимо приложить момент равный  $8900 \text{ Н*м}$  ( $2225 \text{ Н*м}$  для замка длиной 250 мм).

*Вывод:* Соединения такого типа является надежным, так как усилие извлечения профиля из замка оказалось больше усилия вставки на 30%. Судя по величине момента вероятность раскрытия мала.

В пространственной постановке:

- для вставки требуется усилие 0,42;
- для извлечения требуется усилие 0.57 тонны на 250 мм.

*Вывод:* Результаты плоской и пространственной постановок отличаются менее чем на 5%.

Было получено преднапряженное состояние корпуса. Натяжение обшивки оказалось на порядок меньше чем напряженность в зоне замка, очевидно, что при увеличении ширины шпангоута напряжения в замке вырастут незначительно, а напряжения в обшивке будут возрастать.

*Вывод:* Допустима регулировка натяжения обшивки без существенного изменения напряжений в замках. Конструктивно можно выполнить шпангоут в виде раздвижной конструкции.

Было получено НДС корпуса катера при изгибе моментом  $1500 \text{ Н*м}$ , в обшивке возникли напряжения  $1,3 \text{ МПа}$ . Максимальные перемещения составили 350 мм (в корме). В замках средней части корпуса максимальные напряжения составили  $1,5 \text{ МПа}$ . Продольные перемещения рабочей части замка при изгибе, составили 1,2 мм.

*Вывод:* В полиэтиленовом корпусе при изгибе не возникло напряжений превышающих предел прочности, следовательно, корпус толщиной 6 мм не разрушился в процессе изгиба. Замки по сравнению с обшивкой являются более жесткими, об этом говорит разница

перемещений. Даже без продольного набора, который будет препятствовать изгибу, соединение выдерживает воздействие внушительного изгибающего момента.

Список литературы:

1. Постнов В.А., Хархурим И.Я. Метод конечных элементов в расчетах судовых конструкций Ленинград Судостроение 1974г.
2. Шмурак М.И., Кучумов А.Г., Воронова Н.О. Анализ гиперупругих моделей для описания поведения мягких тканей организма человека. Пермь. Пермский национальный исследовательский политехнический университет. 2017г.
3. Б.Т. Поляк Б.Т. Метод Ньютона и его роль в оптимизации и вычислительной математике. Москва. ИСА РАН 2006г.
4. Коршунов, А.А. Родионов. Введение в метод конечных элементов. Санкт-Петербург. СПбГМТУ. 2016г.
5. Родионов А.А. Строительная механика корабля. Санкт-Петербург. СПбГМТУ. 2013 г.

*Волостных Вадим Викторович,  
д-р экон. наук, профессор,  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
морской технический университет»,  
г. Санкт-Петербург,  
vadim.volostnykh@mail.ru  
Павленко Ксения Ивановна,  
аспирант,  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
морской технический университет»,  
г. Санкт-Петербург,  
kseniya.smtu@yandex.ru*

### **Концепция развития яхтинга в Санкт-Петербурге**

***Аннотация.** В статье рассматривается проект, который является основанием для принятия городской концепции развития яхтинга в Санкт-Петербурге.*

***Ключевые слова:** концепция, яхтинг, законодательство, Санкт-Петербург, туризм, спорт*

*Vadim V. Volostnykh,  
Doctor of Economics, Professor  
Saint Petersburg State Marine Technical University,  
Saint-Petersburg  
vadim.volostnykh@mail.ru  
Kseniya I. Pavlenko, postgraduate  
Saint Petersburg State Marine Technical University,  
Saint-Petersburg  
kseniya.smtu@yandex.ru*

### **The Concept of yachting's development in St. Petersburg**

***Abstract.** The article discusses the project, which is the basis of the urban concept of yachting's development in Saint Petersburg.*

***Key words:** concept, yachting, legislation, St. Petersburg, tourism, sport*

Данная Концепция представляет собой систему взглядов на развитие яхтинга как составной части социально-экономического развития Российской Федерации применительно к условиям Санкт-Петербурга как морской столицы и центра наиболее современного яхтинга.

На основании выработанных концептуальных подходов и выбора основных направлений деятельности на начальном (стартовом этапе реализации настоящей Концепции) рекомендуются следующие практические действия:

1. Разработка проекта основополагающего федерального закона «О яхтинге»;

2. Подготовка распоряжения губернатора СПб об уполномоченном органе управления яхтингом и проекта Положения об этом органе;

3. Доработать техническое задание по разработке Программы развития яхтинга и яхтенного туризма в СПб и Ленинградской области. Решить организационные вопросы реализации программы;

4. Провести аттестацию и учет яхтенных гаваней СПб по критериям вместимости, доступность для лодок разных классов, безопасность, комфорт, технический сервис, организационно-правовая форма, права на земле-и водопользование, социальная активность;

5. На основе объективной и достоверной оценки стартовых условий развития, откорректировать и углубить отраслевую схему, наладить мониторинг состояния и актуализировать на уровне Правительства СПб с периодичностью 5 лет;

6. Внести в градостроительные документы СПб изменения, гарантирующие соблюдение интересов яхтинга;

7. Выявление и систематизация угроз существованию и функционированию объектов инфраструктуры яхтинга и флота. Мониторинг угроз, опережающая подготовка мер по предотвращению нежелательных случаев;

8. Разработка экономической модели привлечения средств населения СПб к финансированию яхтинга;

9. Корректировка налогового и таможенного законодательства в части, касающейся не только лодок и гаваней, но и производств лодок и оборудования для них;

10. Приведение всех ведомств Правительства СПб и общественных организаций участников яхтинга к восприятию данной Концепции.

Список литературы:

1. Распоряжение Правительства РФ от 17.11.2008 N 1662-р (ред. от 28.09.2018) «О Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года» (вместе с "Концепцией долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года") // СЗ РФ. 24.11.2008. N 47. Ст. 5489.
2. Распоряжение Правительства РФ от 30.08.2019 N 1930-р «О Стратегии развития морской деятельности Российской Федерации до 2030 года» // СЗ РФ. 02.09.2019. N 35. Ст. 5013.

*Воршевский Петр Александрович  
старший преподаватель,  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
морской технический университет»,  
г. Санкт-Петербург  
e-mail: emc@corp.smtu.ru*

### **Обеспечение электромагнитной совместимости силового судового электрооборудования**

***Аннотация:** Рассматриваются основные вопросы обеспечения электромагнитной совместимости на судне. Предложены методы моделирования создаваемых радиопомех.*

***Ключевые слова:** электромагнитная совместимость, система электродвижения, полупроводниковые преобразователи, помехоподавление*

*Vorshevskii Petr Aleksandrovich  
senior lecturer  
Saint-Petersburg State Marine Technical University,  
Saint-Petersburg  
e-mail: emc@corp.smtu.ru*

### **Electromagnetic compatibility of power marine electrical equipment**

***Abstract.** The main issues of electromagnetic compatibility on the ship are considered. The methods of modeling the generated radio interference are proposed.*

***Key words:** electromagnetic compatibility, electric propulsion system, semiconductor converters, noise reduction.*

В настоящее время проблема электромагнитной совместимости на современном судне стоит очень остро. Несколько последних десятилетий происходит активное внедрение систем электродвижения для судов различных классов. Например: Многофункциональное аварийно-спасательное судно «Балтика» проекта Р-70202, Дизель-электрический ледокол проекта 21180 «ИЛЬЯ МУРОМЕЦ», суда проекта Aker ACS 650 (верфь Nordic Yards Wismar, Висмар, Германия), тип Норильский никель, ледокольные суда обеспечения добывающих платформ проекта Aker ARC 121 (верфь Arctech Helsinki Shipyard,

Хельсинки, Финляндия). Использование систем электродвижения приводит к появлению как кондуктивных электромагнитных помех в цепях питания, так и помех радиоизлучения. Кроме систем электродвижения, источниками электромагнитных помех являются полупроводниковые преобразователи в различных судовых системах (вентиляции, систем автоматизации и т.д.).

Навигационное и радиоприемное оборудование, системы автоматизации с различными датчиками, системы управления могут быть подвержены негативному влиянию электромагнитных помех. Так наблюдались самопроизвольное отклонение курса автопилота, изменения показаний измерителя скорости ветра, искажения изображения систем видеонаблюдения. Работа подруливающего устройства оказывало влияние на громкоговорящей связи.

Правила технического наблюдения за постройкой судов и изготовлением материалов и изделий для судов [1] устанавливают требования по помехоустойчивости и помехоэмиссии. Данные требования не гарантируют обеспечение электромагнитной совместимости на судне.

Снижение уровня создаваемых помех, является важным направлением обеспечения электромагнитной совместимости. Выделяются основные приоритеты при выполнении работ по помехоподавлению:

- полное исключение генерации помех в источнике;
- снижение уровня помех внутренними средствами;
- применение внешних средств подавления помех.

Исключение генерации помех является наилучшим решением проблемы с помехами, но может быть экономически неоправданным или невозможным, т.к. такое решение возможно лишь при изменении принципа действия преобразователя.

Для борьбы с создаваемыми импульсными источниками помехами требуется использовать все имеющиеся средства подавления помех: использование входных и выходных помехоподавляющих фильтров, корректоров мощности, активных фильтров, уменьшение длины проводников с высокочастотными токами, экранировка [2].

Для уменьшения радиопомех возможно изменять по определенному закону частоту ШИМ преобразователя, что позволяет снизить уровень помех более чем на 10 дБ [3].

Значительная экономия времени и материальных средств может быть достигнута путем применения моделирования полупроводниковых преобразователей. При моделировании можно оценить уровень создаваемых помех в зависимости от частоты преобразования, вида управления и других параметров [4].

#### Список литературы:

1. Правила технического наблюдения за постройкой судов и изготовлением материалов и изделий для судов (Часть IV «Техническое наблюдение за изготовлением изделий» НД № 2-020101-118) Российского морского регистра судоходства, 2019 г.- СПб, Российский морской регистр судоходства 2019 г.
2. Воршевский А.А., Гальперин В.Е. Электромагнитная совместимость судовых технических средств; СПбГМТУ. – СПб., 2010 – 317 с.
3. Дмитриев Б.Ф., Воршевский П.А. Методы и средства обеспечения электромагнитной совместимости в судовых системах электропитания – Электротехника, 2017, №12, с. 24-29.
4. M.Laour, R.Tahmi, C.Vollaire Modeling and analysis of conducted and radiated emissions due to common mode current of a buck converter. IEEE Trans. Electromagn. Compat., vol. 59, no.4, pp. 1260-1267, Aug. 2017



Гаев Александр Валерьевич

к.т.н., ОАО «НПО ЦКТИ»,

e-mail: avgaev@gmail.com

Шевчук Роман Эдуардович

к.т.н., ОАО «НПО ЦКТИ»,

e-mail: re.shevchuk@gmail.com

**Использование современных расчетно-экспериментальных  
методов оценки предельного состояния при разработке  
и внедрении трубной продукции нового поколения**

***Аннотация.** Разработана методика обеспечения надежности и безопасности тепломеханического оборудования, основанная на использовании современных расчетно-экспериментальных средств прямого моделирования и инженерного анализа.*

***Ключевые слова:** надежность, тепломеханическое оборудование, моделирование, трубная продукция.*

Gaev Aleksandr

NPO CKTI JSC, Candidate Sci. Tech.

e-mail: avgaev@gmail.com

Shevchuk Roman

NPO CKTI JSC, Candidate Sci. Tech.

e-mail: re.shevchuk@gmail.com

**Use of modern calculation and experimental methods for assessing  
the limit state in the development and implementation  
of new-generation pipe products**

***Abstract.** The method of ensuring the reliability and safety of thermal and mechanical equipment has been developed, based on the use of modern design-experimental means of direct modeling and engineering analysis.*

***Key words:** reliability, thermomechanical equipment, modeling, pipe products.*

В настоящее время, при вводе новых объектов генерации широкое распространение получают новые формы взаимоотношений между производителями оборудования и заказчиками (генерирующими компаниями), основанные на контрактах жизненного цикла (КЖЦ).

При выполнении КЖЦ производитель ведет непрерывный контроль технического состояния оборудования и осуществляет его сервисное обслуживание.

Такой подход фактически реализуется как Европейскими, так и Американскими производителями энергетического оборудования. Согласно Code ASME расчет энергетического оборудования проводится на срок службы 100 тыс. час (15 лет), вопрос о возможности, условиях и сроках дальнейшей эксплуатации решается изготовителем оборудования в зависимости от заложенных запасов прочности, условий эксплуатации, степени износа.

Современные технологии проектирования и инженерного анализа основаны на тотальном использовании цифровых моделей и позволяют проводить численное моделирование работы оборудования на различных режимах работы с учетом технологических особенностей производства и монтажа. Создание цифровых математических моделей элементов тепломеханического оборудования, с высокой степенью точности описывающих поведение реальной конструкции, является актуальной и сложной научно-технической задачей, которая включает:

Разработку моделей материала, учитывающих работу элементов в области смешанных типов нагружения;

Разработку рациональных расчетных моделей на основании конструкторской документации;

Разработку браковочных критериев, при достижении которых дальнейшая эксплуатация оборудования возможна с ограничениями или невозможна.

Настоящая работа посвящена использованию современных расчетно-экспериментальных методов оценки предельного состояния при разработке и внедрении трубной продукции нового поколения.

### **Методы оценки предельного состояния.**

I. *Концепция Leak Before Break.* При разработке и анализе технического состояния оборудования с целью исключения возможности глобальных разрушений в зарубежной практике, а также в отечественных Нормах АЭС широко используется концепция «Течь до разрушения» – «Leak Before Break» (LBB) [1]. Большое значение имеет оценка характера разрушения – утечка среды или глобальное разрушение элемента. В первом случае имеет место «инцидент», во втором случае – «авария». (№ 116-ФЗ от 21.07.1997г.).

II. *Современные расчетные методы моделирования жизненного цикла.* Одними из основных этапов расчета энергетического оборудования на прочность являются:

– *Оценка статической прочности.* В рамках разработанной методики предлагается использовать метод предельной нагрузки [2,3,6,7]. Он заключается в решении задачи в упруго - пластической постановке и представляет собой моделирование процесса по доведению элемента конструкции до потери несущей способности.

– *Оценка повреждаемости.* В рамках разработанной методики создан дополнительный пользовательский модуль, позволяющий проводить прямое моделирование состояния и оценку повреждаемости высокотемпературных элементов на протяжении жизненного цикла.

– *Оценка сопротивления смешанным видам разрушения.* Использование современных методов механики разрушения в сочетании с численным моделированием позволяет проводить оценку надежности и безопасности эксплуатации элементов оборудования при наличии дефектов [4,5].

III. *Экспериментальные исследования.* С целью валидации применяемых методов цифрового математического моделирования, проводятся натурные полномасштабные испытания на статическую и длительную прочность как образцов перспективной продукции, так и элементов, находившихся в условиях длительной эксплуатации или консервации (рис. 1).

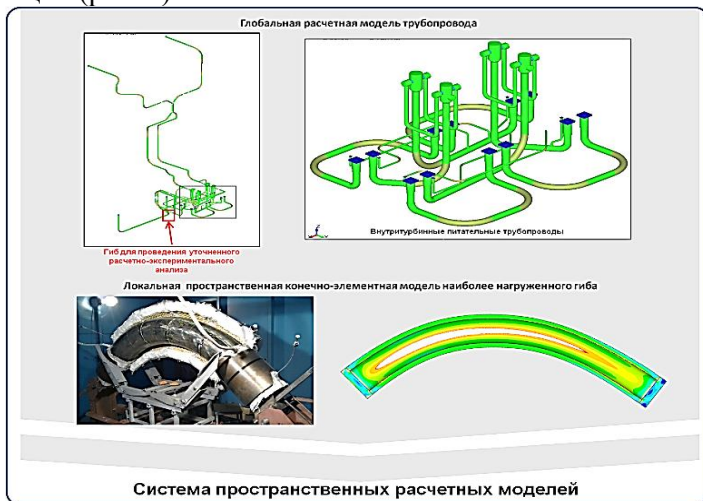


Рисунок 1 – Цифровая математическая модель трубопровода.  
Расчетно-экспериментальная модельгиба трубопровода

**Алгоритм практической реализации разработанной методики при внедрении продукции нового поколения.** На основании представленных основных положений, разработан общий алгоритм практической реализации предложенных подходов на протяжении жизненного цикла продукции:

1. Разрабатывается цифровая математическая модель конструкции, которая включает:

- модель материала;
- критерии прочности и предельной нагрузки;
- модели повреждаемости и развития дефекта;
- модель разрушения.

2. Проводится верификация разработанной модели.

3. Проводится многовариантное моделирование:

- технологических процессов;
- внешних воздействий с целью определения допускаемых

нагрузок;

- режимов работы;
- аварийных ситуаций.

4. На основании результатов моделирования при необходимости вносятся изменения в конструкцию.

5. При вводе оборудования в эксплуатацию проводится корректировка математической модели с целью ее дальнейшего использования при проведении диагностики

6. На основании результатов численного моделирования проводится оценка технического состояния в межремонтный период. Выдаются рекомендации о сроках проведения очередного ремонта.

7. В период ремонта на основании результатов численного моделирования составляются диагностические карты для проведения неразрушающего контроля. Проводится расчетная оценка остаточного ресурса.

**Заключение.** Разработана методика обеспечения надежности и безопасности тепломеханического оборудования, основанная на использовании современных расчетно-экспериментальных средств прямого моделирования и инженерного анализа. Разработанная методика применяется при разработке и оценке технического состояния мощных энергоблоков ТЭС, в том числе для новых материалов, нестандартного оборудования и др.

Список литературы:

1. Hill, R. The Mathematical Theory of Plasticity. New York: Oxford University Press, 1983.
2. А.В. Судаков, М.С Сайкова, И.А. Данюшевский “Учет дефектов при экспертизе промышленной безопасности и оценке ресурса элементов котлов и трубопроводов”; Берг-Коллегия. №2. Изд-во Гранд, Санкт-Петербург, 2010.
3. Куприй Е.Б., Гринь Е.А., Данюшевский И.А. “Оценка остаточного ресурса гибов трубопроводов с учетом микроповрежденности металла”; Теплоэнергетика №2, 2008г.
4. Milne, I., Ainsworth, R.A., Dowling, A.R., And A.T. Stewart, (1988), “Assessment of the integrity of structures containing defects”, The International Journal of Pressure Vessels and Piping, Vol. 32, pp. 3-104.
5. EN 13445-3 Verification manual. Design by analysis.
6. ПНАЭ Г-7-002-86 “Нормы расчета на прочность оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок”.
7. РД 10-249-98 “Нормы расчета на прочность стационарных котлов и трубопроводов пара и горячей воды”.

*Гайсина Анастасия Олеговна*  
*студент 4 курса,*  
*ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный*  
*морской технический университет»,*  
*г. Санкт-Петербург*  
*ngaisina@bk.ru*  
*Научный руководитель*  
*Кожемякин Вячеслав Вячеславович,*  
*д.т.н., доцент*  
*ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный*  
*морской технический университет»,*  
*г. Санкт-Петербург*  
*kogh2012@yandex.ru*

**Расчетно-теоретическое исследование зависимости давления  
от нагрузки при работе пароводяного струйного аппарата  
на статических характеристиках**

**Аннотация.** В работе предложено расчетно-теоретическое исследование зависимости давления от нагрузки при работе пароводяного струйного аппарата при помощи программы для ЭВМ. Был уточнен алгоритм расчета контура циркуляции с ПВСА с учетом срыва ПВСА, установлено, что при снижении нагрузки снижаются характеристики первого контура.

**Ключевые слова:** ядерный моноблочный паропроизводящий агрегат, пароводяной струйный аппарат, статические характеристики.

*Gajsina Anastasia Olegovna*  
*4th year student*  
*Saint-Petersburg State Marine Technical University,*  
*Saint-Petersburg*  
*ngaisina@bk.ru*  
*Scientific adviser:*  
*Kozhemyakin Vyacheslav Vyacheslavovich, Dr.Tech.Sc.,*  
*docent,*  
*Saint-Petersburg State Marine Technical University,*  
*Saint-Petersburg*  
*kogh2012@yandex.ru*

## Calculation and theoretical study of the dependence of pressure on load when operating a steam-water jet apparatus on static characteristics

**Abstract.** *The paper proposes a calculation and theoretical study of the dependence of pressure on load during operation of a steam-water jet apparatus using a computer program. The algorithm for calculating the circulation circuit with the steam-water jet apparatus with allowance of the steam-water jet apparatus failure was refined, it was found that when the load decreases, the characteristics of the primary circuit decrease.*

**Key words:** *Nuclear steam supply system, the steam-water jet apparatus, static characteristics.*

Ядерный моноблочный паропроизводящий агрегат типа «Бета» представляет собой ППА с кипящей активной зоной, в котором циркуляция теплоносителя первого контура обеспечивается пароводяными струйными аппаратами (ПВСА).

Расход ПВСА зависит не только от конструктивных параметров, но и от многих режимных параметров: давления, уровня воды в компенсаторе объема, температуры перед водяным соплом ПВСА. В свою очередь, все эти параметры зависят от расхода ПВСА, причем достаточно сложным образом.

Однако в настоящее время отсутствует единая математическая модель ППА типа «Бета», которая бы включала в себя описание всех этих взаимосвязей.

В ходе выполнения этой работы была разработана программа для ЭВМ, в которой были бы описаны все основные взаимосвязи параметров. Программа для ЭВМ основана на математической модели и алгоритме расчета расходов, температур и давления в первом контуре с ПВСА, приведенных в работе [1]. При расчете предельного (срывного) напора по формуле:

$$\Delta p_{\text{срыв}} = p'(t_{\text{ср}}) + \Delta p_{\text{ср}} + \Delta p_{\text{д}} - p_{\text{в}},$$

была внесена поправка: если  $p'(t_{\text{ср}}) - p_{\text{в}} > 0$ , то принимается

$$p'(t_{\text{ср}}) - p_{\text{в}} = 0.$$

Был уточнен алгоритм расчета контура циркуляции с ПВСА с учетом срыва ПВСА, создана программа для ЭВМ и выполнены расчетно-теоретические исследования.

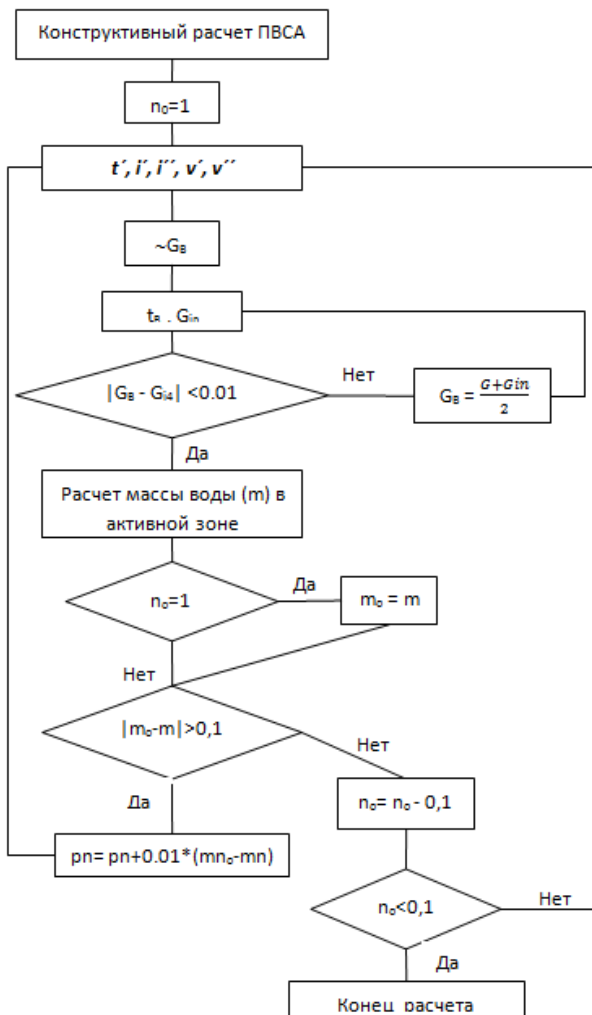


Рисунок 1 – Блок-схема программы ЭВМ для расчета статических характеристик первого контура с ПВСА

Установлено, что при снижении нагрузки снижаются давление в первом контуре, температуры, недогрев смеси до насыщения и предельный напор. Исследования подтвердили установленную ранее тенденцию изменения параметров при снижении нагрузки.



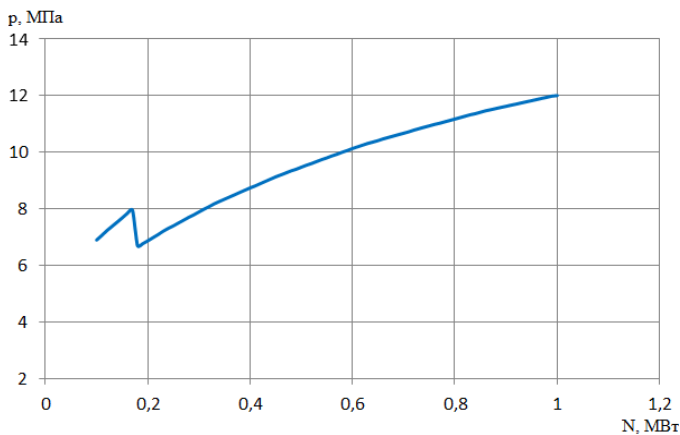


Рисунок 2 – Зависимость давления от нагрузки при  $\Delta u = 1$

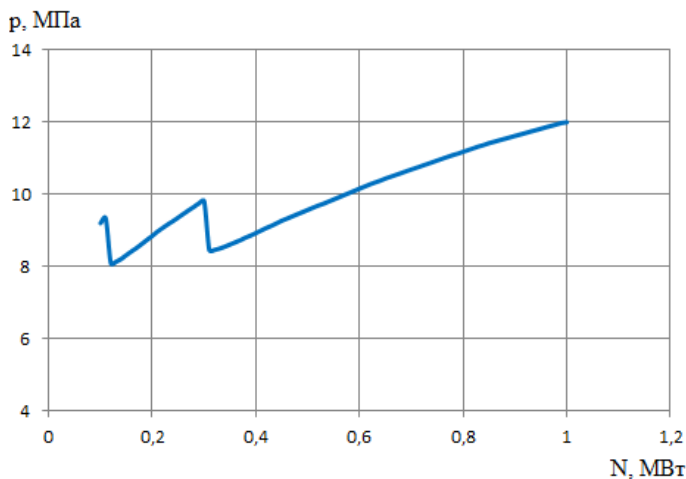
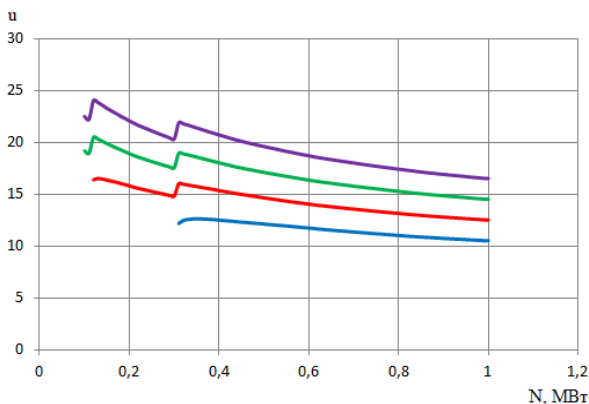


Рисунок 3 – Зависимость давления от нагрузки при  $\Delta u = 2$

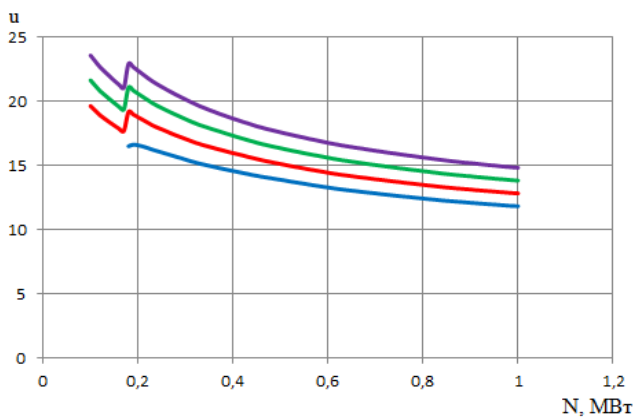
В первую очередь происходит срыв с самым маленьким коэффициентом инжекции.

После того, как произойдет срыв по горячей воде нескольких ПВСА, параметры несколько восстанавливаются.



$u = 10,51$  (синяя линия),  $u = 12,51$  (красная линия),  $u = 14,51$  (зеленая линия),  $u = 16,51$  (фиолетовая линия).

Рисунок 3 – Зависимость коэффициента инжекции от нагрузки при  $\Delta u = 2$



$u = 11, 84$  (синяя линия),  $u = 12,84$  (красная линия),  $u = 13,84$  (зеленая линия),  $u = 14,84$  (фиолетовая линия)

Рисунок 4 – Зависимость коэффициента инжекции от нагрузки при  $\Delta u = 1$

#### Список литературы:

1. Кожемякин В.В., Аполлова А.В., Кожемякин В.О. Расчет первого контура с ПВСА: учеб. пособие СПбГМТУ. – Санкт-Петербург, 2017.

Гафаров Никита Сергеевич  
магистр,  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
морской технический университет»,  
г. Санкт-Петербург,  
e-mail: Nikitagafarov1997@yandex.ru

## **Разработка системы управления пользовательского интерфейса «умного дома»**

**Аннотация.** В статье описан процесс разработки системы управления пользовательского интерфейса «Умного дома», в частности разработка системы коммутации управляемых устройств, а так же самого интерфейса.

**Ключевые слова:** умный дом, система управления, интерфейс.

Gafarov Nikita Sergeevich.  
master,  
Saint Petersburg State Marine Technical University,  
Saint-Petersburg  
e-mail: Nikitagafarov1997@yandex.ru

## **Development of a smart home user interface management system**

**Abstract.** The article describes process of developing a control system for the user interface of the Smart home, in particular the development of a communication system for managed devices, as well as the interface itself/

**Key words:** smart home, control system, interface

**Введение.** Последние десятилетия отличаются ускоренными темпами внедрения во все сферы жизни человека информационных технологий. В частности, компьютерные системы, которые в корне изменили характер взаимодействий между людьми, а также между человеком и машиной. Так как технологии развиваются крайне стремительно и требуют постоянной адаптации для их использования, то одним из направлений развития компьютерных и информационных технологий, взаимодействующих с человеком, являются экосистемы, так называемые «системы умного дома». Новые эффективные средства

коммуникации позволяют обеспечить гибкий контроль инженерных систем, входящих в единую экосистему.

Со временем, мы всё больше и больше доверяем нашу жизнь компьютерной технике. То, что раньше было на грани с фантастикой, сегодня является реальностью. Современные инженерно-технические системы позволяют облегчить поддержание комфорта и уюта в доме, обладающего способностью простого управления характеристиками системы, компьютерным технологиям. На сегодняшний день, домашняя автоматизация или «умный дом» становится не только нормой жизни, но и необходимостью.

«Умным домом» следует называть систему, которая по заранее определенным правилам, принимает решение по управлению инженерными устройствами, основываясь, на поступающей извне информации (данные с датчиков света, температуры, газа, камер наружного видеонаблюдения и др.).

С появлением датчиков, позволяющих отслеживать или изменять работу других устройств появилась необходимость задавать более сложные алгоритмы для их работы. С развитием технологии стало понятно, что при должной степени настройки оборудования можно полностью автоматизировать все процессы, протекающие в доме, что сделает проживание человека комфортным [1].

Из общепринятой тенденции развития социума в общем, и технических систем в частности, следует, что для улучшения личной жизни и повышения эффективности работы инженерных систем, необходимо внедрение систем домашней автоматизации, использующих современные технологические устройства, программное обеспечение, вспомогательное оборудование и т.п.

### ***Разработка системы управления датчиками «Умного дома».***

Удобство и легкость управления всем многообразием оборудования и систем, объединенных «Умным домом» в единый организм, является одним из главных достоинств системы.

Для общения с системой и управления ею, используется все многообразие средств от традиционных кнопочных выключателей различного дизайна до сенсорных видео панелей. Причем выключатели и пульта управления не связаны с конкретным светильником, телевизором, кондиционером.

Кнопочная панель, оснащенная микроконтроллером, и подключенная к системе Умный Дом, способна управлять не только освещением в данном помещении, но и во всем доме, а также, например,

климатом или громкостью звучания музыки. Функциональность каждой кнопки задается программно и может быть изменена по желанию хозяина.

Интуитивно понятный интерфейс пользователя системы Умный Дом создается в соответствии с пожеланиями и вкусами хозяина дома. На сенсорных видео панелях отображается план любого помещения или окружающей территории, выводятся картинки с видеокамер. Легким прикосновением к экрану можно изменить режимы работы кондиционеров, включить ландшафтное освещение или полив газонов.

Видео панели могут быть стационарными или переносными, различного размера и дизайна.

Управлять системой можно с помощью персонального компьютера или ноутбука, подключенного к системе Умный Дом через локальную сеть или через сеть Интернет [2].

Основные параметры системы «Умного дома» (рисунок 1).



Рисунок 1 – Параметры системы «Умного дома»

### ***Разработка системы управления «Умным домом».***

Начав конструировать «Умный дом», бывает сложно остановиться на продукции одного производителя. А это значит, что мы

сталкиваемся с многообразием стандартов, которые сложно увязать друг с другом, и группу хабов, каждый из которых занимает розетку. Этого мы и попробуем избежать, создав универсальный способ управления как по ZigBee так и Z-Wave.

Поводом для того, чтобы смешать дома умные устройства разных производителей может быть желание сэкономить, выбирая наиболее выгодные варианты, или наоборот - стремление взять все самое лучшее.

Опять же, если вы выбрали Xiaomi (а предложение этой компании одно из самых выгодных), то вас ждет хаб с китайским софтом, подключенный к фирменному сервису. С точки зрения безопасности - далеко не самый лучший вариант.

Поэтому проанализировав имеющиеся системы автоматизаций и технические базы было решено использовать компактный, дешевый и довольно производительный вариант – Raspberry Pi 3 Model B+ (рисунок 2). Это одноплатный компьютер, построенный на базе 64-битного процессора ARM Cortex A53 с частотой 1,4 ГГц, имеющий 1Гбайт оперативной памяти, графический процессор Dual Core VideoCore IV, а также выходы: Ethernet 10/100 BaseT, Wi-Fi, Bluetooth, HDMI (версии 1.3 и 1.4), Composite RCA (PAL и NTSC), 3.5 аудио разъем, 4xUSB 2.0, 40-контактный GPIO, 15-контактный интерфейс камеры MIPI, 15-контактный Интерфейс дисплея, слот для карт MicroSD.



Рисунок 2 – Микрокомпьютер Raspberry Pi 3 B+

В качестве устройства коммутации был выбран референсный USB-стик CC2531, к нему необходим программатор CC Debugger, данное оборудование производит компания Texas Instrument.

Алгоритм настройки системы, а также заявленная производителем стоимость оборудования, без учета датчиков, представлена на рисунке 3.

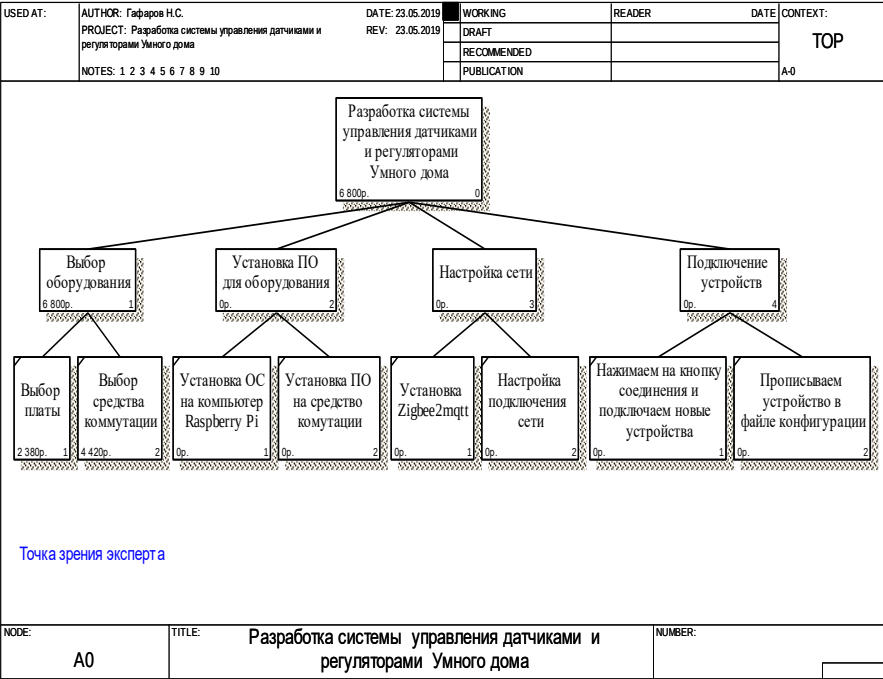


Рисунок 3 – Алгоритм построения системы управления датчиками «Умного дома»

***Разработка пользовательского интерфейса «Умного дома».***

Действия «Умной аппаратуры», которые она должна выполнить при определенных внешних условиях или при поступлении команды, называют сценарием. Его программирование подразумевает голосовое, пультовое управление и контроль с помощью цифровой аппаратуры.

Сценарии настраиваются на защиту и помощь владельцу дома. Их разработка довольно долгая, но для большей функциональности умного дома следует очень тщательно подходить к этому вопросу.

Запрограммированная модель «поведения» датчиков обычно срабатывает в отношении следующих факторов:

а) определенное время суток (включается свет, компьютер, отключается микроволновка и так далее);

б) датчики могут реагировать на движение и изменение температуры;

в) поступила команда на выполнение (она может быть отдана с телефона или ноутбука, в том числе в online-режиме, а также голосом или при помощи пульта).

Можно запрограммировать любую индивидуальную ситуацию, начиная от возвращения семьи домой и заканчивая отъездом в отпуск.

Набирают популярность нестандартные сценарии:

а) уход за домашними животными и комнатными растениями;

б) подсушивание крыши и подъездов к дому;

в) включение теплых полов;

г) наполнение и нагрев бассейна и сауны.

Отдельно создаются сценарии для обеспечения безопасности дома.

Если посторонними совершена попытка проникнуть в помещение, система включает сигнализацию, оповещает владельца и охрану.

### ***Выбор платформы автоматизации.***

До начала построения интерфейса управления устройствами умного дома, необходимо определиться с выбором платформы автоматизации.

Существует несколько популярных систем:

- Home Assistant
- openHAB
- ioBroker
- Domoticz

Home Assistant – это open-source платформа для автоматизации, работающая на Python 3. Позволяет отслеживать и контролировать все устройства в доме и автоматизировать действия. Идеально может работать на одноплатном компьютере Raspberry PI.

openHAB – это платформа для домашней автоматизации с открытым исходным кодом на основе Java, которая объединяет и объединяет в одном решении широкий спектр различных интеллектуальных домашних систем и технологий.

В дополнение к единому уровню абстракции все подключенные устройства доступны для общих схем правил автоматизации и различных пользовательских интерфейсов.

ioBroker – это интеграционная платформа для Internet of Things, ориентированная на автоматизацию зданий, интеллектуальный учет, обслуживание на основе окружающей среды, автоматизацию процессов, визуализацию и регистрацию данных. Он направлен на возможную замену или расширение программного обеспечения, такого как



f.e. them, OpenHAB или система вещей к концу 2015 года. ioBroker является преемником CCU.IO, проекта, весьма популярного в немецком сообществе HomeMatic.

Domoticz – это система домашней автоматизации, которая позволяет вам контролировать и настраивать различные устройства, такие как лампы, переключатели, различные датчики/счетчики, такие как температура, дождь, ветер, УФ, электричество, газ, вода и многое другое.

Он предназначен для работы в различных операционных системах. Пользовательский интерфейс представляет собой масштабируемый веб-интерфейс HTML5 и автоматически адаптируется для настольных и мобильных устройств. Совместимость со всеми браузерами [3].

### ***Пользовательский интерфейс «Умного дома».***

Home Assistant - это open-source платформа для автоматизации, построенная на Python3 и способная работать на различных компьютерах, в т.ч. на Raspberry Pi. Для работы с Home Assistant не требуется клиентское приложение – доступ осуществляется через веб-браузер с любого компьютера, планшета или смартфона. Home Assistant обладает системой инструментов для разработчика, позволяет легко интегрировать различные датчики, исполнительные устройства и т.д., что позволит вам создать надежную систему домашней автоматизации даже в том случае, если вы не обладаете необходимыми знаниями в программировании.

Подключение периферии к Home Assistant (датчики, исполнительные устройства и т.д.) рассмотрим применительно к кросс-плате, которая ранее разрабатывалась для системы домашней автоматизации, построенной на фреймворке WebIOPi – WebHomePi, что позволит пользователю выбрать более предпочтительную для него систему без замены существующего «железа».

Но это совершенно не говорит о том, что если ранее вы не собирали кросс-плату, то сейчас придется ее делать. Для установки Home Assistant на начальном этапе достаточно будет только Raspberry Pi, к которому, по мере необходимости, будут подключаться дополнительные устройства.

На рисунке 4 представлен алгоритм создания пользовательского интерфейса на платформе Home Assistant.

Пример настроенной системы с подключенными устройствами можно наблюдать на рисунке 5, к этому всему можно пронаблюдать статистику активности и работы всех подключенных устройств (рисунок 6), это удобно, если вы уехали из дома и не можете вспомнить выключили ли вы утюг или обогреватель, достаточно посмотреть параметр потребления энергии [4].

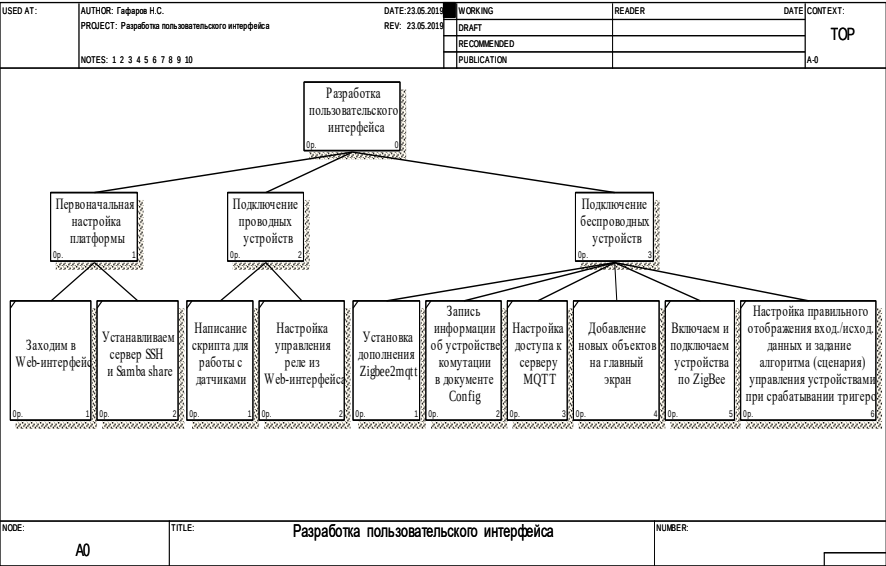


Рисунок 4 – Алгоритм разработки пользовательского интерфейса

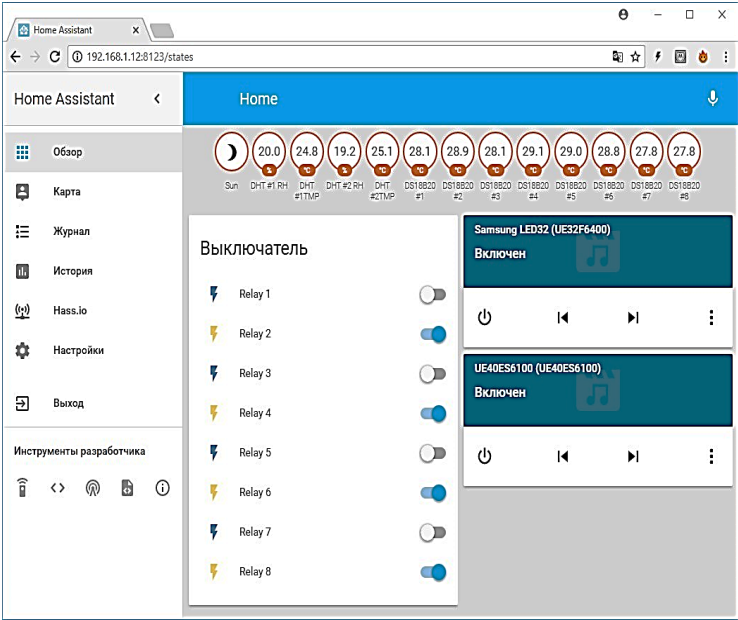


Рисунок 5 – Интерфейс управления системой «Умного дома»

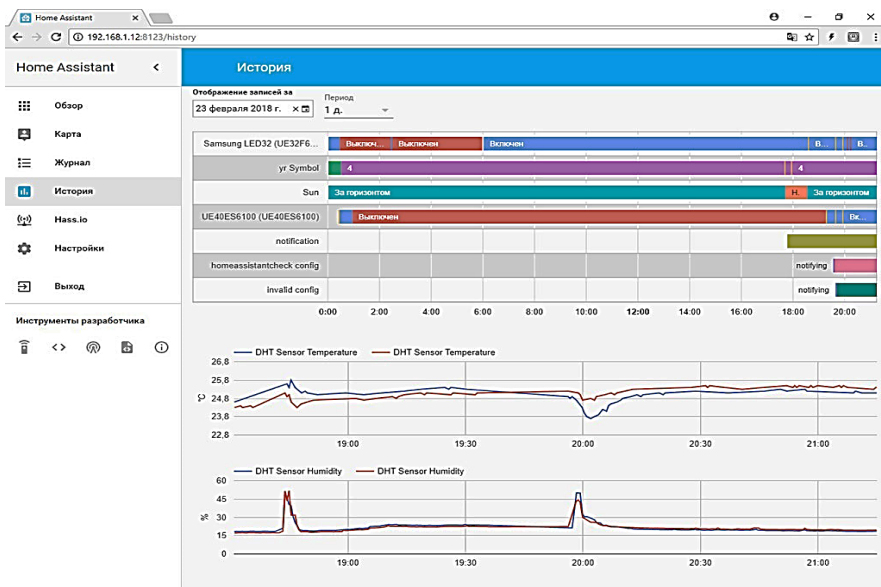


Рисунок 6 – График работы подключенных устройств

### ***Заключение.***

При создании системы «Умный дом» необходимо решать проблему обеспечения устойчивой, надежной и главное недорогой связи между всеми устройствами, входящими в «Умный дом». Решение данной проблемы – использование беспроводной связи.

В результате анализа вариантов реализации сети в «умном доме» технология ZigBee подходит больше всего. На основе ZigBee может быть построено даже централизованное управление «Умным домом»: стандарт поможет соединить системы охранной и пожарной сигнализации, управление освещением, мониторинг газового оборудования и многое другое.

Стандарт ZigBee подходит к системе умный дом по следующим критериям:

Низкая энергопотребляемость (снижение затрат на электропитание, высокий срок автономной работы);

Большое разнообразие устройств, работающих по этому протоколу;

Низкая стоимость, как оборудования, так и подключаемых объектов.

Данная работа выявила, что сенсорные сети подходят для решения задач сбора, обработки и передачи информации с высокими

требованиями по автономности, надежности, масштабируемости и распределенности сети.

Кроме того, системы, построенные на основе таких сетей, обладают следующими достоинствами:

1. Возможность расположения в труднодоступных местах, где сложно и дорого тянуть обыкновенные проводные решения;

2. Оперативность и удобство развертывания и обслуживания системы;

3. Надежность сети в целом — в случае выхода из строя одного из них, информация передается через соседние элементы;

4. Возможность добавления или исключения любого количества устройств из сети;

5. Высокий уровень проникновения сквозь препятствия (стены, потолки) и стойкость к электромагнитным помехам (благодаря высокой частоте работы системы – 2,4 ГГц);

6. Длительное время работы без замены элементов питания.

Сенсорная сеть обладает способностью к ретрансляции сообщений по цепочке от одного к другому, что позволяет в случае выхода из строя одного из узлов организовать передачу информации через соседние узлы без потери качества. Сама сеть определяет оптимальный маршрут движения информационных потоков.

В качестве устройства управления и поддержания автономности работы системы был выбран одноплатный миникомпьютер Raspberry Pi 3 B+, как наиболее подходящий по функционалу и способный к расширению возможностей путем подключения дополнительных модулей (USB-стик CC2531 для работы с ZigBee устройствами).

В ходе анализа современных платформ автоматизации был выбран Home Assistant как наиболее перспективная и многофункциональная среда.

Выбрав эту среду, имеется возможность разработать приложение, не нарушив ни одного закона об авторском праве.

При разработке пользовательского интерфейса была разработана система управления датчиками «Умного дома» и разработан удобный графический интерфейс.

### Список литературы:

1. Сопер М.Э. Практические советы и решения по созданию «Умного дома» / Сопер М. Э. – М.: НТ Пресс, 2014. – 432 с.
2. Харке В. Умный дом. Объединение в сеть бытовой техники и системы коммуникаций в жилищном строительстве. Техносфера, 2006.
3. Алексеев Г.П. Электромонтаж и наладка системы «Умный дом». Руководство по выполнению базовых экспериментов.ЭМНСУД.001 РБЭ (997) – Челябинск: ИПЦ «Учебная техника», 2012. – 223с.
4. Home Assistant. Документация [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.home-assistant.io/docs/> – (Дата обращения: 01.05.2019)/

*Гетман Валентина Эдуардовна  
магистрант,  
кафедры океанотехники и морских технологий  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
морской технический университет»,  
г. Санкт-Петербург  
e-mail: getmanvalya@mail.ru*

### **Разработка предложений по увеличению заполняемости грузовых танков для перевозки жидких грузов наливом**

***Аннотация.** Морские транспортные системы по вывозу углеводородов в арктических регионах (к примеру вывоз добытой нефти челночными танкерами от МЛСП «Приразломная», от отгрузочных терминалов «Варандей» и «Ворота Арктики»), подвержены различным случайным факторам, снижающие их пропускную способность – это и ветро-волновые условия при которых запрещено выполнять отгрузку, а также сложная ледовая обстановка у мест отгрузки углеводородов. В данной работе сделана попытка разработки предложений по увеличению заполняемости грузовых танков для перевозки нефти с целью увеличения общей провозо-способности системы для снижения рисков срыва поставок объемов нефти.*

*Грузовые объемы танкеров используются не на 100%, при этом отметить что Каждый грузовой танк заполнен на 98%, оставшиеся 2% приходятся на испарение нефтяных газов и температурное расширение. Данный объем заполняется инертным газом для исключения возникновения пожаров. Кроме того, внутри танка имеются конструкции и элементы (лестницы, переборки, системы и трубопроводы) которые снижают полезные объемы для перевозки нефти.*

*Для выполнения достижения поставленной цели рассмотрены следующие варианты увеличения грузоподъемности существующих челночных танкеров транспортной системы МЛСП «Приразломная»:*

- 1. проанализирована конструкция грузовых танков;*
- 2. рассчитан объем занимаемый основными и вспомогательными системами и оборудованием танков;*

3. определены параметры расширяемости перевозимых грузов в зависимости от температурных условий;

4. проанализированы альтернативные методы заполнения грузовых танков.

На основании полученных результатов сделаны соответствующие заключения о продолжении работ по увеличению грузоподъемности существующих челночных танкеров.

**Ключевые слова:** нефть, челночный танкер, грузовой танк, морские транспортные системы, грузоподъемность, температурное расширение.

Getman Valentina E.  
Master student of the Department of Ocean Engineering  
and Marine Technology  
Saint-Petersburg State Marine Technical University,  
Saint-Petersburg  
e-mail: getmanvalya@mail.ru

### **Development of proposals to increase the occupancy rate of cargo tanks for the transportation of liquid cargo in bulk**

**Abstract.** Marine transport systems for the export of hydrocarbons in the Arctic regions (for example, the export of oil by shuttle tankers from the Prirazlomnaya MLSP, from the Varandey and Arctic Gates shipping terminals) are subject to various random factors that reduce their throughput - this is the wind - wave conditions under which it is forbidden to perform shipment, as well as difficult ice conditions at the places of hydrocarbon shipment. In this paper, an attempt is made to develop proposals to increase the occupancy rate of cargo tanks for oil transportation in order to increase the overall carrying capacity of the system to reduce the risks of disruption in the supply of oil volumes.

The cargo volumes of tankers are not used 100%, while it should be noted that each cargo tank is 98% full, the remaining 2% is the evaporation of oil gases and thermal expansion. This volume is filled with inert gas to prevent fires. In addition, there are structures and elements inside the tank (stairs, bulkheads, systems and pipelines) that reduce usable volumes for oil transportation.

*To achieve this goal, the following options have been considered to increase the carrying capacity of existing shuttle tankers of the Prirazlomnaya MLSP system:*

- 1. analyzed the design of cargo tanks;*
- 2. The volume occupied by the main and auxiliary systems and equipment of the tanks was calculated;*
- 3. The parameters of the expandability of the transported goods are determined depending on the temperature conditions;*
- 4. analyzed alternative methods of filling the cargo tanks.*

*Based on the results obtained, appropriate conclusions were made on the continuation of work to increase the carrying capacity of existing shuttle tankers.*

**Key words:** *oil, shuttle tanker, cargo tank, marine transport systems, carrying capacity, thermal expansion.*

Нефть и газ добываются в водах 53 стран, более тысячи морских месторождений. На российском шельфе ведущее место принадлежит недрам арктических морей – Баренцева, Печорского и Карского морей, где сосредоточено 85% потенциальных ресурсов газа, нефти и конденсата. Практически все месторождения на российском арктическом шельфе труднодоступны из-за их удаленности от инфраструктуры, суровых климатических и ледовых условий, и, следовательно, разработка этих месторождений требует огромных капитальных затрат для их разработки.

Морские транспортные системы по вывозу углеводородов в арктических регионах на морских и береговых месторождениях, подвержены различным случайным факторам, снижающие их пропускную способность – это и ветро-волновые условия при которых запрещено выполнять отгрузку, а также сложная ледовая обстановка у мест отгрузки углеводородов. Здесь в качестве примера можно привести транспортные системы по вывозу добытой нефти челночными танкерами от МЛСП «Приразломная», от отгрузочных терминалов «Варандей» и «Ворота Арктики»). В работе сделана попытка разработки предложений по увеличению заполняемости грузовых танков для перевозки нефти с целью увеличения общей провозоспособности системы для снижения рисков срыва поставок объемов нефти.

Цель данной работы – разработать предложения по увеличению заполняемости грузовых танков для перевозки нефти. Каждый



грузовой танк заполнен на 98%, оставшиеся 2% приходятся на испарение нефтяных газов и температурное расширение. Данный объем заполняется инертным газом для исключения возникновения пожаров. Кроме того, внутри танка имеются конструкции и элементы (лестницы, переборки, системы и трубопроводы) которые снижают полезные объемы для перевозки нефти.

Для достижения поставленной цели рассмотрены следующие варианты, увеличения грузоподъемности: в существующих танкерах:

- проанализирована конструкция грузовых танков с целью замены переборок на переборки меньшего объема;
- рассчитан объем занимаемый основными и вспомогательными системами и оборудованием танков для их замены на менее объемное;
- определены параметры расширяемости перевозимых грузов в зависимости от температурных условий для увеличения заполняемости грузовых танков;
- проанализированы альтернативные методы заполняемости грузовых танков.

### **Анализ условий эксплуатации**

1. Наибольшая изменчивость температуры воды юго-востока Баренцева моря присуща поверхностному горизонту, на котором внутригодовая амплитуда колебаний составляет в среднем 10 °С. В зимний период характерные значения температуры морской воды изменяются в диапазоне от – 1,8°С до 0°С; в весенний – от 0°С до 4°С; в летний – от 5°С до 8°С и в осенний – от 2°С до 4°С. Максимальный прогрев воды отмечается в августе и в отдельные годы может достигать значений 15° С, а в Печорской губе и других мелководных заливах до 22-23 °С.

2. Система течений юго-востока Баренцева моря выделяется из общей структуры течений всего моря в целом. Здесь представлен весь спектр движений морских вод: квазистационарная циркуляция, течения синоптического масштаба (штормовые нагоны) и приливные течения. Квазипостоянные течения представлены Беломорским, Колгуево-Печорским, Печорским течениями и течением Литке, вытекающим из Карского моря и распространяющимся вдоль западного берега Новой Земли. Скорость их невелика и обычно не превосходит 20 см/с. Приливы носят полусуточный или неправильный суточный характер и создают сложную картину течений. Характерные скорости приливных течений равны 20-40 см/с, а в Чешской и Хайпудырской губах могут

достигать 100 см/с и более. Во время нагонов скорости течений могут достигать значений 50-60 см/с.

3. В районе прохода танкера с учетом приливов и штормовых сгонов-нагонов могут составлять от  $-1,70$  м до  $+2,20$  м по данным с периодом повторяемости 100 лет и, таким образом, расчетная глубина моря в точке установки платформы может колебаться от 17,72 м до 21,62 м.

### **Технико-эксплуатационные характеристики наливных судов**

Для целей данной работы была принята транспортная система вывоза нефти от МЛСП Приразломная, по которой нефть от платформы на двух танкерах ледового класса вывозится к перегрузочному комплексу в Мурманске. В дальнейшем перегружается на танкера неледового класса.

Для дальнейшего анализа и расчетов использованы арктические танкеры «Кирилл Лавров» и «Михаил Ульянов», которые работают по линии Приразломная-Мурманск. Главные размерения приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Главные размерения танкера  
«Михаил Ульянов»/«Кирилл Лавров»

|                     |       |          |
|---------------------|-------|----------|
| Валовая вместимость | Тонны | 49866    |
| Чистая вместимость  | Тонны | 21303    |
| Дедвейт             | Тонны | 69830    |
| Водоизмещение       | Тонны | 102000   |
| Наибольшая длина    | Метры | 257.74   |
| Наибольшая ширина   | Метры | 34       |
| Осадка              | Метры | 14       |
| Высота борта        | Метры | 20.8     |
| Скорость            | Узлы  | 16       |
| Запасы топлива      | Тонны | 2396     |
| Объем танков        | Тонны | 12*88494 |

Суда имеют двойной корпус и оснащены грузовыми танками общей вместимостью 88494 м<sup>3</sup>, схема расположения которых показана на Рис.1, емкости грузовых танков – в таблице 2. Танкер имеет запас судового топлива 2396 м<sup>3</sup>, распределенный по трем топливным танкам. Танк максимальной емкости объемом 973 м<sup>3</sup> предназначен для

малосернистого судового топлива, используемого в особых районах плавания. До прихода танкера к МЛСП "Приразломная" из этого количества расходуется около 45 %. Кроме того, на танкере имеется запас дизельного топлива в объеме 90 м<sup>3</sup>.

Суда имеют два отстойных танка и танки раздельного балласта емкостью 35 200 м<sup>3</sup>. Грузовые и отстойные танки оснащены электрическими погружными насосами и системой манифольдов, позволяющей при необходимости осуществлять перемещение содержимого танков.

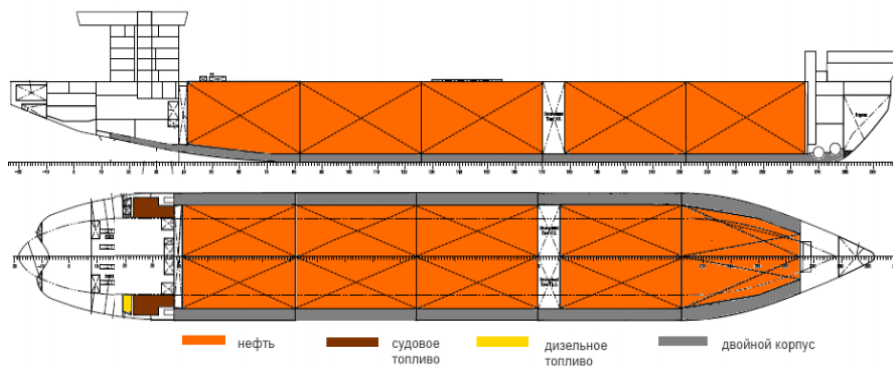


Рисунок 1 – Схема расположения грузовых и топливных танков танкера типа «Михаил Ульянов»

Таблица 2 – Емкости грузовых танков

| Грузовые танки | Объем, м <sup>3</sup> | Грузовые танки | Объем, м <sup>3</sup> | Грузовые танки | Объем, м <sup>3</sup> | Грузовые танки | Объем, м <sup>3</sup> | Грузовые танки | Объем, м <sup>3</sup> |
|----------------|-----------------------|----------------|-----------------------|----------------|-----------------------|----------------|-----------------------|----------------|-----------------------|
| Танк 5 Пр.Б.   | 7928.5                | Танк 4 Пр.Б.   | 9118.1                | Танк 3 Пр.Б.   | 9118.1                | Танк 2 Пр.Б.   | 9077.2                | Танк 1 Пр.Б.   | 6905.1                |
| Танк 5 Л.Б.    | 7928.5                | Танк 4 Л.Б.    | 9118.1                | Танк 3 Л.Б.    | 9118.1                | Танк 2 Л.Б.    | 9077.2                | Танк 1 Л.Б.    | 6905.1                |

### Изменение конструкции грузовых танков

Переборки продольные устанавливаются для разделения отсеков для обеспечения непотопляемости, а также для снижения влияния свободной поверхности груза см. рис. 2.

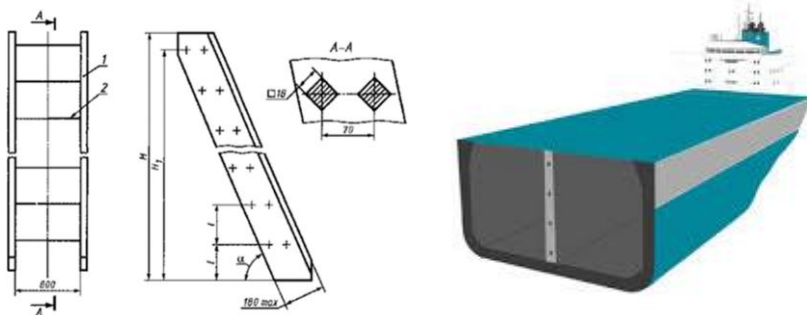


Рисунок 2 – Стандартная лестница и переборка на танкере

Для определения объем груза на потенциальное увеличение при замене переборки и лестниц были выполнены расчеты объемов листовых элементов, обшивки и подкреплений переборок, а также лестниц для обеспечения доступа в танк. Лестницы в рассматриваемых танкерах стационарные, металлические см. рис 2. Ширина прохода и платформ 80 см. Лестниц устанавливается не менее 2 в каждом танке. Лестницы занимают не столь значительный объем, а их наличие обязательно требование правил безопасной эксплуатации. Установка складных раздвижных лестниц теоретически возможна, но тогда они должны быть изготовлены из материалов, исключающих искрообразование при их раскладке.

В результате суммарный объем составляет  $5,36 \text{ м}^3$  (переборка –  $2,56 \text{ м}^3$  и лестницы  $2,5 \text{ м}^3$ ) на каждый танк что не даст существенного прироста в объеме грузоперевозки при изменении их конструкции.

### **Альтернативные методы заполняемости грузовых танков – использование эластичных емкостей**

Среди альтернативные методов, заполнения грузовых танков, можно выделить использование множества гибких сменных и герметичных пакетов – отдельно для груза и для балласта, чередующихся в трюмах. Сверху и снизу эти контейнеры крепятся быстросъемными соединениями с шейками см. рис. 3. Корпус судна имеет двойное дно, двойные борта, чтобы внутренние стенки танков были гладкими. Даже в случае прорыва эластичной оболочки во время отверстия, объем разлитой нефти будет меньше, чем объем всего танка.

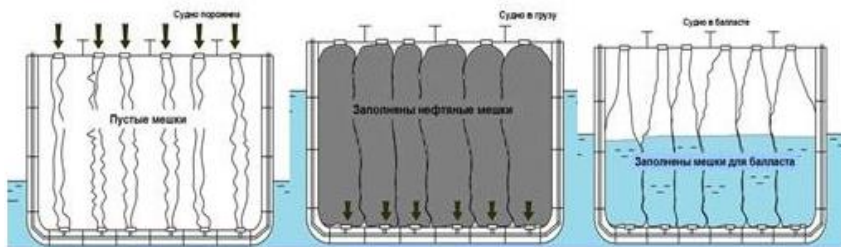


Рисунок 3 – Концепция применения эластичных емкостей.

Расчетная зависимость температуры от плотности

Маршрут транспортной системы МЛСП «Приразломная» лежит в схожих климатических условиях и предполагается что температурное расширение нефти сорта ARCO не столь значительно.

Помесячные графики температурного расширения построены на основе данных, приведенных в таблице 3 с учетом коэффициента расширяемости нефти Агсо. Температуры гидрометеорологических станций для определения температур по маршруту следования выбраны в порядке следования судна из точки А (Варандей) в точку В (Мурманск), см. рис 10. Температуры, указанные в таблице, были получены на основе данных гидрометцентра за соответствующий месяц.

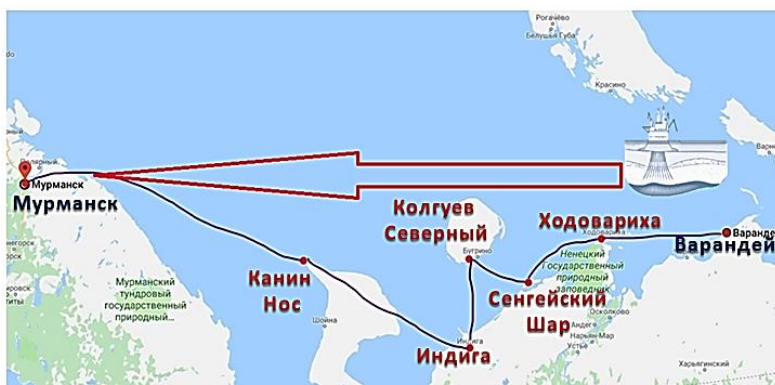


Рисунок 10 – Карта расположения станций, на пути следования судна

Таблица 3 – Среднемесячная температура воздуха

| Станция          | Январь | Февраль | Март  | Апрель | Май  | Июнь | Июль | Август | Сентябрь | Октябрь | Ноябрь | Декабрь |
|------------------|--------|---------|-------|--------|------|------|------|--------|----------|---------|--------|---------|
| Варандей         | -18    | -19     | -16,1 | -10    | -3,3 | 3    | 9    | 8,7    | 4,9      | -2,1    | -9,6   | -14,2   |
| Холовоариха      | -15,6  | -16,8   | -14,1 | -9     | -2,9 | 2,6  | 8,3  | 8,3    | 5,1      | -0,9    | -7     | -11,9   |
| Сенгебский Шар   | -15,6  | -15,8   | -12,2 | -8,5   | -1,9 | 4,1  | 9,8  | 8,9    | 5,4      | -1      | -7,2   | -11,5   |
| Колгуев Северный | -11,1  | -12,9   | -11,1 | -7,9   | -2,1 | 2,7  | 7,3  | 7,8    | 5        | 0       | -4,1   | -7,6    |
| Индига           | -14,2  | -14,7   | -11,9 | -6,5   | -0,6 | 5,5  | 10   | 9,9    | 6,2      | 0,2     | -5,6   | -10,9   |
| Капит Нос        | -8,2   | -9,6    | -8,7  | -4,8   | -0,8 | 4,2  | 8,4  | 8,6    | 5,8      | 1,6     | -1,9   | -5,6    |
| Мурманск         | -12,2  | -9,3    | -4,1  | 1,3    | 8,4  | 13,2 | 18,3 | 15,3   | 10,3     | 2,3     | -3,3   | -7,5    |

Плотность нефти в каждом месяце при известной температуре рассчитана по формуле (1):

$$\rho(t) = \rho_{20} * (1 + \gamma * (20 - t)), \quad (1)$$

где  $\rho_{20}$  – плотность нефти Arco при температуре 20°C;  $t$  – температура;  $\gamma$  – температурная поправка (см. табл. 4).

Таблица 4 – Температурные поправки плотности нефтепродуктов

| $\frac{20}{4}$ | $\gamma$ | $\frac{20}{4}$ | $\gamma$ |
|----------------|----------|----------------|----------|
| 0,7000—0,7099  | 0,000897 | 0,8500—0,8599  | 0,000699 |
| 0,7100—0,7199  | 0,000884 | 0,8600—0,8699  | 0,000688 |
| 0,7200—0,7299  | 0,000870 | 0,8700—0,8799  | 0,000673 |
| 0,7300—0,7399  | 0,000857 | 0,8800—0,8899  | 0,000660 |
| 0,7400—0,7499  | 0,000844 | 0,8900—0,8999  | 0,000647 |
| 0,7500—0,7599  | 0,000831 | 0,9000—0,9099  | 0,000633 |
| 0,7600—0,7699  | 0,000818 | 0,9100—0,9199  | 0,000620 |
| 0,7700—0,7799  | 0,000805 | 0,9200—0,9299  | 0,000607 |
| 0,7800—0,7899  | 0,000792 | 0,9300—0,9399  | 0,000594 |
| 0,7900—0,7999  | 0,000778 | 0,9400—0,9499  | 0,000581 |
| 0,8000—0,8099  | 0,000765 | 0,9500—0,9599  | 0,000567 |
| 0,8100—0,8199  | 0,000752 | 0,9600—0,9699  | 0,000554 |
| 0,8200—0,8299  | 0,000738 | 0,9700—0,9799  | 0,000541 |
| 0,8300—0,8399  | 0,000725 | 0,9800—0,9899  | 0,000528 |
| 0,8400—0,8499  | 0,000712 | 0,9900—1,0000  | 0,000515 |

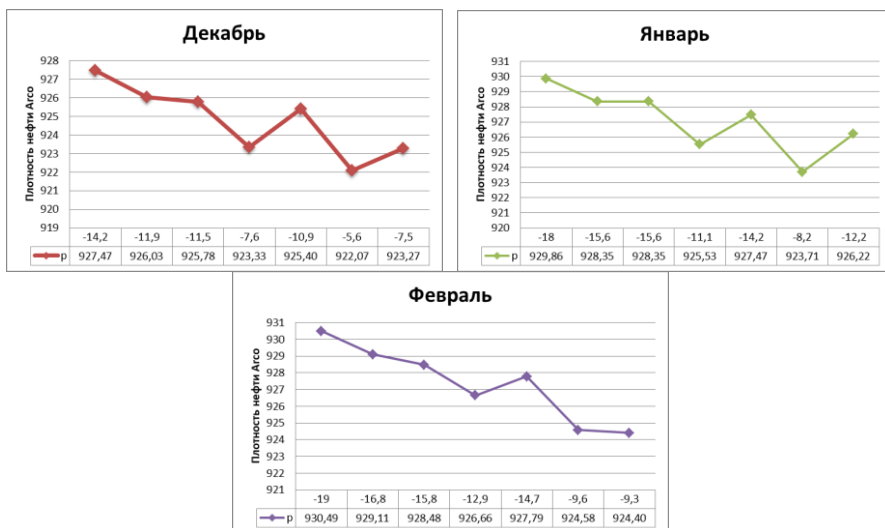


Рисунок 6 – Зависимость плотности нефти Агсо от температуры (зима)

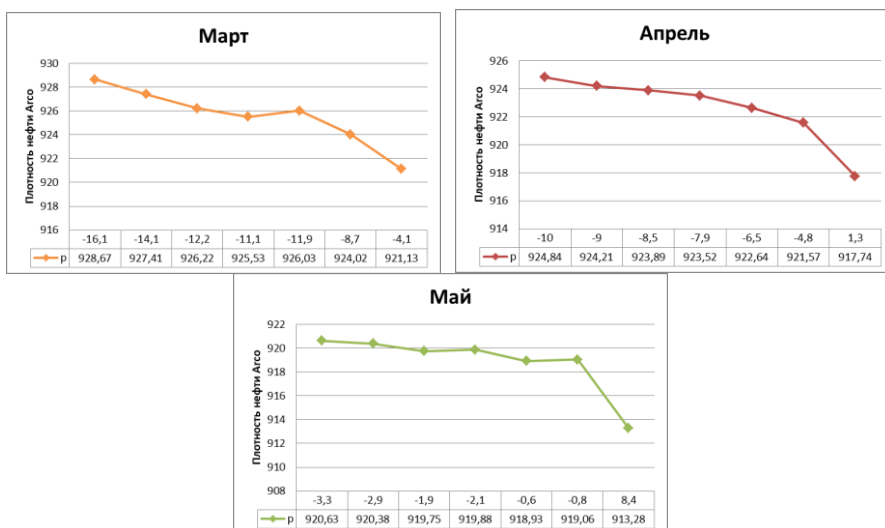


Рисунок 7 – Зависимость плотности нефти Агсо от температуры (весна)

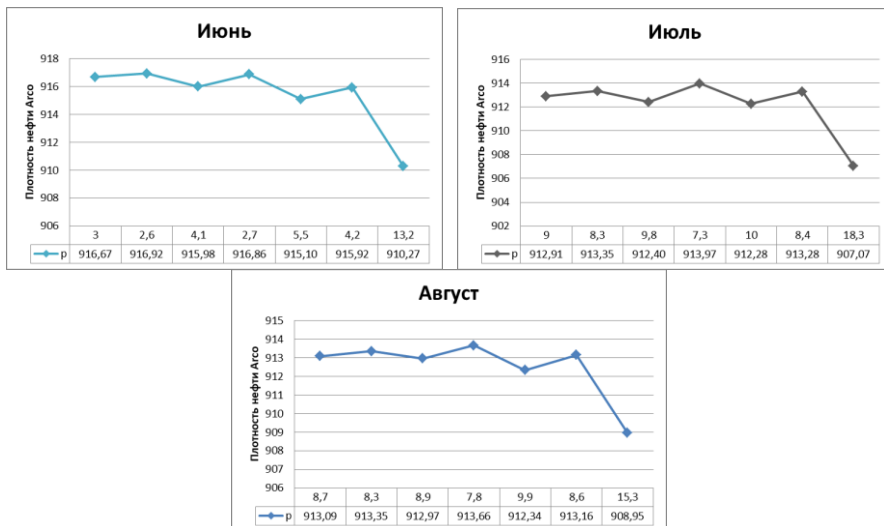


Рисунок 8 – Зависимость плотности нефти Агсо от температуры (лето)

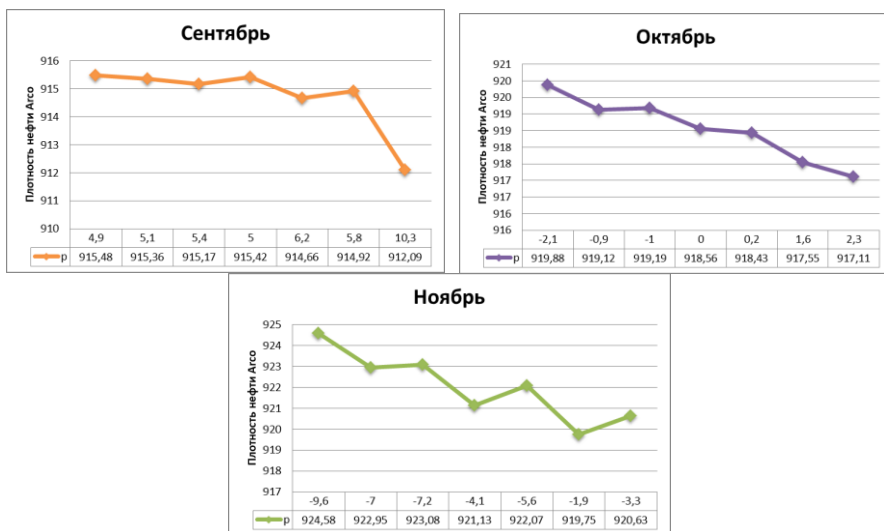


Рисунок 9 – Зависимость плотности нефти Агсо от температуры (осень)



Расчет объема загрузки для января по формуле (2) приведен ниже:

$$V_L = 98\% * (V * \frac{\rho_k}{\rho_n}) \quad (2)$$

$$V_L = 0.98 * 7928.5 * \frac{0.92986}{0.92622} = 7800,465$$

В январе в Мурманске танк будет загружен на 98,39%, причем по маршруту следования данное заполнение не будет превышено. Для остальных месяцев приведены результаты расчета в табл. 5.

Таблица 5 – Результаты расчетов

|                |                  |
|----------------|------------------|
| январь 98,39%  | июль 98.63%.     |
| февраль 98,65% | август 98.45%.   |
| март 98.8%.    | сентябрь 98.36%. |
| апрель 98.76%. | октябрь 98.3%.   |
| май 98.79%.    | ноябрь 98.42%.   |
| июнь 98.69%.   | декабрь 98.45%.  |

### Заключение

По результатам выполненного анализа определено, что увеличение заполняемости грузовых танков:

- за счет изменения конструкции чреватو глобальными изменениями конструкции и возможно только при строительстве новых судов;
- за счет замены основного оборудование систем и устройств внутри танков прежде всего разборных лестниц из искробезопасных материалов возможно, но итоговый выигрыш незначительный (около 30 м<sup>3</sup> за рейс);
- за счет увеличения изначального заполнения с учетом близких температур по маршруту следования, возможно увеличение заполняемости грузовых танков на 0,8% в отдельные месяцы. Данное решение позволяет перевозить на 3.500 м куб (≈ 1236 регист.тонн ≈ 22000 барреля ≈ 1.3 млн \$) больше нефти в месяц (ориентировочное 8 рейсов в месяц). Данное утверждение требует дополнительных проверок: а) необходимы данные по фактическому температурному режиму над морской поверхностью (точки ГМС – береговые); б) необходим учет температуры воды, на контрольных точках, на разделе границ вода – воздух; в) учет температуры суточной на период транспортировки.

#### Список литературы:

1. Баскаков С.П. «Перевозка сжиженных газов морем», - СПб, 2002 - 226с.
2. Жинкин В.Б. Теория и устройство корабля. 3-е издание, СПб.: Судостроение, 2002. - 408 с
3. Ашик В.В. Проектирование судов. - Л.: Судостроение, 1985. – 320с.
4. Геец В.М. Специальные системы наливных судов. Курс лекций [Текст]: учеб. пособие / В. М. Геец. – Владивосток: Мор. гос. ун-т, 2012. – 185с.
5. Международная конвенция по предотвращению загрязнения с судов 1973 г., измененная протоколом 1978г. к ней MARPOL 73/78 книга III INTERNATIONAL CONVENTION FOR PREVENTION OF POLLUTION FROM SHIPS, 1973, AS MODIFIED BY THE PROTOCOL OF 1978 RELATING THERETO MARPOL 73/78 BOOK III. СПб.: ЗАО ЦНИИМФ, 2010 – 270 с.
6. Общие и специальные правила перевозки наливных грузов 7-М. – М.: В/О «Мортехинформреклама», 1985. – 456 с.
7. Правила классификационных освидетельствований судов в эксплуатации Российского морского регистра судоходства. – СПб, 2019 год.
8. РД 31.11.81.36-81. «Правила морской перевозки нефти и нефтепродуктов наливом на танкерах ММФ»
9. Сай Хейн Ту Аунг, Чижиумов С. Д. Анализ слошинга в грузовом танке танкера // Научно-техническое творчество аспирантов и студентов: материалы 48-й НТК студентов и аспирантов / редкол.: Э.А. Дмитриева (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КНАГТУ», 2018.
10. Сай Хейн Ту Аунг, Чижиумов С. Д. Обеспечение экологической безопасности танкеров с применением гибких резервуаров // Дальневосточная весна-2018: материалы 16-й Междунар. науч.-практ. конф. по проблемам экологии и безопасности. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КНАГУ», 2018 (в печати).

*Голованова Оксана Владимировна*  
доцент,  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
морской технический университет»,  
г. Санкт-Петербург  
tibidabo@yandex.ru

*Романова Виктория Алексеевна*  
ассистент,  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
морской технический университет»,  
г. Санкт-Петербург  
kfis2018@yandex.ru

**Социологические методы управления и демократические  
процессы в современном техническом вузе**

**Аннотация.** Статья посвящена актуальной проблеме формирования в отечественных вузах биоэтической культуры в ее объективных и субъективных аспектах. Предложено программное видение соответствующих демократических условий и стратегических направлений воспитательного и управленческого воздействия на обучающихся. Особое внимание уделено роли социологических методов в формировании адекватной современным требованиям социокультурной среды в технических вузах.

**Ключевые слова:** технический вуз, обучающиеся, биоэтическое воспитание, социологическая и экологическая рефлексия, демократические процессы, социологические методы управления.

*Golovanova Oksana Vladimirovna*  
Associate of Professor  
Saint-Petersburg State Marine Technical University,  
Saint-Petersburg  
tibidabo@yandex.ru

*Romanova Viktoriya Alekseevna*  
Assistant  
Saint-Petersburg State Marine Technical University,  
Saint-Petersburg  
kfis2018@yandex.ru

## Sociological methods of management and democratic processes in a modern technical university

**Abstract.** *The article is devoted to the urgent problem of the formation of bioethical culture in domestic universities in its objective and subjective aspects. A programmatic vision of appropriate democratic conditions and strategic directions of educational and managerial impact on students was proposed. Particular attention is paid to the role of sociological methods in the formation of a socio-cultural environment appropriate to modern requirements in technical universities.*

**Key words:** *technical university, students, bioethical education, sociological and environmental reflection, democratic processes, sociological methods of management.*

Актуальной проблемой организации научно-технической жизни сегодня является этическая экспертиза, которая призвана оценивать возможные социальные и экологические риски применения технологий и осуществлять контроль за их непредвиденными негативными экологическими и социальными следствиями. В странах Запада эта практика имеет уже собственную историю и оформилась в традицию биоэтики и биоэтических комитетов. В Российской Федерации она начинает только оформляться вокруг инициатив отдельных представителей интеллектуальной элиты, имеющих возможность оценить западный опыт и стремящихся аккультурировать его в отечественной научно-образовательной среде. В некоторых технических вузах вводятся специализированные учебные курсы по биоэтике, соответствующие блоки учебных курсов по философским дисциплинам, формируются библиографический и библиотечный фонды.

Вышеперечисленное относится к институциональным аспектам возникающей практики, меньше внимания уделяется процессуальным ее аспектам, к которым принадлежит сфера субъективных устремлений и мотиваций участников практики. Частично, соответствующие субъективные условия запускаются введенными сверху институтами. Однако, в таких случаях результаты малоэффективны, поскольку мотивация, не ставшая потребностью, существует только благодаря административным инвестициям и не работает вне их сферы. Поэтому культивирование у обучающихся технических вузов биоэтических установок и потребностей как элемента их технического и инженерного творчества должно стать элементом управления и воспитательной работы с обучающимися.

На данный момент мы можем говорить только о стратегических целях и основных инструментах такого воздействия, моделируя возможные результаты. Их экспериментальная апробация должна стать следующим шагом предпринимаемых усилий по созданию адекватной высоким технологиям среды в современном отечественном вузе. На этом шаге помимо исследовательских ресурсов необходима поддержка администрации и ее служб.

К стратегическим целям биоэтического воспитания мы относим:

- Формирование гражданского чувства посредством вовлеченности в процессы управления и студенческого самоуправления.
- Формирование чувства ответственности за свое техническое творчество.
- Формирование способности к социологической, экологической рефлексии и контекстуальному мышлению.
- Преодоление отчуждения обучающихся от социальных микро- и макросреды.
- Повышение уровня удовлетворенности учебной и жизнью.
- Развитие высших социальных чувств: положительная социальная и профессиональная идентичность, патриотизм, гордость, служение.

В качестве базового условия биоэтического воспитания мы рассматриваем наличие в вузах демократических процессов и прогрессивной модели управления, активирующей социальный капитал профессорско-преподавательского состава и обучающихся. Демократический процесс [2, с.208-209] предполагает доверие к власти, основанное не на идеологически устаревшем, но все еще характерном для отечественного менталитета, авторитарном патернализме, а на реальном опыте взаимодействия и сотрудничества с властью.

Адекватными инструментами указанного сотрудничества могут выступать социологические методы управления в вузе, такие как регулярный мониторинг ожиданий и удовлетворенности обучающихся посредством социологических опросов, формирование инструментов влияния на проводимую в вузе внутреннюю и внешнюю политику, формирование атмосферы доверия и стабильной организационной культуры, основанной на общем согласии относительно целей, ценностей и способов сотрудничества в рамках университетского взаимодействия. Для координации всех этих усилий желательно формирование в университете автономной социологической службы [1].

### Список литературы:

1. Голованова О.В., Солдатов А.В., Солдатов А.А. Социологическая служба университета как инструмент управления в судостроительном образовании // Морские интеллектуальные технологии. 2019. № 1 (43) Т. 1. С.204 – 209.
2. Мелкевик Б. Юридическая практика в свете философии права. СПб.: ИД «Алеф-Пресс», 2015. – 288 с.

*Голубев Роман Олегович,  
аспирант 1 курса,  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
морской технический университет»,  
г. Санкт-Петербург  
e-mail: swit.roma@mail.ru*  
*Зубов Николай Николаевич,  
научный руководитель, к.т.н., доцент  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
морской технический университет»,  
г. Санкт-Петербург  
e-mail: nikol.zubow2018@yandex.ru*

**Оптимизация состава вспомогательной судовой электростанции  
методом автоматизированного проектирования**

***Аннотация.** В работе определены условия эффективного применения систем расчетов и инженерного анализа для проектирования вспомогательной судовой электростанции. Приведены примеры сложного взаимодействия элементов энергетической установки, требующего применения таких систем. Описаны прикладные преимущества подхода.*

***Ключевые слова:** малооборотный двигатель, система автоматизированного проектирования, судовая электростанция.*

*Golubev Roman Olegovich,  
1st year graduate student  
Saint-Petersburg State Marine Technical University,  
Saint-Petersburg  
e-mail: swit.roma@mail.ru*  
*Zubov Nikolay Nikolaevich,  
Supervisor, candidate of technical sciences, docent  
Saint-Petersburg State Marine Technical University,  
Saint-Petersburg  
e-mail: nikol.zubow2018@yandex.ru*

## Optimization of auxiliary marine power plant scheme by automated design method application

**Abstract.** Conditions of computer aided engineering efficient application for auxiliary marine power plant design were explored. Several examples of power equipment interaction, where the technology is extremely important, are offered. Practical advantages of the approach are described.

**Key words:** low-speed engine, automated design system, auxiliary marine power plant.

Как известно, вспомогательная судовая электростанция (СЭС) – это элемент электроэнергетического комплекса, обеспечивающий энергией соответствующего типа все группы потребителей, кроме пропульсивной установки. Задача определения оптимальной схемы комплектации СЭС генераторными агрегатами актуальна для судов с высокой пропульсивной мощностью, создающей значительный ресурс утилизации, и имеющих на борту электропотребители, мощность которых соизмерима с пропульсивной.

Вопрос рассматривается в проекции на энергетическую установку (ЭУ) СПГ-танкера с малооборотными главными двигателями (МОД). В соответствии с [1] приблизительное значение мощность их вспомогательной СЭС определяется по формуле (1):

$$N_{\text{СЭС}} = 0,025 \sum N_{\text{ГД}} + 250 + N_{\text{КВД}} + N_{\text{УПСГ}}, \quad (1)$$

где  $N_{\text{ГД}}$  – мощность одного (из двух) МОД;  $N_{\text{КВД}}$  – мощность компрессоров газового топлива высокого давления;  $N_{\text{УПСГ}}$  – мощность установки повторного сжижения газа. Формулой электропотребители делятся на 3 группы: суммой первых двух слагаемых выражена мощность, приходящаяся на вспомогательную ЭУ и общесудовых потребителей (ОСП); два последующих – в соответствии с определениями (как высокомощные потребители они выделяются из групп ВЭУ и ОСП).

Энергетическая установка с намеренно избыточной элементной базой СЭС и группы потребителей электроэнергии, в соответствии с формулой (1), представлены на рисунке 1.

Как видно из рисунка 1, спектр типов применяемых электрогенераторных агрегатов достаточно широк. От рациональной комплектации ими СЭС зависят: энергетическая эффективность ЭУ, её экологичность,



сроки окупаемости судна, надёжная работа электропотребителей, а для СПГ-танкеров – даже объём перевозимого груза.

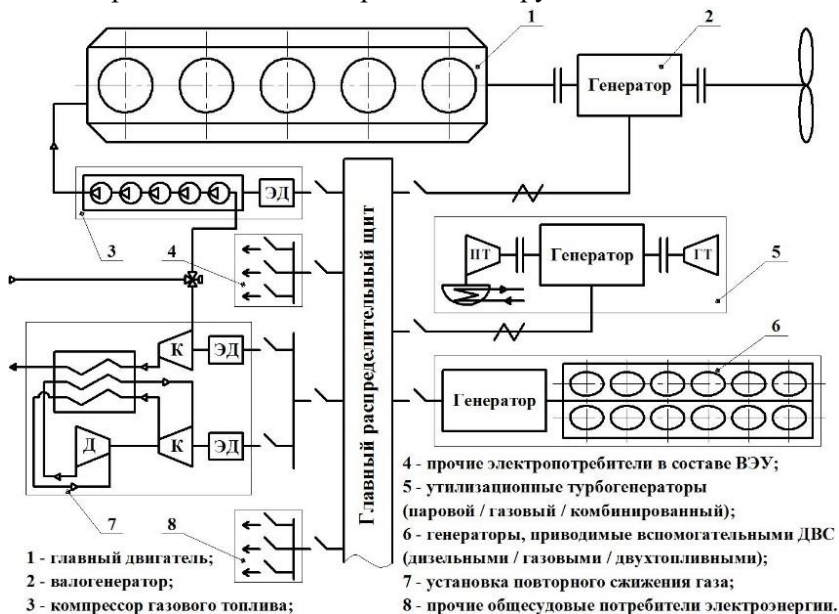


Рисунок 1 – Фрагмент схемы ЭУ СПГ-танкера и основные группы потребителей электроэнергии

На рис. 1 элементы схемы показаны объединёнными электроэнергетической и, частично, топливной системами. В действительности, при насыщенном элементном составе ЭУ, связи между агрегатами – множественны, например:

- если ЭУ работает на газовом топливе, то пропульсивный и электроэнергетический комплексы вступают во взаимодействие с системой удержания груза – происходит перераспределение испаряющегося в грузовых танках газа между установкой повторного сжижения и потребляющими его двигателями;
- если применяются валогенераторы, то пропульсивная установка становится непосредственно связанной с электроэнергетической; генераторные агрегаты СЭС переходят на режим параллельной работы с валогенераторами;
- если ЭУ оснащена системой глубокой утилизации теплоты, то опять-таки связи между главными двигателями и СЭС становятся более жёсткими; вспомогательные двигатели внутреннего сгорания, в составе

генераторных агрегатов СЭС, работают параллельно с утилизирующими паровыми и газовыми турбинами. К тому же изменяется характер взаимодействия двухтопливных главных двигателей с системой удержания груза – вследствие ухудшения экономичности первых.

Без адекватного учета этих и многих других связей оптимального состава СЭС достичь невозможно, как и невозможно учесть образующиеся связи прямым расчётом – по линейному алгоритму.

Сложившийся парадокс видится разрешимым путём внедрения систем автоматизированного проектирования, а именно систем расчётов и инженерного анализа. Описание примера подобной системы приведено в [2].

Создание подобных систем не обязывает к комплексному учёту характеристик ЭУ, а требует лишь понимания условий взаимодействия между «соседними» элементами системы. Комплексность учёта характеристик достигается итерационным машинным счётом по адекватно заданным логическим условиям.

Т.н. условия взаимодействия – это принципы трансформации энергии, а именно: алгоритмы расчёта экономичности двигателей, их производительности по отработавшим газам, температуры этих газов, потерь в системах и т.д.

С другой стороны, совокупностью логических условий формулируется целевая функция. Примерами таких функций могут быть: максимизация экономичности СЭС по топливу, минимизация агрегатного состава, максимизация полезной грузовместимости и т.д. Как правило, перед проектом ЭУ ставится несколько целей, а, значит, задача оптимизации становится поликритериальной.

Совкупностью принципов взаимодействия и ограничений, накладываемых на условия этого взаимодействия, формулируется комплексная математическая модель проектируемой системы.

Такой метод проектирования СЭС, электроэнергетического комплекса и всей судовой энергетической установки наиболее полно соответствует принципам системного подхода.

Эти и другие преимущества автоматизированного проектирования позволяют определять области рационального применения генераторных агрегатов различных типов и их комбинаций.

Список литературы:

1. MARPOL 73/78 Annex 5, Resolution MEPC.245(66), Guidelines on the method of calculation of the attained EEDI for new ships. 2014. – 30 с.
2. Р.О. Голубев. Система автоматизированного проектирования энергетической установки СПГ-танкера. // Сборник трудов. Региональная информатика и информационная безопасность. № 5, 2018. С. 466-470.

Григорьев Тарас Михайлович  
магистр,  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
морской технический университет»,  
г. Санкт-Петербург  
e-mail: taras.grigorev.82@mail.ru

**Использование инновационных аддитивных решений  
в создании крупногабаритных объектов морской техники**

***Аннотация.** В данной работе использован системно-функциональный подход в развитии технических систем для решения задачи создания и развития новых методов строительства объектов морской техники на примере корпуса судна. Использование инновационных аддитивных решений позволит снизить общий вес конструкции, повысить её физико-технические свойства, повысить грузо- и пассажировместимость.*

***Ключевые слова:** алгоритм решения изобретательских задач (АРИЗ), аддитивные технологии, аддитивная машина (АМ), цифровая верфь, прямое выращивание металлов, электроэнергетическая система (ЭЭС), общесудовая система (ОСС), инновации.*

Grigoriev Taras Mikhailovich  
Master program student,  
Saint-Petersburg State Marine Technical University,  
Saint-Petersburg  
e-mail: [taras.grigorev.82@mail.ru](mailto:taras.grigorev.82@mail.ru)

**Application of Innovational Additive Solutions for Manufacturing of  
Large-Scale Marine Engineering Facilities**

***Abstract.** The presented research uses the system-functional approach in the development of technical systems to solve the problem of developing new methods of marine equipment construction on the example of the hull. Application of innovational additive solutions for large-scale marine engineering facilities allows to decrease total weight, increase its physical and technical characteristics, increase cargo and passenger capacity.*

**Key words.** *Algorithm for solving inventive tasks (ARIZ), additive technologies, additive machine (AM), digital shipyard, direct metal growing, electric power system (EPS), water pipe systems (WPS), innovations.*

Новизна работы заключается в следующем:

1. в построение системы «корпус судна» использованы алгоритмы решения изобретательских задач и «принцип идеальности»;
2. при построении корпуса использованы аддитивные технологии выращивания конструкции;
3. рассмотрен вариант создания объёмной конструкции методом сворачивания одноплоскостной;
4. рассмотрен вариант прямого выращивания корпуса;
5. пересмотрена архитектура частей электроэнергетической и общесудовой систем.

Для выполнения функций обеспечения главных и вспомогательных систем судна, обеспечивающих перевозку и сохранность людей и грузов в проектировании ОСС и ЭЭС нужны не сами трубопроводы и кабель-трассы, а их главные полезные функции: проводить вещество и проводить электрическую энергию. Значит, исходя из требований идеальности, проводится переформулировка требования к корпусу: «Корпус судна должен безопасно для людей и грузов проводить жидкость, газ и электроэнергию от источника к потребителю». Решение такой инженерной задачи приведёт к передаче функций современных ОСС и ЭЭС корпусу судна будущего, что является объективной закономерностью развития систем. Возникающие положительные изменения в системах судна:

1. высвобождение дополнительного объёма для перевозки грузов и людей;
2. уменьшается общий вес и материалоемкость корпуса;
3. улучшение физико-химических и структурных характеристик корпуса.

Построение сложных ячеистых и пористых конструкций корпуса, способных проводить жидкости и электротокосоведущие элементы или среды более эффективно при помощи аддитивных методов построения сложных объектов с использованием металлических порошков. Задача упрощается, если корпус строить частями – бортовыми сегментами, являющимися продольными сборочными единицами корпуса судна.

Важность работы связана с активным освоением иностранными корпорациями сферы аддитивных технологий применительно к

авиакосмическому, двигательному и судостроению с применением порошковых металлов и неметаллических сверхпрочных композитов. Технологическое отставание в этих отраслях промышленности может отрицательно сказаться на суверенитете страны. Паритет и превосходство в данных технологиях – ключ к богатству и независимости страны, мощный стимул для развития смежных отраслей и создания новых рабочих мест в наукоёмком машиностроении. Переход к новым технологиям даст возможность сократить долю тяжёлого физического труда в судостроении. Материальное воплощение новых методов постройки судна – это автоматизированная верфь, оснащённая аддитивными машинами со стпель-площадками для постройки судов, где рабочий является инженером-оператором и наладчиком аддитивной машины. Комплекс мер по переходу от традиционных производств к цифровой промышленности повысит конкурентоспособность отечественного производителя и даст ощутимый экономический рост в стране.

#### Список литературы:

1. Зленко М.А., Нагайцев М.В., Довбыш В.М. «Аддитивные технологии в машиностроении», пособие для инженеров // НАМИ, Москва, 2015.
2. Туричин Г.А., Гоголюхина М.Е., Мамедова Л.Э. Инновационные лазерные технологии на судостроительном производстве: экономические, технологические и организационные аспекты // Азимут научных исследований: экономика и управление 4(2018).
3. Шваб К., Дэвис Н. Технологии четвертой промышленной революции // Эксмо-2018, 410 с.
4. Альтшуллер Г.С. Найти идею: Введение в ТРИЗ – теорию решения изобретательских задач/ – 10-е издание – М.: Альпина Паблишер, 2017. - 402 с.

*Григорьева-Голубева Виктория Аркадьевна*  
*д.п.н., заведующая кафедрой иностранных языков,*  
*ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный*  
*морской технический университет»,*  
*г. Санкт-Петербург*  
*e-mail: grig\_golubev@mail.ru*  
*Пань Ханюй*  
*магистрант кафедры электротехники*  
*и электрооборудования судов*  
*ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный*  
*морской технический университет»,*  
*г. Санкт-Петербург*  
*e-mail: panhangyu12@163.com*

### **Сравнительная характеристика современных авианосцев**

***Аннотация.** Статья посвящена сравнительной характеристике современных авианосцев. Здесь представлены сведения о классе боевых кораблей, приспособленных для обслуживания и базирования авиационных групп в качестве мобильной авиабазы, действующей в открытом море.*

***Ключевые слова:** авианосец, катапульты, трамплин, Китай*

*Viktoriia A. Grigorieva-Golubeva*  
*D.Sc. in Pedagogic Sciences Head of the*  
*Foreign Languages Department*  
*Saint-Petersburg State Marine Technical University,*  
*Saint-Petersburg*  
*Pan Hangyu*  
*Master engineering of Department of Electrical Engineering and*  
*Electrical Equipment of Ships*  
*Saint-Petersburg State Marine Technical University,*  
*Saint-Petersburg*

## Comparative characteristics of modern aircraft carriers

**Abstract.** *The article is devoted to the comparative characteristics of modern aircraft carriers. Here is information about the class of warships adapted for serving and basing aviation groups as a mobile air base operating on the high seas.*

**Key words:** *aircraft carrier, catapult, springboard, China*

Боевые корабли, представлявшие собой базу для летательных аппаратов, появились на рубеже XIX–XX веков. Поначалу к ним относились как к военно-техническим новинкам и их необходимость ставилась под сомнение. Например, российский аэростатоносец «Русь», зачисленный в списки флота в ноябре 1904 года, вскоре был продан «за ненадобностью».

Но достаточно быстро авианосцы из вспомогательного класса военных кораблей превратились в один из основных. В годы Второй мировой войны уже они, а не линкоры зачастую решали исход морских сражений и целых кампаний. В современном мире авианосцы – класс боевых кораблей, приспособленных для обслуживания и базирования авиационных групп в качестве мобильной авиабазы, действующей в открытом море. Основной ударной силой авианосца является базируемая на корабле палубная авиация, которая может иметь в своём составе и самолёты-носители ядерного оружия.

Сегодня применение авиации в военно-морских силах уже привычная практика. Во время проведения боевых действий при атаках наиболее удобно использовать воздушное вооружение. Однако первое время существовала проблема запуска самолета с палубы авианосца.

Механизмы, сделанные по типу катапульты, позволяют в несколько раз увеличить скорость взлета с авианосца. Первые образцы таких механизмов действовали по принципу рогатки – однако такой способ не получил развития. И в настоящий момент существует два варианта данного устройства. Рассмотрим каждый из них в отдельности.

Паровая катапульта. Здесь для ускорения используется пар, размещенный в специальных цилиндрах под взлетной полосой. На корме корабля монтируются направляющие, через которые проходит трос, тянущий истребитель по заданной линии. Этот трос прикреплен к поршню, находящемуся внутри цилиндра. После запуска пар выталкивает поршень, который в свою очередь тянет за собой самолет. В результате достигается скорость, равная 250 км/ч – достаточная для



поднятия воздушного судна в небо. В настоящее время паровая катапульта используется на американских авианосцах типа «Нимиц» и на авианесущих крейсерах некоторых других стран.

Электромагнитная катапульта. Новая система запуска самолетов, применяемая на недавно вышедшем авианосце США «Джеральд Р.Форд». Устройство электромагнитной катапульты состоит из троса, направляющего колеса, магнитной трубы с железным сердечником, а также индуктивных катушек и резисторов. Принцип действия схож с предыдущим устройством, при этом самолет набирает скорость под действием магнитного поля. Движение и последующий взлет самолета с авианосца возможен строго по направляющей.

При столь быстром разгоне воздушное судно вырабатывает огромное количество раскаленного газа. Поэтому перед стартом позади самолета поднимается специальное устройство – газоотражатель. Он защищает персонал и необходимые технические установки от горячих выбросов. Принцип работы паровой катапульты значительно уступает электромагнитному устройству. Во втором случае при запуске самолета отсутствует дополнительное паровое задымление, которое препятствует нормальному обзору, как со стороны пилота, так и со стороны остального персонала. При этом существует значительно меньше шансов аварийных нештатных ситуаций. Также современные методы катапультирования позволяют увеличить скорость взлета с авианосца.

Отличительной особенностью российского авианосца «Адмирал Кузнецов» является возможность использования на его борту тяжелых самолетов, которые не смогут взлететь с американских более модернизированных атомных аналогов. Корабль не имеет громоздких паровых и других катапульт, вместо этого палуба имеет трамплин с углом наклона  $14,3^\circ$ , благодаря ему и становится возможен взлет с авианосца.

На самом деле установка трамплина была вынужденной мерой. Катапульта требовала больших энергетических затрат, которые можно получить с помощью ядерных установок. В СССР же не планировалось строительство атомных авианосцев. Однако у такого судна имеются и достоинства: взлет самолетов с «Адмирала Кузнецова» может осуществляться в любой климатической зоне, в отличие от паровых катапульт, которые не смогут работать в Северном Ледовитом океане. Отсутствие любого вида катапульты существенно освобождает место

на корабле, в результате свободное пространство можно использовать для дополнительного вооружения.

В России производство современного атомного судна с боевыми самолетами на борту находится пока на этапе планирования. В случае начала строительства, электромагнитная катапульта на российском авианосце станет оптимальным устройством для подъема воздушных судов.

Электромагнитные катапульты почти во всех отношениях лучше паровых. Но довести их до рабочего состояния очень сложно. Американцы, имеющие самый большой в мире авианосный флот, занимаются такими системами уже более десяти лет, но все проблемы так и не решили. И на сегодня надежность паровой катапульты, по мнению специалистов, остается в два раза выше электромагнитной. Тем не менее, командование ВМС США приняло решение: все строящиеся авианосцы оснащать только электромагнитными катапультами.

В чем преимущества катапульты нового типа? Она значительно легче и компактнее паровой, плавнее и с большим ускорением разгоняет самолет, ее также можно регулировать под разную массу летательных аппаратов, базирующихся на корабле. Сейчас в России есть два полномасштабных имитатора взлетной палубы авианосца типа «Адмирал Кузнецов» – в Ейске и в Крыму.

В настоящее время единственной страной в мире, обладающей действующим прототипом электромагнитной катапульты, являются США. Их устройство получило название EMALS. По неофициальным данным, опытным образцом электромагнитной катапульты также располагает Китай. Китай занимается разработкой собственной электромагнитной катапульты с конца 1990-х годов. С 2002 года в стране велось строительство наземного испытательного комплекса с опытной электромагнитной катапультой, оно завершилось в 2014 году.

В Китае на сегодняшний день есть три авианосца. Первый авианесущий крейсер называется Ляонин. Он был заложен в 1985 на верфи в Николаеве для ВМФ СССР, как и у второго авианосца проекта 1143.6, конструкция корабля близка к однотипному российскому авианосцу «Адмирал флота Советского Союза Кузнецов» и тоже имеет расположенный под углом трамплин для взлета самолетов.

Второй авианосец «Тип 002» (или «Тип 001А») завершил третье морское ходовое испытание в октябре 2018 года. Из названия видно, что это копия первого авианосца. На нем также установлен взлетный

трамплин, но с небольшими изменениями, угол наклона трамплина был уменьшен на 2 градуса. Третий авианосец «Тип 003» строится на верфи в городе Шанхай, его планируют оснастить стандартной силовой установкой, то есть обойтись без ядерного реактора. По неофициальным данным он будет радикально отличаться от своих предшественников, его оборудуют электромагнитной катапультой, и он будет иметь водоизмещение порядка 80 тыс. тонн. То есть Китай перейдет из эпохи паровых катапульт прямо в эпоху электромагнитных.

При электромагнитном выбросе мгновенно потребляется огромное количество электрической энергии. Если авианосец не использует ядерную энергию для приведения в движение катапульты, непрерывная подача электроэнергии будет являться проблемой. Китай не полностью освоил технологию ядерных реакторов для авианосцев. Поэтому академик Ма Вайминг решил использовать иной подход. И стал решать технические проблемы технологии постоянного тока среднего напряжения и супер конденсаторов одну за другой, разработав тем самым морскую интегрированную энергетическую систему. Что позволило будущему китайскому авианосцу использовать полностью электрическую тягу, а авианосец смог использовать сеть передачи постоянного тока среднего напряжения для достижения любого переключения между постоянным и переменным током. Супер конденсаторы могут мгновенно сконцентрировать мощность всего корабля для электромагнитного выброса.

Хотя на данный момент электромагнитное оборудование не так популярно, как оборудование, работающее при взаимодействии с паром, у данного направления имеются большие перспективы на ближайшее будущее. Ведь электромагнитные катапульты в сравнении с паровыми имеют ряд ярко выраженных преимуществ. Так что даже при отсутствии атомного оборудования у Китая имеются все предпосылки для его создания и активного внедрения с дальнейшим использованием оборудования, основанного на взаимодействии электромагнитов.

#### Список литературы:

1. Бойко Е., Григорьев М., Кириллов В., Охочинский М. Мобильная стартовая установка // Старт будущее – 2017: Труды IV Науч.-техн. конф. молодых ученых специалистов. – СПб.: АО «КБСМ», 2017. . 72–75. [E. Boyko, M. Grigoriev, Kirillov, M. Okhochinskiy. Mobile starting

system. Launch into future-2017: Proceedings of IV Scientific and Technical Conference of young scientists and engineers. SPb.: AO KBSM, 2017, P. 72–75. (In Russian)].

2. Григорьев М., Охочинский М, Дигусов Н. Российские авианосцы XXI века. Логистический подход к проблеме создания // Инновации. 2016. 3(209). . 8–13. [М. Grigoriev, М. Okhochinskiy, N. Digusov. Russian aircraft carriers of the XXI century. Logistic approach to development challenges. Innovations. 2016; 3(209): 8–13. (In Russian)]

*Грицкевич Анна Игоревна*  
доцент, к.п.н.,  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
морской технический университет»,  
г. Санкт-Петербург,  
e-mail: a.i.merk@yandex.ru  
*Богданова Светлана Ефимовна*  
доцент, к.х.н.  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный морской  
технический университет»,  
г. Санкт-Петербург,  
e-mail: sbogdanova1@yandex.ru

### **О тестировании первокурсников по дисциплине «Химия»**

**Аннотация.** *Методика и результаты тестирования остаточных знаний первокурсников по дисциплине «Химия».*

**Ключевые слова:** *тестирование, обучение химии.*

*Gritskevich Anna Igorevna*  
Associate Professor, Ph.D.  
Saint-Petersburg State Marine Technical University,  
Saint-Petersburg  
e-mail: a.i.merk@yandex.ru  
*Bogdanova Svetlana Efimovna*  
Associate Professor, Ph.D.  
Saint-Petersburg State Marine Technical University,  
Saint-Petersburg  
e-mail: sbogdanova1@yandex.ru

### **Results of freshmen testing in discipline “Chemistry”**

**Abstract.** *Methodology and results of testing the residual knowledge of freshmen in the discipline "Chemistry".*

**Key words:** *testing, teaching of chemistry.*

Целью проведения тестирования являлась оценка остаточных знаний первокурсников по дисциплине «Химия», входящей в

образовательные программы 8-11 классов средней общеобразовательной школы. В тестировании приняли участие 447 первокурсников дневной формы обучения технических направлений и специальностей СПбГМТУ, то есть контингент обучающихся, только что окончивший среднюю школу, не сдававший ЕГЭ по химии и поэтому не имеющий специальной подготовки по дисциплине. На каждый вопрос тестов в среднем давали ответ 75 человек.

Задача тестирования состояла не в оценке полноты и глубины предметных знаний. Компетентностный подход, лежащий в основе современного образования, в качестве образовательного результата предполагает формирование способности использовать полученные знания [1]. Обязательным результатом обучения химии как естественнонаучной дисциплине, изучающей окружающий человека материальный мир, является соотнесение химических формул и реакций с реальными веществами и процессами. Именно на этот аспект химических знаний ориентировано содержание тестов.

Экспресс-тесты включали пять вопросов, составленных в соответствии с принятыми требованиями [2]. Один из вопросов в открытой форме – закончить уравнение простейшей неорганической реакции. С данным заданием справились 39% тестируемых (минимальный показатель по учебной группе – 14%, максимальный – 60%). Задание ориентировано на выявление ключевого для химии умения составлять химические формулы и описывать взаимодействие веществ посредством уравнения реакции.

Вопросы на знание формул веществ и химических процессов, используемых в быту, составлены в закрытой и открытой форме.

Знают формулы (было предложено выбрать один вариант ответа из пяти):

- поваренной соли ( $\text{NaCl}$ ) – 77%,
- сахара ( $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ ) – 53%,
- действующего компонента спиртных напитков ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ) – 56%,
- материала, из которого изготовлен полиэтиленовый пакет,  $(-\text{CH}_2-\text{CH}_2)_n$  – 46%,
- кислоты, которую используют для приготовления шашлыка ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) – 63%,
- газа, которого нет в воздухе ( $\text{Cl}_2$ ) – 63%.

Правильно выбрали химическую реакцию, используемую для получения тепла (горение алкана, единственную реакцию горения из всех вариантов), 29% тестируемых.

Правильно выбрали два варианта ответов из пяти:

- вещества, имеющие одинаковую химическую формулу (алмаз, графит – 79%, вода, лед – 89%),
- основные газы, входящие в состав воздуха ( $O_2$ ,  $N_2$ ) – 47%,
- основные компоненты стали (Fe, C) – 31%;
- вещества, образующиеся при горении бензина ( $CO_2$ ,  $H_2O$ ) – 16%.

Некоторые ответы вызывают глубокое удивление. Так, 11% тестируемых не включили в состав воздуха кислород, в качестве вещества, образующегося при горении бензина, 44% выбрали  $CH_4$ , 26% –  $H_2$  и 9% выбрали  $O_2$ .

Правильно ответили на вопрос с конструируемым ответом:

- полезное ископаемое, из которого получают бензин (нефть) – 95%,
- общее название полезных ископаемых, из которых получают металлы (руды) – 64%,
- металл, который при комнатной температуре является жидкостью (ртуть) – 70%,
- формула льда ( $H_2O$ ) – 85%,
- вещество, с которым при горении взаимодействует бензин ( $O_2$ ) – 29%,
- газ, которым насыщена газированная вода ( $CO_2$ ) – 54%.

Проведенное тестирование показывает целесообразность корректировки вузовского курса дисциплины «Химия» в рамках действующей программы. Желательно избегать излишней теоретизации учебного материала, большее внимание уделять рассмотрению и описанию на языке химии химических явлений в технических системах и окружающем нас мире.

Список литературы:

1. ФГОС среднего общего образования (утв. приказом Министерства образования и науки РФ от 17 мая 2012 г. N 413) // Система информационно-правового обеспечения «Гарант» URL: <https://base.garant.ru/70188902/8ef641d3b80ff01d34be16ce9bafc6e0> (дата обращения: 19.10.2019).
2. Ефремова Н.Ф. Подходы к оцениванию компетенций в высшем образовании. Учебн. пособ. – М: Исследовательский центр подготовки специалистов, 2010 – 215 с.

Гришаков Евгений Сергеевич  
инженер 2 кат.,  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
морской технический университет»,  
г. Санкт-Петербург  
e-mail: grishakove@mail.ru

### **Перспективные методы испытаний судового электрооборудования**

**Аннотация:** Рассматриваются современные требования электромагнитной совместимости к судовому электрооборудованию. Представлены результаты измерений импульсных напряжений. Даны результаты калибровки датчиков и пример их применения.

**Ключевые слова:** электромагнитная совместимость, импульсное напряжение, датчики, измерение.

Grishakov Evgenii Sergeevich  
Engineer  
Saint-Petersburg State Marine Technical University,  
Saint-Petersburg  
e-mail: grishakove@mail.ru

### **Perspective test methods for marine electrical equipment**

**Abstract.** Modern requirements of electromagnetic compatibility to ship electrical equipment are considered. The results of pulse voltage measurements are presented. The results of calibration of sensors and an example of their application are given.

**Key words:** electromagnetic compatibility, pulsed voltage, sensors, measurement.

Современное судно представляет собой сложную систему, включающую в себя многие технические средства с различными функциями и принципами действия. При этом характерно широкое использование в них современных электротехнических и электронных элементов, применение которых значительно облегчает управление судном. В электроэнергетических системах (ЭЭС) возникают сильные



электромагнитные помехи (ЭМП), которые могут быть кондуктивными и излучаемыми по полю. Одним из таких видов помех являются электростатические разряды (ЭСР). По причине пребывания судна в разных климатических условиях накопленный потенциал может достигать 25 кВ.

В нашей стране требования для испытаний судового электрооборудования на электромагнитную совместимость (ЭМС) определяет Российский Морской Регистр Судоходства (РС) [1]. Проведение испытаний выявляет дефектные радиоэлементы и даже разьёмы, а также правильность выбора схемотехнических решений при разработке. На сегодняшний день ЭО проверяют при непосредственном воздействии на корпус оборудования в контактном режиме амплитудой 6кВ и воздушном 8 кВ. На рисунке 1 представлена лабораторная установка для оценки распространения ЭСР по судовому кабелю.

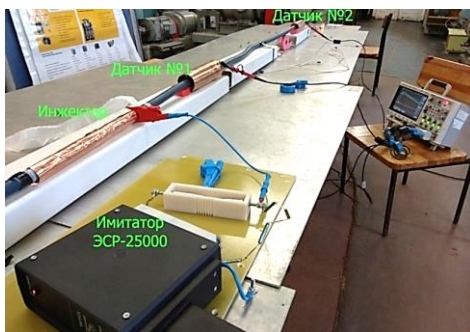


Рисунок 1 – Лабораторная установка, используемая при воздействии ЭСР 25 кВ на судовую кабель

В случае воздействия ЭСР амплитудой 25 кВ на экран судового кабеля, возникает импульсное напряжение, которое может распространяться на значительные расстояния (свыше 50 метров) по энергетическим системам судна. На рисунке 2 приведены результаты измерений импульсных помех, с помощью ранее откалиброванных датчиков.

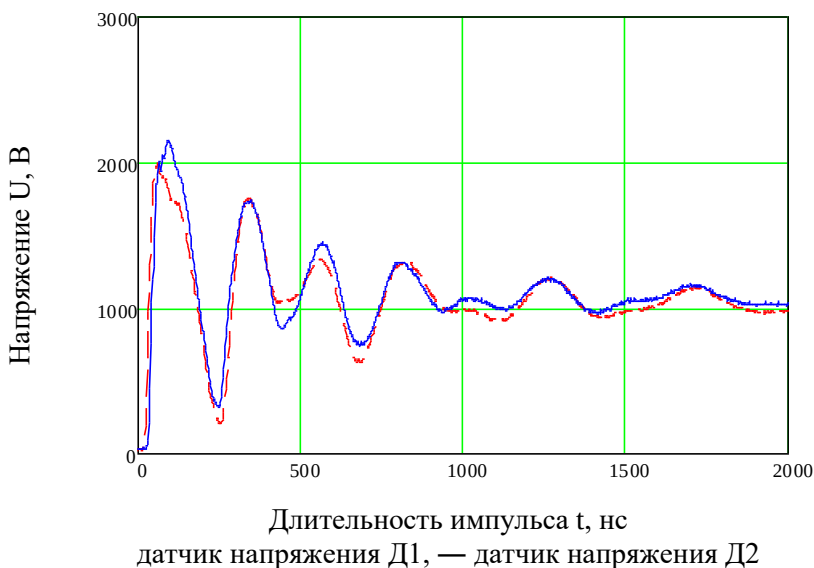


Рисунок 2 – Результат изменения напряжения во времени при ЭСР амплитудой 25 кВ положительной полярности в провод сечением  $2,5\text{мм}^2$  через инжектор на расстоянии 25 метров от точки разряда

Наведенное напряжение от ЭСР может влиять на сигнальные цепи и цепи управления уже менее устойчивого оборудования к таким помехам. Вероятность такого разряда существует, и следовательно, является актуальным вопросом при испытаниях ЭО по требованиям РС [2].

Представленная установка помогла оценить опасность возможной ситуации при разряде 25 кВ ЭСР в кабель для ЭО. Большинство судовых кабелей скрыто под обшивку, но имеются места, где все же, физический контакт человека возможен. Такое накопленное напряжение достаточно редко может быть сформировано, но так как уже существуют стандарты по испытаниям в других отраслях (военная промышленность, стандарты США), значит, и разработчики судового оборудования должны быть потенциально готовы к таким воздействиям.

### Список литературы:

1. Правила технического наблюдения за постройкой судов и изготовлением материалов и изделий для судов (Часть IV «Техническое наблюдение за изготовлением изделий» НД № 2-020101-118) Российского морского регистра судоходства, 2019 г.- СПб, Российский морской регистр судоходства 2019 г.
2. Агафонов А.М., Воршевский А.А., Воршевский П.А., Гришаков Е.С., Губанов Ю.А. Электромагнитная совместимость систем интеллектуального управления в условиях воздействия электростатических разрядов // Морские интеллектуальные технологии №1(43) Т.1 2019 с. 192-196.

*Дегтярева Софья Павловна*  
*студент (магистр),*  
*ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный*  
*морской технический университет»,*  
*г. Санкт-Петербург*  
*e-mail: Bulgakova.sf@gmail.com*  
*Ворожцова Елизавета Владиславовна*  
*студент (магистр)*  
*ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный*  
*морской технический университет»,*  
*г. Санкт-Петербург*  
*e-mail: odmans50@gmail.com*  
*Пескишев Сергей Александрович*  
*к.т.н.,*  
*ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный*  
*морской технический университет»,*  
*г. Санкт-Петербург*  
*e-mail: Sap.tosno@mail.ru*

**Моделирование макронапряжений в материале  
и определение их рентгенографическим методом  
(лабораторный практикум)**

***Аннотация.** При изготовлении изделий в материале появляются макронапряжения, негативно сказывающиеся в эксплуатации. Предложен рентгенографический метод определения макронапряжений на базе «метода –  $\sin^2\varphi$ », как лабораторный практикум, удовлетворяющий требованиям образовательного стандарта ФГОС и, главное, самостоятельного выполнения всех действий программы работы. Для этого дифрактометр снабжен нагружающим устройством, что позволяет самостоятельно нагружать образец и измерять в нем макронапряжения. Метод иллюстрирует пример определения напряжений в стали 20.*

***Ключевые слова:** макронапряжения, упругая деформация, метод- $\sin^2\psi$*

*Degtiareva Sofia Pavlovna*  
student (master)  
*Saint-Petersburg State Marine Technical University,*  
*Saint-Petersburg*  
*e-mail: Bulgakova.sf@gmail.com*  
*Vorozhtsova Elizabeth Vladislavovna*  
student (master)  
*Saint-Petersburg State Marine Technical University,*  
*Saint-Petersburg*  
*e-mail: odmans50@gmail.com*  
*Peskishev Sergei Aleksandrovich*  
Associate Professor, Ph.D.  
*Saint-Petersburg State Marine Technical University,*  
*Saint-Petersburg*  
*e-mail: Sap.tosno@mail.ru*

**Modeling the macro-stresses in material and its measure  
by mean x-ray method. (laboratory practicum)**

**Abstract.** *In the manufacture of products in the material there are macro-stresses that adversely affect the operation. The x-ray method of determination of macro-stresses on the basis of the method -  $\sin^2\psi$  is proposed as a laboratory workshop that meets the requirements of the educational standard of the GEF and, most importantly, the independence of all actions of the work program. The diffractometer is equipped with a loading device for self-loading the sample and measuring the macro-voltage in it. The method is illustrated by the example of determining the stresses in steel 20.*

**Key words:** *macro-stresses, elastic deformation, method- $\sin^2\psi$*

Многие проблемы, встречающиеся в материаловедении, решаются с помощью рентгеноструктурного анализа. Методы анализа достаточно хорошо разработаны и являются предметом изучения в лабораторных работах высших учебных заведений [1-3]. Однако лабораторным практикумам по рентгенографии присущ существенный недостаток. В целях обеспечения радиационной безопасности при его выполнении не допускается самостоятельная экспериментальная деятельность обучающихся и на их долю приходится, как правило, обработка результатов и расчеты. Рентгеновские дифрактометры типа «Промконтроль»

[4], для работы на которых, согласно «Экспертному заключению», не требуется получения специальной лицензии, позволяют обучающемуся самостоятельно производить рентгено съемку в полном соответствии с требованиями образовательного стандарта ФГОС. В связи с этим встал вопрос о разработке соответствующего лабораторного практикума по рентгенографии в материаловедении, куда входит представляемая работа по определению макронапряжений.

Исследование макронапряжений в изделиях является актуальной проблемой для современной техники, часто работающей при весьма экстремальных температурах и нагрузках. Для их анализа и определения требуется высокая подготовленность инженеров – металлосведов. В связи с этим лабораторный практикум по определению макронапряжений в образовательном процессе должен проводиться с полной самостоятельностью выполнения всех процедур, предусмотренных методом. Рентгенографическое определение макронапряжений, как наиболее эффективный способ, осуществляют чаще всего «методом -  $\sin^2\psi$ » [1, 2]. При выполнении лабораторных работ образец или изделие для исследования обычно предоставляют, полагая, что он содержит напряжения. Однако поскольку выполняющий работу не принимал участия в подготовке объекта исследования у него остаются сомнения в достоверности получаемых результатов его измерений. В целях устранения данной проблемы предложено включить в программу лабораторной работы нагружение испытываемого образца самим обучающимся. Для этого используемый дифрактометр ДР «Промконтроль» [4] комплектуется специализированной гониометрической приставкой ВЛДС-1, снабженной устройством для нагружения.

Обратим внимание, что *«не допускается определять напряжения в изделии, используя для этого вырезанный из него образец, т.к. разрезка приводит к изменению напряженного состояния и даже снятию макронапряжений»* [1].

### ***Особенности конструкции дифрактометра***

#### ***ДР «Промконтроль»***

Дифрактометр ДР «Промконтроль» является радиационно-безопасным, переносным, малогабаритным прибором. Он состоит из рентгенозащитного корпуса с дверцами 1, внутри которого установлена вертикальная перегородка 2 (рис.1). На ее лицевой стороне, за дверцами размещены главные элементы конструкции прибора. Это: источник

рентгеновских лучей 3 (с установленной внутри него рентгеновской трубкой БСВ-33), координатный детектор 4 (линейный или изогнутый) и площадка 5 для сменных столиков 6 или 7 контролируемого образца или кюветы с исследуемым материалом. Высоковольтный блок с трубкой 3 и детектор 4 закреплены на двух поворотных дисках гониометра, которые могут поворачиваться с помощью двигателя, расположенного на задней стороне перегородки. Поворот обоих дисков происходит одновременно, на один и тот же угол вокруг гониометрической оси, перпендикулярной плоскости перегородки и лежащей в плоскости образца, находящегося на столике 6. Выбор угла установки определяется задачей съемки. Рентгеновский луч, идущий из трубки, и дифрагированный луч, идущий в центр окна детектора, образуют с плоскостью образца один и тот же угол. Расположение фокуса рентгеновской трубки и центра входного окна детектора соответствует фокусирующей схеме Брегга-Брентано.

Перед окном трубки размещен блок сменных щелей 8, которые ограничивают расходимость пучка в горизонтальной и вертикальной плоскости. Там же располагается фильтр для поглощения  $K_{\beta}$ -составляющей в спектре излучения трубки. Размер щелей подбирается по мере необходимости, чтобы получить достаточную интенсивность дифракционных линий за разумное время экспозиции, в течение которой элементы системы остаются неподвижными.

Органы управления дифрактометром располагаются в нишах на правой стенке корпуса. Это: кнопка включения сети, при нажатии которой загорается светодиод; кнопки включения и выключения высокого напряжения на трубке, о чем сигнализируют лампочка, находящаяся рядом с ними, и фонарь 9 на корпусе. В соседней нише размещены кнопки поворота дисков, несущих в/в блок трубки 3 и детектор 4. При их нажатии на передней панели включается цифровой указатель угла 10. В нише находится кнопка включения индикатора угла 10 при неподвижных дисках и кнопка включения двигателя на столике образца 6 (рис.1) для реализации съемки с вращением.

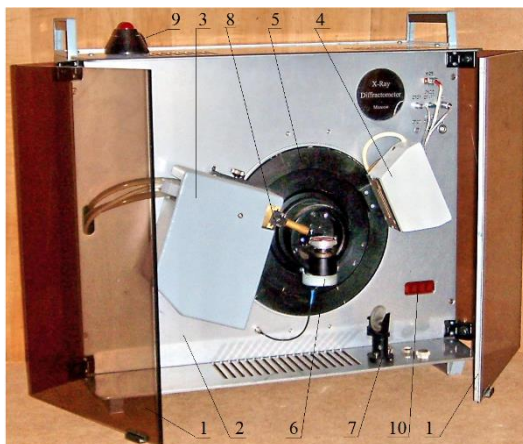


Рисунок 1 – Дифрактометр ДР «Промконтроль»  
вертикального исполнения

Прибор снабжен блокировками отключения высокого напряжения на трубке при отсутствии или недостаточном поступлении воды, а также при незакрытых передних дверцах. После установки образца на столик надевают сверху стакан дополнительной радиационной защиты.

### ***Гониометрическая приставка к дифрактометру***

В рентгенографическом методе -  $\sin^2\psi$  предусмотрено выполнение съемки при нескольких углах  $\psi$  установки образца и поворот вокруг нормали к поверхности при раздельном определении главных напряжений  $\sigma_1$  и  $\sigma_2$ . Для осуществления этих действий дифрактометр комплектуется гониометрической приставкой (рис. 2). Гониометрическая приставка – малый двух кружный гониометр. Приставка крепится в дифрактометре с помощью кольцеобразного диска на месте размещения сменных столиков для образцов. Диск является внешним кольцом подшипника, который служит для наклона и установки образца на требуемые углы  $\psi$  путем поворота вала внутреннего кольца подшипника вокруг оси гониометра.

Поворот вала производят находящимся за перегородкой шаговым двигателем с программным управлением или вручную. На внутреннем кольце подшипника с лицевой стороны смонтирована платформа Г-образной формы, несущая механизм поворота образца вокруг оси, перпендикулярной к гониометрической, что необходимо при осуществлении раздельного определения главных напряжений  $\sigma_1$  и  $\sigma_2$ . В центре



платформы расположен столик, на котором закрепляется блок нагружения образца либо держатель образцов и кювет для выполнения иных рентгенографических исследований.



Рисунок 2 – Гониометрическая приставка, установленная на оси дифрактометра

Механизм нагружения, установленный в гониометрической приставке, предназначен для создания макронапряжений в образцах различной формы и размеров, а также для их изменения, с целью моделирования напряженного состояния реальных изделий и анализа результатов воздействий, направленных на снижение или выравнивание напряжений.

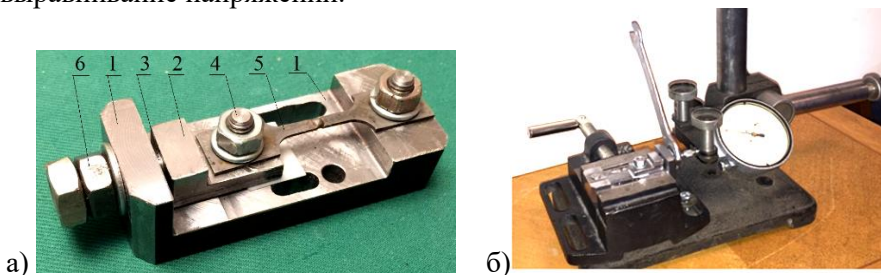


Рисунок 3 – Блок нагружения образца а), устройство нагружения образца в блоке б).

Устройство нагружения выполнено в виде автономного блока (рис. 3а) и состоит из рамы 1 и подвижной относительно нее

платформы 2 со штоком 3. В отверстия на правой стенке рамы и в платформе вмонтированы оси 4 перпендикулярно основанию рамы, снабженные гайками, для закрепления головок плоского образца 5. В левой стенке рамы выполнено отверстие параллельное основанию, через которое пропущен шток 3 платформы 2. На выходном конце штока выполнена резьба, на которую надета нажимная гайка 6. Образец 5 устанавливается на осях таким образом, что его плоскость располагается параллельно основанию рамы.

Для нагружения образца, раму блока зажимают в тисках (рис.3б), а затем постепенно затягивают нажимную гайку 6 на резьбе штока. Достижимую деформацию контролируют по данным тензодатчика, закрепленного на рабочей части образца, или на микроскопе по расстояниям между рисками разметки.

Представленная гониометрическая приставка позволяет производить рентгенографические исследования монокристалльных образцов, обладая возможностями для их ориентирования при съемке.

### ***Определение макронапряжений.***

В качестве примера приведены результаты исследования, выполненного на плоских образцах из стали 20 ( $\sigma_T=245$  МПа,  $E=19.7 \times 10^4$  МПа,  $\nu=0.31$ ) толщиной 0.5 и 1.0 мм (рис.4). Образцы, предназначенные для исследования сварных соединений, были разрезаны в середине расчетной длины, а затем соединены лазерной сваркой. На потравленную поверхность образца наносили разметку в виде штрихов, которая служила для определения создаваемой деформации. Подготовленный образец закреплялся в нагружающем устройстве и при всех дальнейших действиях (нагружение, рентгенографирование, разгрузка и измерения) образец оставался в нем.

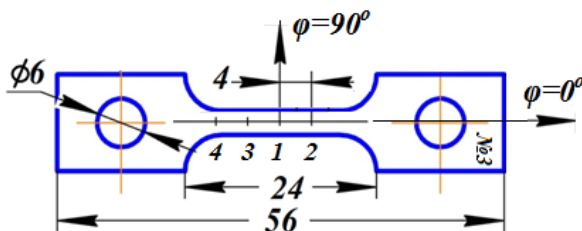


Рисунок 4 – Плоский образец с разметкой 0.5 - 1x4 мм  
(1, 2, 3, 4 – места съемки: в центре, справа, слева и у одного из заплечиков)

Нагружающее устройство с образцом закрепляли в гониометрической приставке. Серии измерений включали по четыре рентгено съемки при углах  $\psi=0$ ; 26.6; 39.2 и  $50.8^0$ , где  $\psi$  – это угол между нормалью отражающей плоскости (hkl) и нормалью облучаемой поверхности образца. Источник излучения (фокус трубки БСВ33 Fe) и детектор были установлены под углом  $72^0$  для регистрации отражения железа (220). Они оставались неподвижными во время съемки, как это предусмотрено в работе дифрактометра с координатным детектором. В целях уменьшения дефокусировки при изменении угла  $\psi$ , съемку производили с узкой щелью ( $\sim 0.1$  мм), обеспечивающей расходимость пучка менее  $0.3^0$ .

Все измерения брегговских углов  $\vartheta_\psi$  для последующих расчетов выполняли по линии дублета  $K_{\alpha 1}\text{Fe}$ . Съемку производили при двух углах  $\varphi=0^0$  и  $\varphi=90^0$ , где  $\varphi$  – это угол между осью образца и плоскостью падающего и дифрагированного лучей, перпендикулярной оси гониометра. В первом случае ( $\varphi=0^0$ ) в дифракции участвуют зерна поликристаллического образца, в которых производимое растяжение создает на плоскостях (011) нормальные и сдвиговые напряжения, а во втором ( $\varphi=90^0$ ) – нормальная составляющая напряжений должна отсутствовать.

Таблица 1 – Изменение брегговских углов  $\vartheta_\psi$  и межплоскостных расстояний d при изменении  $\psi$

| $\psi$ гр.                   | 0       | 26.6    | 39.2    | 50.8    |
|------------------------------|---------|---------|---------|---------|
| <b>Al (400)<sub>α1</sub></b> |         |         |         |         |
| d Å°                         | 1.0124  | 1.0125  | 1.0125  | 1.0125  |
| $\vartheta_\psi$ гр.         | 72.9710 | 72.9486 | 72.9411 | 72.9452 |
| <b>Fe (220)<sub>α1</sub></b> |         |         |         |         |
| d Å°                         | 1.0138  | 1.0137  | 1.0140  | 1.0139  |
| $\vartheta_\psi$ гр.         | 72.7166 | 72.7223 | 72.6754 | 72.6858 |

В таблице 1 представлены результаты определения брегговских углов  $\vartheta_\psi$  отражения (400) для Al и (220) для Fe (порошковый) при указанных углах съемки ( $\psi$ ), которые служили для коррекции калибровки детектора.

Программа испытаний включала последовательную серию рентгено съемок: недеформированного образца; в нагруженном состоянии; после разгрузки и повторно нагруженного образца. Съемку выполняли обычно в средней его части. В результате первоначального

нагружения образец был доведен до пластической деформации: полосы деформации наблюдались у обеих головок образца, но отсутствовали в его средней части. Повторное нагружение после разгрузки картину не изменило, а после догружения следы скольжения появились и в центральной части образца. Результаты определения угла  $\vartheta_\psi$  и расчета деформации  $\varepsilon_{\psi,\varphi=0} = (\sin\vartheta_0 - \sin\vartheta_\psi)/\sin\vartheta_\psi$ , а также расчета напряжений  $\sigma_\varphi$  и  $(\sigma_1+\sigma_2)$ , приведены в таблице 2. В качестве  $\vartheta_0$  в расчетах использовался угол  $\vartheta_{\psi=0}$ , полученный на не деформированном образце при съемке в положении  $\varphi=0$  и  $\varphi=90^\circ$ , как рекомендовано в руководстве [2]. Напряжения  $\sigma_\varphi$  и  $(\sigma_1+\sigma_2)$  рассчитывали из соотношения:  $\varepsilon_{\psi,\varphi} = -\nu E^{-1} (\sigma_1+\sigma_2) + (1+\nu)E^{-1}\sigma_\varphi \sin^2\psi$ , осуществляя аппроксимацию экспериментальных данных  $\varepsilon_{\psi,\varphi}=f(\psi)$  методом наименьших квадратов [5], используя для вычисления коэффициенты полученных линейных зависимостей  $\varepsilon_{\psi,\varphi}=f(\sin^2\psi)$ .

Таблица 2 – Измерение  $\sigma_\varphi$  при нагружении и разгрузке образца

| №  | Этапы нагружение–разгрузка | $\sigma_\varphi$ МПа |
|----|----------------------------|----------------------|
| 1  | Исходный                   | -48                  |
| 2  | 1-е нагружение             | 276                  |
| 3  | Разгрузка 1                | 14                   |
| 4  | 2-е нагружение             | 263                  |
| 5  | Разгрузка 2                | 27                   |
| 6  | 3-е нагружение             | 230                  |
| 7  | Разгрузка 3                | 27                   |
| 8  | 4-е нагружение             | 173                  |
| 9  | Разгрузка 4                | 48                   |
| 10 | 5-е нагружение             | 99                   |
| 11 | 6-е нагружение (догрузили) | 106                  |
| 12 | 7-е нагружение (догрузили) | 273                  |

Результаты измерений, полученные после нескольких нагружений с промежуточными разгрузками, а также после постепенного увеличения напряжений посредством догружения приведены в таблице 2. Измеренные значения макронапряжений, в таблице, находятся в соответствии с данными о пределе текучести стали 20, поскольку при всех нагружениях старались создать в образце условия для начала пластической деформации и упрочненного состояния.

Чтобы оценить картину распределения напряжений по длине растянутого образца, по завершении рентгеносъемки в середине (в 1-ом нагружении), была проведена съемка вблизи обеих головок, где, как указано, было отмечено появление полос скольжения. Результаты измерений приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Напряжения  $\sigma_\varphi$  в центре образца и вблизи головок

| $\Psi$ гр.<br>$\varphi=0^\circ$ | $\sin^2 \Psi$ | Исходный         |                        | 1-е нагружение   |                        |                  |                        |                  |                        |
|---------------------------------|---------------|------------------|------------------------|------------------|------------------------|------------------|------------------------|------------------|------------------------|
|                                 |               |                  |                        | У правой головки |                        | В середине       |                        | У левой головки  |                        |
|                                 |               | $\vartheta_\Psi$ | $\varepsilon_{\Psi,0}$ | $\vartheta_\Psi$ | $\varepsilon_{\Psi,0}$ | $\vartheta_\Psi$ | $\varepsilon_{\Psi,0}$ | $\vartheta_\Psi$ | $\varepsilon_{\Psi,0}$ |
| 0                               | 0             | 72.5897<br>3     | 0                      | 72.64718         | -3.1                   | 72.6318<br>0     | -2.1                   | 72.67337         | -4.2                   |
| 26.6                            | 0.2           | 72.5799<br>0     | 1.1                    | 72.59966         | 0                      | 72.5697<br>4     | 1.1                    | 72.57771         | 1.1                    |
| 39.2                            | 0.4           | 72.5587<br>2     | 2.1                    | 72.51256         | 4.2                    | 72.4964<br>0     | 5.2                    | 72.49382         | 5.2                    |
| 50,8                            | 0.6           | 72.5568<br>4     | 2.1                    | 72.45204         | 7.3                    | 72.4437<br>8     | 8.4                    | 72.43092         | 8.4                    |
| $\sigma_\varphi$                | МПа           | 68               |                        | 327              |                        | 327              |                        | 385              |                        |

\*Во всех таблицах  $\varepsilon_{\Psi,\varphi}$  – это деформация, умноженная на  $10^4$ .

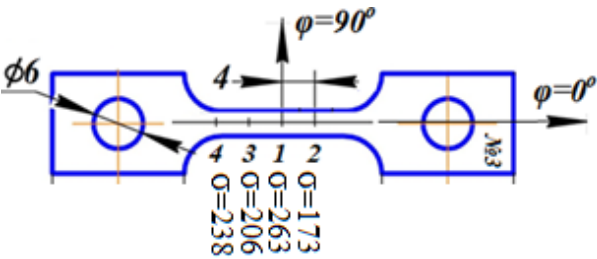


Рисунок 5 – Плоский образец с разметкой, в точках которой измеряли напряжения  $\sigma_\varphi(\varphi = 0)$

Картину распределения напряжений на расчетном участке образца иллюстрирует также рис. 5. Наблюдаемая неравномерность  $\sigma_\varphi$ , полагаем, обусловлена неравномерностью пластической деформации и соответствующего ей деформационного упрочнения материала.

Предполагаем, что у плоскостей (011), которые параллельны оси образца, не должно быть нормальных напряжений при одноосном

растяжении. В целях проверки, определяли  $\sigma_\varphi$  (в первом и повторном нагружении), выполняя съемку при  $\varphi=90^\circ$ , где изменяли угол  $\Psi$  поворотом образца вокруг его оси. Результаты этих испытаний, представленные в таблице 4, и данные, приведенные на рис.6, подтверждают указанное предположение.

Таблица 4 – Результаты съемки в положениях  $\varphi=0^\circ$  и  $\varphi=90^\circ$ .

| $\Psi_{гр.}$     | $\sin^2 \Psi$ | 1-е нагружение    |                        |                    |                        | 2-е нагружение    |                        |                    |                        |
|------------------|---------------|-------------------|------------------------|--------------------|------------------------|-------------------|------------------------|--------------------|------------------------|
|                  |               | $\varphi=0^\circ$ |                        | $\varphi=90^\circ$ |                        | $\varphi=0^\circ$ |                        | $\varphi=90^\circ$ |                        |
|                  |               | $\vartheta_\Psi$  | $\varepsilon_{\Psi,0}$ | $\vartheta_\Psi$   | $\varepsilon_{\Psi,0}$ | $\vartheta_\Psi$  | $\varepsilon_{\Psi,0}$ | $\vartheta_\Psi$   | $\varepsilon_{\Psi,0}$ |
| 0                | 0             | 72.6471<br>8      | -3.1                   | 72.6260<br>8       | -2.0                   | 72.62180          | -1.7                   | 72.6013<br>3       | -0.6                   |
| 26.6             | 0.2           | 72.5996<br>6      | -0.5                   | 72.5941<br>0       | -0.2                   | 72.55643          | 1.9                    | 72.5754<br>6       | 0.8                    |
| 39.2             | 0.4           | 72.5125<br>6      | 4.3                    | 72.6287<br>7       | -2.1                   | 72.47982          | 6.1                    | 72.5899<br>0       | 0                      |
| 50,8             | 0.6           | 72.4520<br>4      | 7.7                    | 72.6505<br>0       | -3.2                   | 72.43778          | 8.4                    | 72.6257<br>7       | -1.9                   |
|                  |               | 72.6471<br>8      | -3.1                   | 72.6260<br>8       | -2.0                   | 72.62180          | -1.7                   | 72.6013<br>3       | -0.6                   |
| $\sigma_\varphi$ | МПа           | 341               |                        | 50                 |                        | 316               |                        | 43                 |                        |

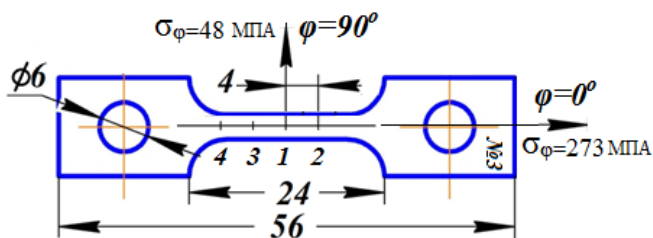


Рисунок 6 – Напряжения  $\sigma_\varphi$  при  $\varphi=0^\circ$  и  $\varphi=90^\circ$  после 7-го нагружения

Испытания, которые были проведены на образцах из других материалов, а также при иных режимах нагружения, показали результаты подобные, представленным выше.

### Заключение

1. Предложенное техническое решение имеет своей целью дать возможность наглядно реализовывать рентгенографический метод определения макронапряжений с высокой степенью достоверности получаемых результатов.

2. Разработанная гониометрическая приставка к дифрактометру ДР «Промконтроль» позволяет создавать и исследовать напряженное состояние в контролируемом образце и изменять его, моделируя известные методы воздействием. Она может быть предложена в связи с отсутствием эталонов, в качестве средства создания контрольных образцов при испытаниях макронапряжений в изделиях,

3. Экспериментально показана работоспособность предложенной конструкции на примере создания и изучения макронапряжений в стали 20.

4. Предложенный метод и устройство можно рекомендовать для учебного процесса в качестве лабораторного практикума по исследованию макронапряжений, как удовлетворяющий требованиям образовательного стандарта.

#### Список литературы:

1. Уманский Я.С., Скаков Ю.А., Иванов А.Н., Расторгуев Л.Н.. Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия. М. Металлургия, 1982, 632 с.

2. Горелик С.С., Скаков Ю.А., Иванов А.Н., Расторгуев Л.Н. Рентгенографический и электронно-оптический анализ. М.МИСИС. 2002, 359 с.

3. Иванов А.Н., Ягодкин Ю.Д. Применение дифракционных методов для технологического контроля материалов / «Металловедение и термическая обработка металлов», 2000, №8, с. 11–15.

4. Парилов И.В., Сидохин А.Ф., Сидохин Е.Ф., Сиротинкин В.Н. Рентгеновский дифрактометр с координатным детектором. /«Заводская лаборатория», 2006, т.72, №7, с.32 - 35.

5. Гутер Р.С., Овчинский Б.В. Элементы численного анализа и математической обработки результатов опыта. М. Наука. 1970 432с.

*Дегтярева Софья Павловна*  
*студент (магистр),*  
*ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный*  
*морской технический университет»,*  
*г. Санкт-Петербург*  
*e-mail: Bulgakova.sf@gmail.com*  
*Ворожцова Елизавета Владиславовна*  
*студент (магистр),*  
*ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный*  
*морской технический университет»,*  
*г. Санкт-Петербург*  
*e-mail: odmans50@gmail.com*

**Контроль ориентировки монокристалльных изделий  
рентгенографическим методом Лауэ  
(лабораторный практикум)**

***Аннотация.** Согласно образовательному стандарту процесс обучения должен включать лабораторный практикум, в котором студенты самостоятельно выполняют всю экспериментальную часть. В статье представлен разработанный комплект лабораторных работ по изучению метода Лауэ, используемого материаловедцами при исследовании и контроле монокристалльных изделий, удовлетворяющий указанному требованию.*

***Ключевые слова:** монокристалл, ориентировка, эпиграмма.*

*Degtiareva Sofia Pavlovna*  
*student (master)*  
*Saint-Petersburg State Marine Technical University,*  
*Saint-Petersburg*  
*e-mail: Bulgakova.sf@gmail.com*  
*Vorozhtsova Elizabeth Vladislavovna*  
*student (master)*  
*Saint-Petersburg State Marine Technical University,*  
*Saint-Petersburg*  
*e-mail: odmans50@gmail.com*



## **Control of orientation of single-crystal products x-ray diffraction method Laue (laboratory workshop).**

**Abstract.** *According to the educational standard, the learning process should include a laboratory workshop in which students independently perform the entire experimental part. The article presents the developed set of laboratory works on the study of the Laue method used by material scientists in the study and control of single-crystal products, satisfying this requirement.*

**Key words:** *single crystal, orientation, epigram.*

### **1. Введение**

Методы рентгеноструктурного анализа являются необходимым инструментом металлургических исследований в различных областях науки и техники [1–3]. Их изучение является важным аспектом образовательного процесса студентов материаловедов [2]. Однако студенты не могут самостоятельно выполнять экспериментальную часть лабораторных работ по рентгенографии из-за проблем радиационной безопасности при работе с источниками рентгеновского излучения типа ДРОН. Поэтому их действия сводятся, в основном, к обработке полученных результатов и к расчетам. В тоже время согласно требованиям образовательного стандарта ФГОС экспериментальная часть лабораторных работ должна выполняться студентами самостоятельно.

Рентгеновские установки типа «КРОС-3» [4] и «Промконтроль» [5] позволяют осуществлять лабораторный практикум по «Рентгеновским методам в материаловедении» в полном объеме требований ФГОС ВПО, поскольку они согласно Экспертному заключению «освобождены от радиационного контроля и учета и необходимости получения лицензии на работу с ними». В связи с этим разработан комплект лабораторных работ по исследованию монокристаллов методом Лауэ на установке «КРОС-3». Выбор метода Лауэ для изучения и освоения обусловлен тем, что он имеет практическое применение и не только в научных исследованиях, но и в промышленности. Его используют, например, при производстве монокристаллических лопаток турбин газотурбинных двигателей, корпусов ТВЭЛ-ов и др. В двигателестроении метод и установку КРОС-3 применяют для массового заводского контроля целого ряда деталей, включая лопатки и множество вспомогательных изделий: конуса, стержни, заправки и др.

Представленный лабораторный практикум «Исследование монокристаллов методом Лауэ» включает три лабораторные работы: 1) Определение ориентировки монокристаллов методом Лауэ по эпиграммам; 2) Определение разориентировки субзерен в монокристаллах и монокристалльных изделиях; 3) Определение ориентировки следов скольжения и ориентационных факторов действующих систем скольжения в монокристалльных образцах для механических испытаний и монокристалльных изделиях, подвергающихся деформации в ходе своей работы. Все три работы построены на съемке и анализе обратных лауэграмм – эпиграмм, которая чаще всего реализуется в практической деятельности материаловедов.

## **2. Конструкция рентгеновской установки КРОС-3**

В методе Лауэ исследуемый объект остается при съемке неподвижным и облучается пучком рентгеновского излучения сплошного спектра, что отражено в конструкции установки РДУ «КРОС-3». Установка является радиационно-безопасной, имеет небольшие размеры, т.ч. полностью размещается на плоскости рабочего стола обычных размеров (рис. 1). Она включает в себя: оперативный блок, блок управления источником рентгеновских лучей, лазерный считыватель Digora Optima (Финляндия) и компьютер.



Рисунок 1 – Организация рабочего места контролера

Оперативный блок, размеры которого зависят от габаритов контролируемых изделий, выполнен в виде корпуса радиационной защиты с дверцами (рис. 1). Внутри него установлен штатив 1 (рис. 2), на котором смонтированы маломощный источник рентгеновских лучей

(менее 100вт) 2 с установленной в нем серийной рентгеновской трубкой БСВ-33 водяного охлаждения с молибденовым или вольфрамовым анодом 3. Напротив окна трубки смонтирован коллиматор 4 со стеклянным капилляром по оси. На конце корпуса коллиматора 4 закреплен столик 5, несущий сменную диафрагму 6 и обеспечивающий возможность ее юстировки перемещением в двух направлениях перпендикулярных оси коллиматора 4. На столике 5 закреплена платформа 7 с магнитами для установки съемного детектора 8 с отверстием в центре.

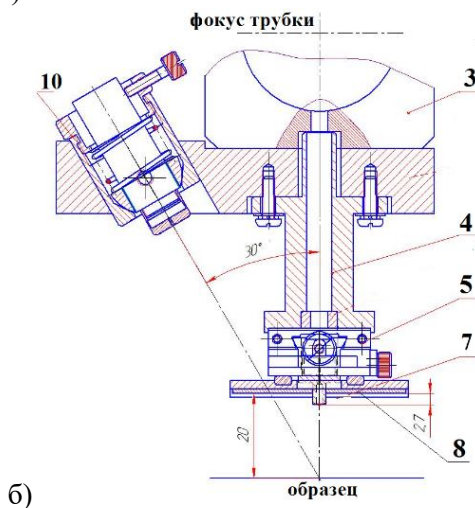
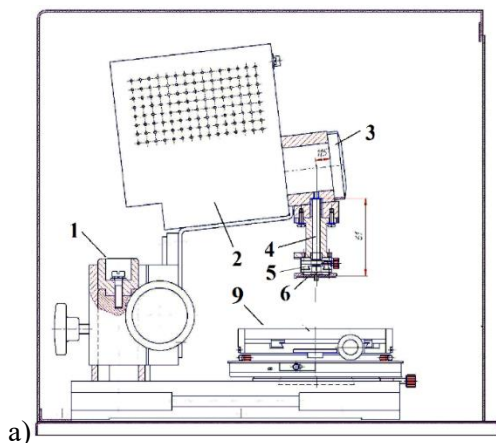


Рисунок 2 – Оперативный блок (а) и система позиционирования (б)

В нижней части штатива 1 располагается столик 9 с оснасткой для установки контролируемого изделия с возможностью его поворота вокруг оси рентгеновского пучка и поступательного перемещения в двух направлениях перпендикулярно оси. Штатив 1 позволяет регулировать расстояние между поверхностью объекта исследования и детектором 8.

В качестве детектора, регистрирующего эпиграмму, в установке используются пластины с памятью (со слоем фотостимулируемого люминофора), применяемые в стоматологии. Они имеют значительно более высокую чувствительность, чем фотопленка, и допускают многократное использование – до 10 тысяч снимков. В центре пластины выполнено отверстие, через которое на контролируемый участок поверхности образца направляют рентгеновский луч, идущий перпендикулярно плоскости пластины. Положение пятна лазерной указки (9) соответствует точке падения рентгеновского луча на поверхность образца, что позволяет направить рентгеновский пучок на выбранный для исследования фрагмент пробы.

При работе с прибором РДУ «КРОС-3» полную безопасность работающего персонала обеспечивает радиационно-защитный корпус, что подтверждено «Экспертным заключением». На корпусе закреплены микро-выключатели блокировок, которые препятствуют включению высокого напряжения на трубке при неплотном закрывании дверей. Оперативный блок соединен с блоком управления источником рентгеновских лучей, лазерной указкой и микро-выключателями. Он позволяет изменять напряжение и анодный ток трубки и продолжительность экспозиции. По окончании экспозиции, которая составляет несколько минут, рентгеновский источник автоматически отключается и можно открыть дверцы и снять детектор. Цепь водяного охлаждения, подаваемого на рентгеновскую трубку через корпус защиты, также снабжена блокировкой отключения высокого напряжения при недостаточном давлении воды.

### **3. Выполнение лабораторных работ.**

Лабораторные работы выполняют на приборе РДУ «КРОС-3». Они включают съемку эпиграмм и их обработку с помощью программного комплекса ПК «КРОС-3».

#### **3.1. Съемка эпиграммы.**

Для съемки эпиграмм открывают дверцы кожуха оперативного блока, на столик помещают контролируемый образец или несущую его оснастку. Заметим, что поверхность образца, на которую направляют

рентгеновский луч, не обязательно должна быть плоской. С помощью лазерной указки и подвижек столика, подводят контролируемый участок образца в точку падения рентгеновского луча. После этого следует установить на платформу пластину – регистратор. Закрыв дверцы блока, включают высокое напряжение источника рентгеновских лучей кнопкой, совмещенной с таймером. По окончании заданной экспозиции открывают дверцы и снимают пластину-детектор.

Пластину, на которой зарегистрирована эпиграмма, следует вставить в приемное окно лазерного считывателя Digora Optima. Через несколько секунд на экране монитора компьютера появляется изображение эпиграммы. Эпиграмме присваивают номер и экспортируют либо в архив для обработки в удобное время после завершения работы, либо сразу в программу обработки.

### 3.2. Работа с программным комплексом ПК «КРОС-3».

Программный комплекс предназначен для определения по снятой эпиграмме ориентировки монокристалльного образца, отдельных зёрен в поликристаллическом образце, их взаимной разориентации, а также ориентировки кристаллографических направлений, плоскостей и их следов в системе координат исследуемого образца.

Зарегистрированную эпиграмму открывают во входном окне программы (рис.3), используя кнопку «Старт». Ориентируясь по виду эпиграммы – расположению пятен, следует выбрать для обработки одну из стандартных сеток, предложенных в окне просмотра, 001, 011 или 111 (рис.3). В приведенном примере правильному выбору соответствует стандартная сетка 110. Нажатие кнопки (110), открывает окно (рис.4) программы с вложенной в него эпиграммой исследуемого кристалла. Программа построена таким образом, что требуемые параметры ориентировки кристалла определяются самостоятельными действиями выполняющего лабораторную работу посредством кнопок, расположенных вокруг окна с эпиграммой, а справа будут выведены полученные результаты. В программе предусмотрена также возможность определения ориентировки нажатием одной кнопки, как это необходимо, например, при проведении производственного контроля по установлению соответствия ориентировки требованиям допуска.

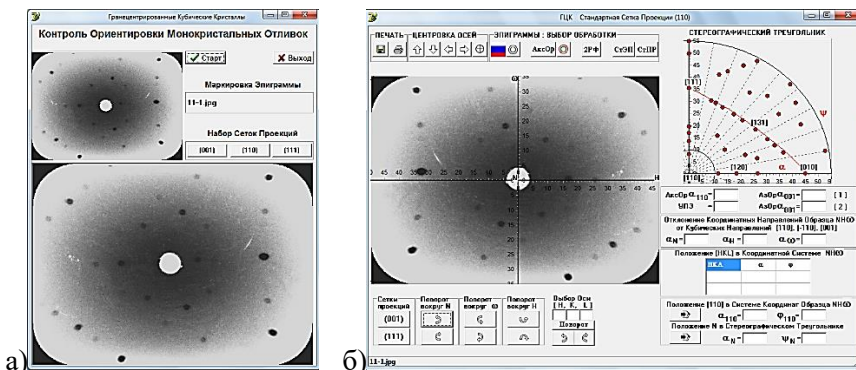


Рисунок 3 – Окно просмотра и выбора сеток проекций для расчетов а) и панель определения ориентировки кристалла б)

Обработка начинается с ввода стандартной эпиграммы кнопкой СтЭП. В рассматриваемом примере она соответствует стандартной сетке 110 и представлена. точками зеленого цвета в положении, когда рефлекс 110 находится в центре (N), а по другим осям лабораторной системы координат образца (H,  $\omega$ ) идут направления  $[-110]$ ,  $[001]$  (рис.4). Перемещая стандартную эпиграмму кнопками на панели, расположенными внизу, добиваются совмещения ее пятен с пятнами снятой эпиграммы. Перемещение стандартной эпиграммы соответствует повороту кристалла вокруг осей H $\omega$ N или вокруг нормали выбранного рефлекса.

Осуществив совмещение эпиграмм, показанное на рис.4, нажатием кнопки 5 получают искомые данные, приведенные справа на рис.4б. Здесь же представлена информация о положении оси  $\omega$  (или H) в стандартном треугольнике.

При необходимости можно установить индексы hkl любого рефлекса совмещенных эпиграмм и координаты нормали этого рефлекса. Для этого достаточно навести стрелку-указатель на выбранный рефлекс, и нажать левую кнопку мыши. Результаты появятся в таблице справа. Они нужны при выполнении построений графическим методом в следующих лабораторных работах

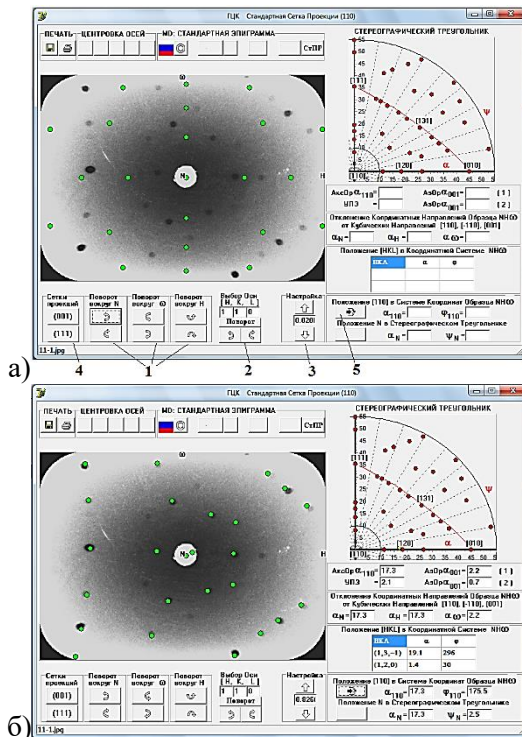


Рисунок 4 – Вид панели после ввода стандартной эпиграммы а),  
совмещение эпиграмм и выполнение расчета б)

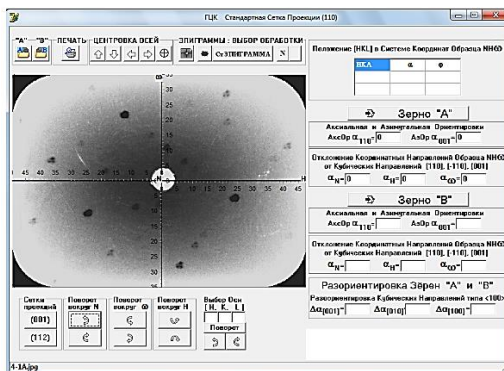


Рисунок 5 – Рабочая панель программы определения  
разориентировки

Определение параметров разориентировки блоков в монокристалльном или отдельных зерен в поликристаллическом образце производится с помощью другой программы. Она включает поочередную съемку двух эпиграмм выше описанным способом от двух интересующих фрагментов «А» и «В». Для последующей работы с ними поочередно выбирают и вводят в панель обработки (рис. 5) каждую из эпиграмм по выше представленной схеме с помощью окна просмотра и выбора сеток проекций (рис.3).

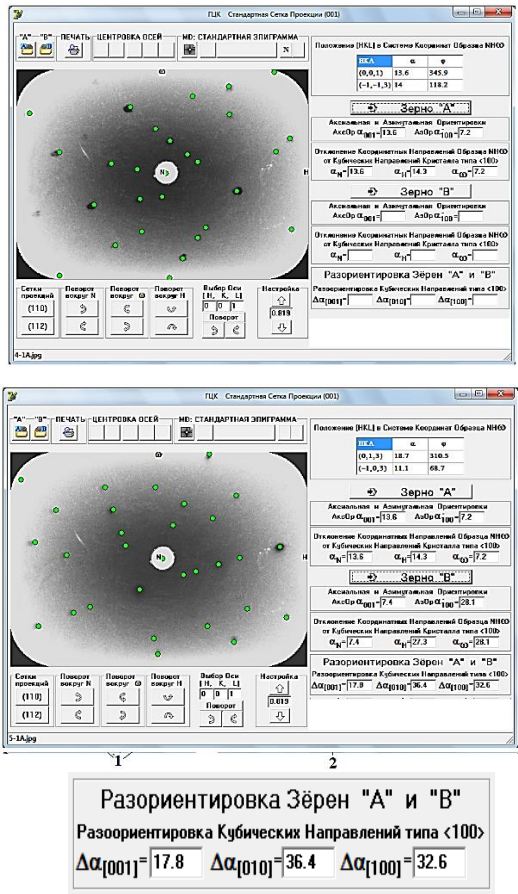


Рисунок 6 – Рабочие окна эпиграмм зерен «А» и «В» и результаты определения их разориентировки:  $\Delta\alpha_{100}$ ,  $\Delta\alpha_{010}$ ,  $\Delta\alpha_{001}$



В верхней части окна панели расположены кнопки «А» и «В», которые позволяют оператору либо взамен ранее открытой выбрать другую эпиграмму (нажатие возвращает в окно выбора), либо ввести из «Архива» эпиграмму второго зерна (В) по завершении работы с зерном А, соответственно (рис.5).

С правой стороны (рис.5) расположены кнопки и окна результатов обработки. Таблица в верхней части справа показывает индексы рефлексов и углы отклонения нормалей выбранных рефлексов от оси N и оси Н:  $\alpha$  – аксиальный и  $\varphi$  – полярный

После того, как достигнуто совмещение пятен реальной и стандартной эпиграмм, демонстрируемое на рис.6а для зерна «А», следует нажать справа кнопку Зерно «А» и в окнах появятся результаты, характеризующие ориентировку зерна А. Далее следует перейти к работе с эпиграммой зерна В, нажав кнопку «В». Последующие действия начинаются с позиции ввода эпиграммы зерна «В» и повторяют выполнявшиеся ранее (рис.6б).

После совмещения пятен реальной и стандартной эпиграмм и нажатия кнопки Зерно «В» в окнах под ней будут представлены данные об ориентировке зерна В и результаты расчета разориентировки зерен «А» и «В», т.е. углы разориентировки кубических направлений в них.

*Определение ориентировки следов скольжения на поверхности монокристалльного образца* для механических испытаний или в зернах материала с крупным зерном. Работа включает также расчет параметров, характеризующих развитие деформации. Она выполняется, как и прежде, путем съемки и обработки эпиграмм, но с использованием самостоятельной программы.

Для ознакомления с производственным применением данного метода можно обратиться к результатам анализа кристаллогеометрии изломов в термоциклических испытаниях, а также к исследованию изломов турбинных лопаток, возникших при их разрушении в эксплуатации [6].

Все действия и их последовательность при съемке эпиграмм совершаются так же, как изложено выше. Однако исследуемый образец для механических испытаний при съемке должен быть установлен своей осью вдоль одной из осей (Н,  $\omega$ , N) лабораторной системы координат прибора. Программный комплекс позволяет определить кристаллографическую ориентировку исследуемого монокристалла в лабораторной системе координат прибора. Результаты последующего расчета включают данные о факторах Шмида систем скольжения

каждого из кристаллов образца, а также данные о положении следов плоскости скольжения главной (первичной) системы скольжения (или любой интересующей) на поверхности образца.

Снятая эпиграмма выводится в окно панели обработки, где производят ее совмещение со стандартной эпиграммой и определение параметров ориентировки, точно также как это делалось ранее. Обработка эпиграммы демонстрируется на примере монокристалльного образца из жаропрочного никелевого сплава с ГЦК решеткой. Картина после совмещения исходной и стандартной эпиграмм и последующего расчета приведена на рис. 7.

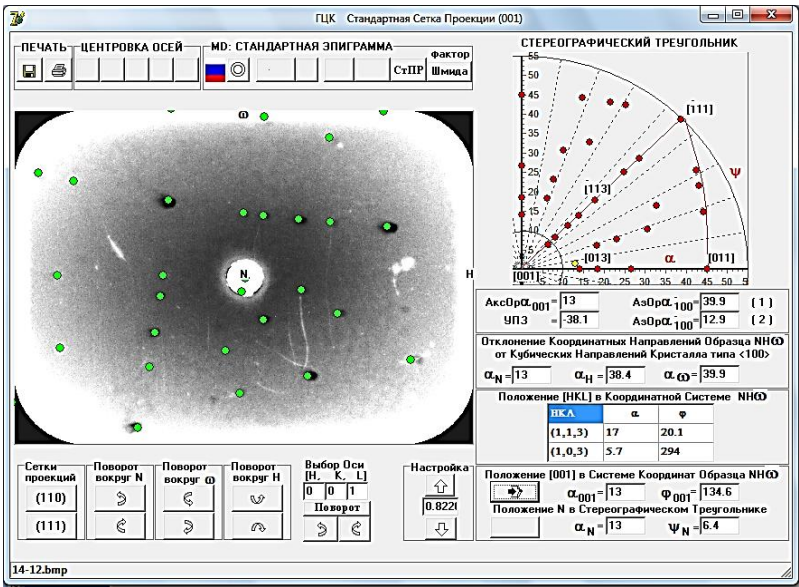


Рисунок 7 – Картина совмещения эпиграмм и результаты расчета

Для определения величины ориентационных факторов (фактор Шмида) возможных систем скольжения в исследуемом образце достаточно нажать кнопку «фактор Шмида» в верхней части окна. В открывшейся панели рис.8а представлены значения произведения ( $\cos\varphi \cos\lambda$ ) для всех систем скольжения. При желании кнопкой ( $\varphi - \lambda$ ) можно открыть таблицу углов  $\varphi$  - нормалей плоскостей скольжения {111} и  $\lambda$  - направлений скольжения <110> с осью образца (рис.8б). Здесь же приведены углы  $\delta$  следов плоскостей скольжения с осью образца  $\omega$  на широкой грани и углы  $\mu$  направлений сдвига с осью N.

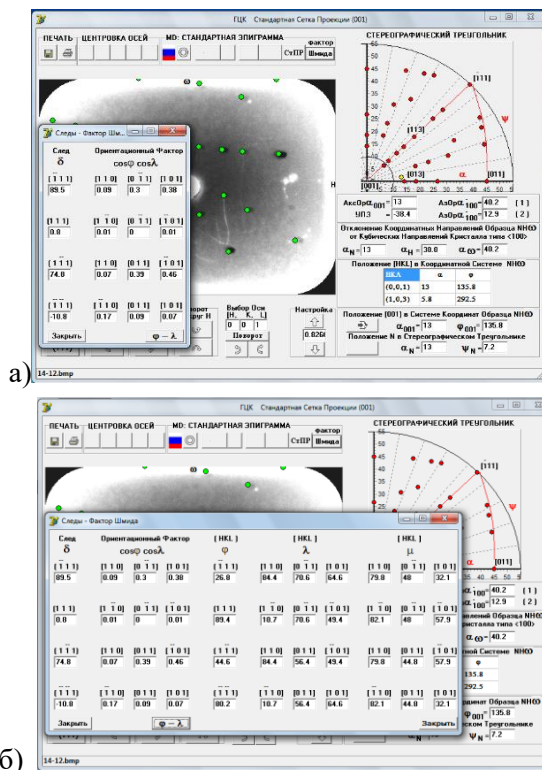


Рисунок 8 – Результаты расчета фактора Шмида ( $\cos\phi \cos\lambda$ ) и углов:  $\delta$ ,  $\phi$ ,  $\lambda$  и  $\mu$

Для определения величины ориентационных факторов (фактор Шмида) возможных систем скольжения в исследуемом образце достаточно нажать кнопку «фактор Шмида» в верхней части окна. В открывшейся панели рис.8а представлены значения произведения ( $\cos\phi \cos\lambda$ ) для всех систем скольжения. При желании кнопкой ( $\phi - \lambda$ ) можно открыть таблицу углов  $\phi$  - нормалей плоскостей скольжения  $\{111\}$  и  $\lambda$  - направлений скольжения  $\langle 110 \rangle$  с осью образца (рис.8б). Здесь же приведены углы  $\delta$  следов плоскостей скольжения с осью образца  $\omega$  на широкой грани и углы  $\mu$  направлений сдвига с осью N.

Как видно из полученных данных, в качестве первичной системы скольжения в приведенном примере следует ожидать действие системы  $(1-11) [-101]$ . Ее след скольжения будет идти под углом  $75^\circ$  к оси образца  $\omega$  и должен быть хорошо виден, т.к. образуется ступенька с углом направления сдвига  $\mu \approx 58^\circ$  к оси N.

Чтобы дать обучающимся понимание смысла действий, выполняемых программой, а также тех величин, которые участвуют в расчете, данная лабораторная работа, как и предшествующая работа по определению разориентировок, дополнена *графическим методом определения параметров следов скольжения и сдвига по ним*.

При проведении графических построений используются результаты, полученные после расчета: данные об ориентировке и полярные углы интересующих направлений hkl с осями N и H, которые наносят на кальку. Все действия и измерения углов выполняются с помощью сетки Вульфа и стандартных сеток.

Таблица – Графическое определение параметров ориентировки.

| Плоскость скольжения |           | Направление скольжения |           | Фактор Шмида               | $\delta$  | $\mu$     |
|----------------------|-----------|------------------------|-----------|----------------------------|-----------|-----------|
| (HKL)                | $\varphi$ | [HKL]                  | $\lambda$ | $\cos \varphi \times \cos$ |           |           |
| -111                 | 27        | 110                    | 83        | 0.11                       |           |           |
|                      |           | 0-11                   | 64        | 0.39                       |           |           |
|                      |           | 101                    | 71        | 0.29                       |           |           |
| 111                  | 89        | 1-10                   | 13        | 0.02                       |           |           |
|                      |           | 0-11                   | 71        | 0                          |           |           |
|                      |           | -101                   | 48        | 0                          |           |           |
| <b>1-11</b>          | 46        | 110                    | 83        | 0.08                       | <b>73</b> |           |
|                      |           | 011                    | 57        | 0.38                       |           |           |
|                      |           | -101                   | 48        | <b>0.46</b>                |           | <b>58</b> |
| -1-11                | 79        | 1-10                   | 13        | 0.19                       |           |           |
|                      |           | 011                    | 57        | 0.1                        |           |           |
|                      |           | 101                    | 64        | 0.08                       |           |           |

Пример построения приведен на рис. 9. Полученные графическим методом результаты приведены в таблице и хорошо согласуются с данными программного расчета.

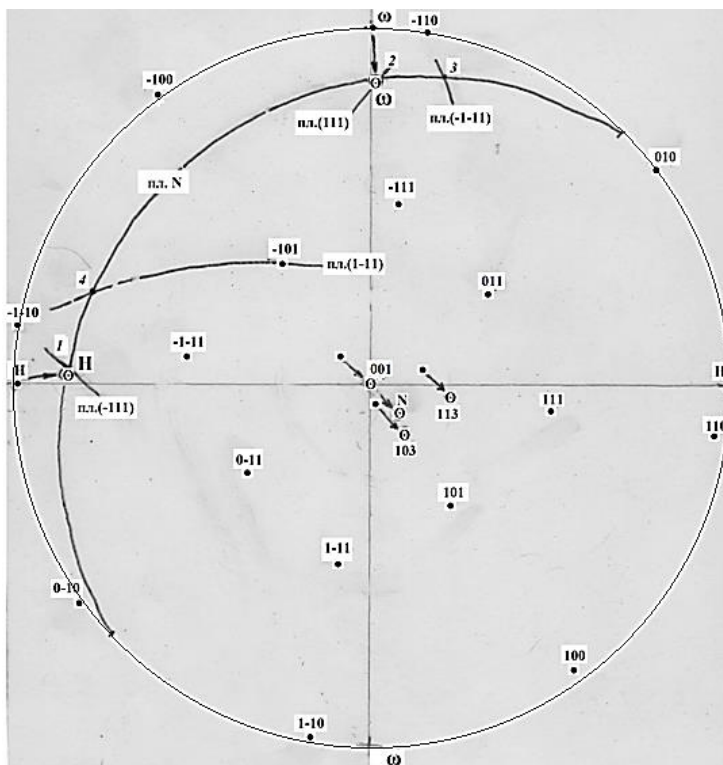


Рисунок 9 – Стереографическая проекция полюсов нормалей плоскостей скольжения  $\{111\}$  и направлений сдвига  $\langle 011 \rangle$  и дополнительные построения для определения углов  $\varphi$ ,  $\lambda$ ,  $\delta$  и  $\mu$  в монокристалльном образце №14-12

### Заключение

Представлен лабораторный практикум «Контроль ориентировки монокристалльных изделий рентгенографическим методом Лауэ», входящий в программу Рентгенография в материаловедении. Он позволяет изучающим осуществлять все действия экспериментальной части лабораторных работ самостоятельно в полном соответствии с требованиями образовательного стандарта ФГОС ВПО.

#### Список литературы:

1. Уманский Я.С., Скаков Ю.А., Иванов А.Н., Расторгуев Л.Н. Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия. М. Металлургия, 1982, 632 с.

2. Горелик С.С., Скаков Ю.А., Иванов А.Н., Расторгуев Л.Н. Рентгенографический и электронно-оптический анализ. М. МИСИС. 2002, 359 с.

3. А.Н. Иванов, Ю.Д. Ягодкин. Применение дифракционных методов для технологического контроля материалов. «Металловедение и термическая обработка металлов», 2000, №8, с. 11 - 15.

4. Сидохин Ф.А., Сидохин А.Ф., Сидохин Е.Ф. Об определении кристаллографической ориентации монокристаллов методом Лауэ. «Заводская лаборатория», 2009, т.75, №1, с.35.

5. Париллов И.В., Сидохин А.Ф., Сидохин Е.Ф., Сиротинкин В.Н. Рентгеновский дифрактометр с координатным детектором. «Заводская лаборатория», 2006, т.72, №7, с.32 - 35.

6. Тихомирова Е.А., Живушкин А.А. Кристаллогеометрия изломов монокристалльных корсетных образцов в термоциклических испытаниях. Сб. Климовские чтения, 2016, с. 348-361.

*Денисов Михаил Евгеньевич,  
магистрант 1 курса,  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
морской технический университет»,  
г. Санкт-Петербург  
e-mail: michael.den95@gmail.com;  
Кучинский Дмитрий Михайлович,  
научный руководитель, к.т.н., доцент  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
морской технический университет»,  
г. Санкт-Петербург  
e-mail: kuchinskiy-dm@bk.ru*

**Расчет и проектирование балластных цистерн для исследований  
изменений при использовании антифриза в качестве  
теплоносителя, на примере буксира проекта 3412**

***Аннотация.** В данной статье рассматривается методика расчета  
подогрева балласта на судах с использованием антифриза в качестве  
теплоносителя.*

***Ключевые слова:** балластная система, креновая система,  
этиленгликоль, антифриз, змеевики.*

*Denisov Mikhail Evgenievich,  
1st year undergraduate  
Saint-Petersburg State Marine Technical University,  
Saint-Petersburg  
e-mail: michael.den95@gmail.com;  
Kuchinsky Dmitry Mikhailovich,  
Scientific adviser, Ph.D., associate professor  
Saint-Petersburg State Marine Technical University,  
Saint-Petersburg  
e-mail: kuchinskiy-dm@bk.ru*

## Calculation and design of ballast tanks for researching changes when using antifreeze as a coolant, using the tug of project 3412 as an example

**Abstract.** This article discusses the methodology for calculating ballast heating on ships using antifreeze as a coolant.

**Key words:** ballast system, roll system, ethylene glycol, anti-freeze, coils.

Концепция балласта не нова и используется с древних времен. В более ранние времена морские суда использовали твердый балласт, такой как мешки с песком, камни, железные блоки и т. д., которые загружались/выгружались после завершения операции погрузки или выгрузки груза. Этот метод помог в определенной степени сохранить устойчивость корабля и его мореходные качества [1,4].

### Тепловой расчет системы

Теплопотери конвекцией на каждом участке определяется по следующей формуле (1):

$$Q_{\text{пот.к}}^{\text{уч}} = \alpha_1^{\text{уч}} F_{\text{уч}} (t_{\text{ст}}^{\text{уч}} - t_p), \text{ Вт} \quad (1)$$

Коэффициент теплоотдачи от топлива и масла к горизонтальной стенке цистерны, граничащей с забортной водой, при расположении тепловоспринимающей поверхности кверху, равен (2):

$$\alpha_1^{\square} = m \sqrt{\frac{\beta \cdot g \cdot \lambda_{\text{сл}}^2 \cdot \gamma_{\text{сл}}}{\nu_{\text{сл}}}} (t_p - t_{\text{ст}}^{\square}), \text{ Вт/м}^2\text{К} \quad (2)$$

Физические параметры подогреваемых топлива, масла и воздуха берут при температуре пограничного слоя, которая определяется по формуле (3):

$$t_{\text{сл}}^{\square} = \frac{t_p + t_{\text{см}}^{\square}}{2}, \text{ }^{\circ}\text{C} \quad (3)$$

Расчетная температура топлива или масла при подогревании равна (4):

$$t_p = 0,33t_{\text{нач}} + 0,67t_{\text{кон}}, \text{ }^{\circ}\text{C} \quad (4)$$

где  $t_{\text{нач}}$  и  $t_{\text{кон}}$  – начальная и конечная температура топлива или масла при подогревании

Температура стенки определяется графическим методом по уравнению теплового баланса (5):

$$\alpha_1^{\square} (t_p - t_{\text{см}}^{\square}) = \alpha_2^{\square} (t_{\text{см}}^{\square} - t_{\text{в}}), \text{ Вт/м}^2 (\text{ккал/м}^2\text{ч}) \quad (5)$$

где  $t_{\text{в}}$  – температура забортной воды



Расчет температуры стенки и расчетной температуры цистерны, выбирается аналогично расчету конвекционных теплопотерь [3].

Для расчета теплопередачи от трубы к подогреваемой среде, используется коэффициент теплопередачи через цилиндрическую стенку (6):

$$Q = p \cdot l \cdot (t'_ж - t''_ж) \cdot K, \quad (6)$$

где:

$$K_1 = \frac{1}{\frac{1}{a_1 \cdot d_1} \cdot \frac{1}{2l \ln\left(\frac{d_2}{d_1}\right)} + \frac{1}{a_2 \cdot d_2}} \quad (7)$$

Уравнение (7) - линейный коэффициент теплопередачи, или:

$$R_1 = \frac{1}{K_1} = \frac{1}{a_1 \cdot d_1} \cdot \frac{1}{2l \ln\left(\frac{d_2}{d_1}\right)} + \frac{1}{a_2 \cdot d_2} \quad (7)$$

Уравнение (8) - полное линейное термическое сопротивление теплопередачи через однослойную цилиндрическую стенку.

Где:  $\frac{1}{a_1 \cdot d_1}$  и  $\frac{1}{a_2 \cdot d_2}$  - термические сопротивления теплоотдачи поверхностей стенки;  $\frac{1}{2l \ln\left(\frac{d_2}{d_1}\right)}$  - термическое сопротивление стенки.

Так как расчет системы подогрева использовался для примера на буксире проекта 3412, для цистерн креновой системы, в виду конструктивных особенностей, за нецелесообразностью размещения подогревателя по дну, либо установки двухъярусного теплообменника, а так же невозможностью расположения его в верхней части цистерны, было выбрано расположение змеевика по борту, на расстоянии 100мм от стенки обогреваемой цистерны.

Список литературы:

1. Вукалович М.П. «Теплофизические свойства воды и водяного пара». М.: Машиностроение, 1967.
3. Андреев Е.И. «Расчет тепло- и массообмена в контактных аппаратах» Л.: Энергоатомиздат. 1985.
4. Балласт // Энциклопедия: под ред. В.Ф. Новицкого [и др.]. СПб.; [М.]: 1915.

*Догоров Дмитрий Александрович,  
студент,  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
морской технический университет»,  
г. Санкт-Петербург  
e-mail: vorogodd@gmail.com*  
*Воршевский Александр Алексеевич  
зав кафедрой Э и ЭС,  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
морской технический университет»,  
г. Санкт-Петербург  
e-mail: elemcom@smtu.ru*

### **Исследование явлений при воздушном электростатическом разряде**

**Аннотация.** Экспериментальное исследование параметров электростатического разряда (ЭСР) при изменении напряжения и разрядного промежутка дает новые данные о длительности нарастания и форме напряжения. Определено влияние полярности на разряд и показана возможность появления нескольких максимумов напряжения.

**Ключевые слова:** электромагнитная совместимость, электростатический разряд, напряжение, длительность фронта.

*Dogorov Dmitriy Alexandrovich,  
Student  
Saint-Petersburg State Marine Technical University,  
Saint-Petersburg  
e-mail: vorogodd@gmail.com*  
*Worshevsky Alexander Alexeevich  
E and EE department head  
Saint-Petersburg State Marine Technical University,  
Saint-Petersburg  
e-mail: [elemcom@smtu.ru](mailto:elemcom@smtu.ru)*

### **The study of phenomena in the air electrostatic discharge**

**Abstract.** Electrostatic discharge (ESD) investigation for different voltage and distance gives new data about voltage risetime and its form. It

*was determined polarity influence on discharge and possibility of two or even more voltage maximum.*

**Key words:** *electromagnetic compatibility, electrostatic discharge, voltage, rise time.*

Электростатический разряд (ЭСР) это разряд статического электричества, накопленного на человеке или ином предмете. Человек способен накопить потенциал вплоть до 25 кВ при перемещении по непроводящему полу в помещении с низкой влажностью [1]. ЭСР могут оказывать воздействие на электронное оборудование, вызывая сбои в его работе или даже выход из строя.

При приближении объекта, несущего заряд, к оборудованию на некотором расстоянии начинается процесс ионизации воздуха и происходит разряд емкости заряженного объекта на корпус оборудования. Переход воздуха от исходного состояния в промежутке до завершения пробоя имеет следующие стадии: распространение электронных лавин, стримеров, образование искрового канала [2].

Стандарты ГОСТ 30804.2, IEC 61000-4-2 регламентируют методику проведения испытаний оборудования на устойчивость к ЭСР напряжением от 2 до 15 кВ. Существуют особые требования, которые предусматривают испытания на воздействие ЭСР до 25 кВ. Параметры разряда в наносекундном диапазоне времени требуют изучения. Для оценки устойчивости оборудования к ЭСР важно знать не только величину разрядного напряжения и тока разряда, но и скорости их изменения. Существующий имитатор ЭСР-25000 производства ООО «Элемком» позволяет исследовать особенности ЭСР до 25 кВ. Для стабильности разряд проводится через разрядник с возможностью изменения расстояния между электродами. Минимальная длительность нарастания тока контактного ЭСР по ГОСТ 30804.4.2 – 1 нс, исходя из этого в экспериментах использовался осциллограф и делитель с полосой пропускания 500 МГц. Некоторые из результатов измерений приведены на рис. 1.

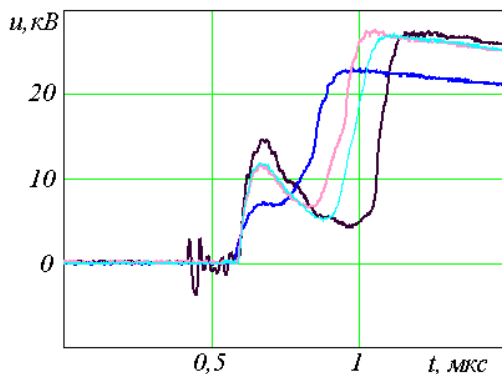


Рисунок 1 – Фронты напряжения для 4 разрядов

Результаты проведенных экспериментов показали, что при напряжении разряда менее 8 кВ и промежутке между разрядными электродами 2,5 мм время нарастания напряжения на разрядном резисторе менее 10 нс. При промежутке 10,8 мм и напряжении 25 кВ характер разряда существенно меняется (рис. 1). При малых разрядных сопротивлениях длительность фронта составляет 20-50 нс, а при повышении сопротивления до 6,6 кОм увеличивается до 350 нс. Особенности разряда, которые были выявлены в экспериментах, позволяют сделать вывод, что при большем напряжении и сопротивлении цепи ЭСР имеет более длительный фронт. Была выявлена закономерность влияния полярности разряда.

Необходимо продолжить исследования развития ЭСР при повышении разрядного напряжения до 50 кВ при различных конфигурациях разряда и разрядной цепи.

#### Список литературы:

1. Защита электронных средств от воздействия статического электричества Кечиев Л.Н., Пожидаев Е.Д. Москва, 2005.
2. Искровой разряд в воздухе/Базелян Э.М., Ражанский И.М. – Новосибирск: Наука. Сиб. отделение, 1988. – 165 с.

Долгов Дмитрий Сергеевич  
магистрант,  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
морской технический университет»,  
г. Санкт-Петербург  
dolgov\_dmitriy\_spb@mail.ru

## **Проектирование конструкции рулевого устройства морского судна как задача математического программирования**

**Аннотация.** В докладе обсуждается возможность постановки задачи проектирования конструкции рулевого устройства судна по требованиям современных нормативных документов как задачи математического программирования с ограничениями. Отдельно рассмотрены основные вопросы, связанные с выбором функции цели, вектора варьируемых параметров и ограничений задачи. Данная работа выполняется в настоящее время в рамках магистерской работы автора

**Ключевые слова:** баллер, математическое программирование, перо руля, Правила РС, программное обеспечение, проектирование рулевых устройств, прочность

Dolgov Dmitriy S.  
master student,  
Saint-Petersburg State Marine Technical University,  
Saint-Petersburg  
dolgov\_dmitriy\_spb@mail.ru

## **Structural design of sea vessel rudder using mathematical programming algorithms**

**Abstract.** The report deals with some features of structural design using mathematical programming algorithms as applicable to rudders of sea vessels. There are some considerations about different goal functions, variables and constraints of the mathematical programming problem. The study is being implemented in SMTU and the results are going to be included to the master thesis of the author

**Keywords:** *rudder stock, mathematical programming, rudder blade, RS rules, software, design of ship rudders, strength*

**Введение.** Методика расчёта деталей рулевых устройств судов и кораблей на прочность при известных их размерах хорошо освещена в литературе ([1, 2] и др.). Проектирование рулевого устройства с учётом требований к прочности является более сложной задачей. Это объясняется тем, что руль, баллер и соответствующие опорные конструкции представляются в виде статически неопределимой системы (неразрезной балки) и при неизвестных размерах деталей задача принимает итерационный характер. Для получения рационального результата и упрощения работы проектанта может быть разработано программное обеспечение, в котором после ввода исходных данных реализуется решение задачи математического (нелинейного) программирования для определения искомых размеров (толщины деталей пера руля, диаметр баллера, штырей и т.д.), соответствующих минимуму того или иного критерия проектирования (функции цели) при выполнении ограничений. Ограничения задачи могут формироваться прежде всего на основе требований нормативных документов ([3] и/или [4]) и опыта конструирования. Могут быть учтены и другие факторы, которые не регламентируются нормативно и связаны, например, с ограничениями по собственным частотам пера руля в целом или отдельных его конструкций. Подобный подход в отношении параметрического проектирования конструкций корпуса судов был обоснован и применён в целом ряде работ (см., например, [5, 6]). Кроме того, постановка задачи проектирования неразрезной балки в виде проблемы математического программирования неоднократно выполнялась при исследованиях в различных отраслях техники (машиностроение, строительство). В то же время отсутствуют работы, в которых бы рассматривались особенности такого подхода к проектированию рулевых устройств судов.

**Общие соображения, касающиеся постановки задачи.** В общем виде задача математического программирования представляется следующим образом [7]: минимизировать целевую функцию (ФЦ)  $GF(X)$  вектора варьируемых переменных  $X = \{x_i\}^T$  при следующих ограничениях в виде равенств, неравенств, а также ограничениях на область допустимых значений варьируемых параметров:

$$h_j(X) = 0, j = 1, \dots, k_h,$$

$$g_j(X) \geq 0, j=1, \dots, k_g, \quad (1)$$

$$X_{\min} \leq X \leq X_{\max}.$$

В первую очередь необходимо оценить границы рассматриваемой модели. На принципы постановки задачи будут влиять:

- конструктивный типа рассматриваемого устройства (в зависимости от расположения оси вращения, типа, количества и расположения опор и т.д.);
- используемый нормативный документ, в соответствии с требованиями которого выполняется проектирование – Правила РС [3] и/или УТ МАКО S10 [4];
- необходимость подбора размеров опорных конструкций (размеры связей кронштейна, подошвы ахтерштевня и т.д. могут рассматриваться как исходные данные, а могут определяться в процессе решения);
- наличие дополнительных ограничений, не связанных с требованиями Правил или общинженерных методик.

Рассмотрим далее возможные подходы к постановке задачи на примере устройства с балансирным прямоугольным в плане рулём, имеющим штырьевую опору на пятке ахтерштевня (рис. 1). Модель, при помощи которой в данном случае идеализируется устройство – неразрезная балка переменной жёсткости, нижняя опора которой формируется подошвой ахтерштевня и рассматривается как податливая. В случае, если рулевой привод не создаёт на голове баллера дополнительного поперечного усилия, можно рассматривать баллер только до верхнего (опорно-упорного) подшипника.

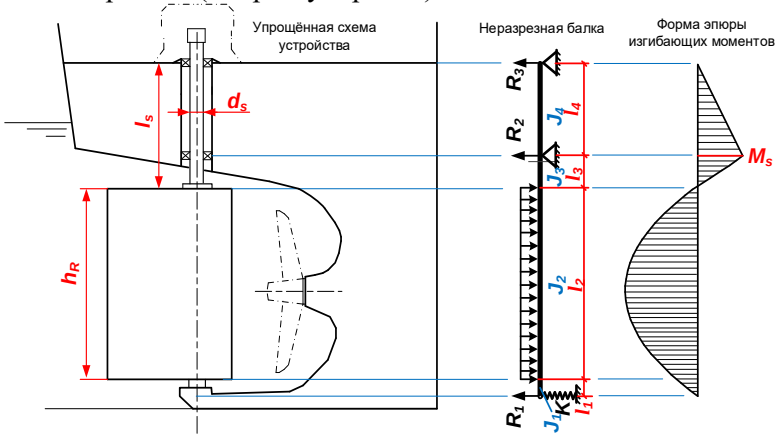


Рисунок 1 – Схема идеализации устройства

**Целевая функция.** Наиболее часто ФЦ при постановке задач проектирования корпусных конструкций представляется в виде характеристики массы (объёма материала) [8, 9]. При проектировании рулевых устройств существует важная особенность – рассматриваются как конструкции из листового проката (большая часть конструкции пера руля), так и выполненные из поковок и отливок. ФЦ, представляющую общую массу всех рассматриваемых элементов (пера руля, баллера, штырей), навряд ли можно считать показателем рациональности проектирования, так как каждый из элементов вносит различный вклад в массу устройства, а удельная стоимость и трудоёмкость деталей, выполненных из листового проката и поковок, также серьёзно различаются.

Может быть предложена постановка задачи, при которой минимизируется разность между расчётными  $\sigma$  и допускаемыми  $[\sigma]$  напряжениями в опасном сечении (например, соответствующем изгибающему моменту  $M_s$  в нижней опоре баллера, см. рис.1) системы «руль-баллер».

$$GF(X) = [\sigma] - \sigma \rightarrow \min \quad (2)$$

В этом случае при решении задачи её необходимо дополнить ограничением-неравенством вида  $[\sigma] - \sigma \geq 0$ .

Исследование статистических данных, касающихся стоимости материалов (листовой прокат, фасонные отливки, поковки), а также стоимости и трудоёмкости изготовления готовых изделий устройства (перо руля, баллер, штыри), которое в настоящее время выполняется автором, позволяет использовать ФЦ в виде характеристики стоимости/трудоёмкости. Может быть предложена ФЦ в виде характеристики объёма материала каждого элемента устройства, в которой каждое слагаемое дополнено «весовыми» коэффициентами, зависящими от удельной стоимости изделия в общем балансе стоимости изготовления устройства:

$$\bar{C}(X) = h_R A_R f_1 + l_s \frac{\pi d_s^2}{4} f_2 + l_p \frac{\pi d_p^2}{4} f_3, \quad (3)$$

где  $A_R$  – площадь поперечного сечения пера руля;  $h_R$  – высота пера руля;  $l_p$  – длина штыря,  $d_p$  – диаметр штыря;  $f_1, f_2, f_3$  – коэффициенты, учитывающие стоимость изготовления 1 тонны соответствующей детали рулевого устройства. Остальные обозначения можно увидеть на



рис.1. Так как влияние параметров штыря на величины сил и моментов в неразрезной балке довольно мало, масса самого штыря также относительно невелика, то параметры штыря могут быть исключены из вектора варьируемых параметров. В этом случае третье слагаемое в (3) можно приравнять к нулю.

В процессе решения будут исследоваться результаты, будут апробированы различные виды ФЦ и, возможно, предложены новые.

**Вектор варьируемых параметров.** Так как напряжённо-деформированное состояние статически неопределимой системы зависит от соотношения жесткостей, а рассматриваемая балка имеет переменное сечение (в т.ч. в рамках одного пролёта), то целесообразным видится использование значений моментов инерции руля и баллера в качестве переменных проектирования. В настоящее время на кафедре конструкции и технической эксплуатации судов ведётся работа по сбору данных, касающихся изгибной жёсткости рулей и баллеров в существующих проектных решениях. Такие данные могут существенно упростить процесс проектирования.

Ограничение «снизу» на значения моментов инерции может формироваться на основе требований Правил:

- для пера руля может быть определена толщина обшивки по критерию местной прочности. Диафрагмы принимаются такой же толщины, как и обшивка. Полученное значение момента инерции можно считать минимальным;

- для баллера минимальное значение момента инерции соответствует диаметру, полученному из условия работы на кручение.

Для определения момента инерции пера руля при заданных размерах связей его сечения на кафедре конструкции и технической эксплуатации судов при участии автора был разработан калькулятор в среде *MS Excel* (рис.2), который активно используется в учебном процессе.

После решения задачи о нахождении требуемого значения момента инерции сечения руля должна быть решена задача нижнего иерархического уровня, в которой должны быть подобраны толщины руля. После этого необходимо выполнить проверочный расчёт всей системы «руль-баллер» ещё раз.

| Кафедра конструкции и технической эксплуатации судов СПбГМУ<br>Калькулятор для определения момента инерции сечения пера руля профиля NACA (RudCalc), версия 2.0.5<br>В случае обнаружения ошибок, некорректной визуализации сечения руля или получения некорректных результатов просьба направить файл с введенными данными на эл.почту plotnikov |                     |      |       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|------|-------|
| Относительная толщина профиля                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | $t^* = t_{max}/b_p$ | 0.18 |       |
| Хорда (ширина) профиля в рассматриваемом сечении                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | $b_p$ , мм          | 3200 |       |
| Максимальная толщина профиля                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | $t_{max}$ , мм      | 576  |       |
| Толщина обшивки кронштейна                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | $z_{k1}$ , мм       | 22   |       |
| Толщина обшивки s1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | $z_{j1}$ , мм       | 18   |       |
| Толщина обшивки s2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | $z_{j2}$ , мм       | 14   |       |
| Зазор между пером руля и кронштейном                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | $m$ , мм            | 50   |       |
| Абсцисса носовой кромки пера руля                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | $x_{p1}$ , мм       | 680  |       |
| Абсцисса изменения толщины s1-s2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | $b_{j-2}$ , мм      | 1420 | це мм |
| Абсцисса первой диафрагмы (от носика к хвосту)                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | $x_{j1}$ , мм       | 420  |       |
| Толщина                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | $z_{d1}$ , мм       | 17   |       |
| Абсцисса второй диафрагмы (от носика к хвосту)                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | $x_{j2}$ , мм       | 1300 |       |
| Толщина                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | $z_{d2}$ , мм       | 21   |       |
| Абсцисса третьей диафрагмы (от носика к хвосту)                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | $x_{j3}$ , мм       | 2000 |       |
| Толщина                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | $z_{d3}$ , мм       | 14   |       |
| Абсцисса четвертой диафрагмы (от носика к хвосту)                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | $x_{j4}$ , мм       | 2580 |       |
| Толщина                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | $z_{d4}$ , мм       | 14   |       |

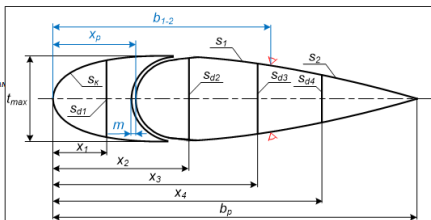


Рисунок 2 – Пример ввода исходных данных в калькуляторе «RudCalc» для руля с кронштейном

Может быть предложена постановка задачи, в которой варьируемыми параметрами будут выступать непосредственно размеры связей руля. В любом случае, топология подкрепления пера руля должна быть задана и рассматриваться как исходные данные.

**Ограничения задачи.** В общем случае, требования к прочности представляются в следующем виде:

- нормируется толщина обшивки пера руля и торцевых листов по требованию к местной прочности. Кроме того, задаётся минимальная толщина обшивки;
- выполняется проверка принятого диаметра баллера по требованиям к прочности по нормальным, касательным и эквивалентным (приведённым) напряжениям;
- нормируются напряжения в условном рудерписе пера руля (либо предъявляются требования к моменту сопротивления его сечения);
- нормируется диаметр штыря из условия его деформации опорной реакцией и выполняется проверка по удельному давлению (т.е. помимо диаметра нормируется его длина);
- нормируются толщины в районе примыкания к литым и кованым деталям в пере руля, а также в некоторых других случаях.

Правила РС и УТ МАКО S10 – нормативные документы, которые в том или ином виде содержат основные требования, перечисленные выше. В работе [10] показано, что несмотря на большое количество сходных принципов, требования двух документов серьёзно различаются. Приведём краткое описание ограничений задачи (см. их общую форму (1) выше) на примере УТ МАКО S10. Данные требования

предполагают «прямой» расчёт неразрезной балки (см. рис.1). Ниже представим пример данных ограничений. Обозначения взяты из [4].

$$g_1(X) = \sqrt{\left[ \frac{10,2 \cdot 10^3 M_s}{d_b^3} \right]^2 + 3 \left[ \frac{5,1 \cdot 10^3 Q_R}{d_b^3} \right]^2} - \frac{118}{k_1} \geq 0;$$

$$g_2(X) = \frac{5,1 \cdot 10^3 Q_R}{d_b} - \frac{68}{k_1} \geq 0;$$

$$g_3(X) = \sqrt{\left( \frac{M_R}{W_R} \right)^2 + 3\tau^2} - \frac{120}{k_2} \geq 0;$$

$$g_4(X) = \frac{M_R}{W_R} - \frac{110}{k_2} \geq 0;$$

$$g_5(X) = \tau - \frac{50}{k_2} \geq 0;$$

Ограничение  $g_1$  формируется на основе требований к прочности баллера по приведённым напряжениям,  $g_2$  – по касательным. Ограничения  $g_3$ -  $g_5$  формируются на основе требований к прочности пера руля по приведённым, нормальным и касательным напряжениям.

Кроме того, ограничения могут строиться на основе иных требований. Так, диаметр баллера в районе его головы может быть ограничен диаметром расточки румпеля рулевой машины. Некоторые ограничения могут накладываться размерами опорных конструкций. Кроме того, существует целый ряд факторов, связанных с требованиями к прочности, но не регламентированных Правилами. Так, например, могут быть заданы ограничения по собственным частотам колебаний руля в целом и его отдельных конструкций, учтены требования к усталостной долговечности связей и т.д.

**Заключение.** В данном докладе обозначены некоторые вопросы, связанные с постановкой задачи рационального проектирование рулевого устройства с позиций прочности. В настоящее время на кафедре конструкции и технической эксплуатации ведутся работы по программной реализации ее решения. Планируется рассмотреть различные поисковые алгоритмы и варианты постановки задачи. Соответствующие результаты будут отражены в отдельной публикации и магистерской работе автора.

## Список литературы:

1. Справочник по судовым устройствам/ А.Н. Гурович [и др.]. В 2-х т. Т. 1. Л.: Судостроение, 1975. – 352 с.
2. Шмаков М.Г. Рулевые устройства судов (проектирование и расчёт). Л.: Судостроение, 1968. – 360 с.
3. Российский морской регистр судоходства. Правила классификации и постройки морских судов: в 17 ч. – СПб: РМРС, 2019. – Ч. III. – Устройства, оборудование и снабжение. – 106 с.
4. IACS UR S10. Rudders, Sole Pieces and Rudder Horns, Rev.5, May 2018. – 38 p.
5. Тряскин В.Н. Методология параметрического проектирования конструкций корпуса судна // Труды Крыловского государственного научного центра. 2018. Специальный выпуск №2. С. 9-14
6. Алексашин Д.А., Плотников К.В., Тряскин В.Н. Параметрическое проектирование поперечных гофрированных переборок навалочных судов с учётом требований Общих Правил МАКО // Морские интеллектуальные технологии. 2015. №4(30). Т.2. С.18-23
7. Реклейтис Г., Рейвиндран А., Рэгсдел К. Оптимизация в технике: В 2-х кн. Пер. с англ. - М.: Мир, 1986
8. Тряскин В.Н. Автоматизированное параметрическое проектирование конструкций корпуса судна: учебное пособие / СПб: СПбГМТУ, 2010. – 149 с.
9. Родионов А.А. Математические методы проектирования оптимальных конструкций судового корпуса. Л.: Судостроение, 1990. – 248 с.
10. Плотников К.В., Долгов Д.С. Сопоставительный анализ требований Правил РС и УТ МАКО S10 к размерам деталей рулевых устройств морских судов // Научно-технический сборник российского морского регистра судоходства, 2018, №52/53. С.57-72

*Дрягина Дарья Романовна*  
*аспирант 1 курса,*  
*ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный*  
*морской технический университет»,*  
*г. Санкт-Петербург*  
*e-mail: twilight\_1203@mail.ru*  
*Черкаев Георгий Владимирович*  
*научный руководитель, к.т.н., доцент*  
*ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный*  
*морской технический университет»,*  
*г. Санкт-Петербург*  
*e-mail: gcherkaev@mail.ru*

**Оценка перспектив развития судовых холодильных установок  
с учетом их воздействия на окружающую среду**

**Аннотация.** В статье рассмотрены вопросы, связанные с оценкой работы судовых холодильных установок с учетом их воздействия на окружающую среду.

**Ключевые слова:** холодильная установка, хладагент, фреоны, термоэлектрический модуль.

*Dryagina Daria Romanovna*  
*1st year graduate student*  
*Saint-Petersburg State Marine Technical University,*  
*Saint-Petersburg*  
*e-mail: twilight\_1203@mail.ru*  
*Cherkaev Georgiy Vladimirovich*  
*supervisor, candidate of technical sciences, docent*  
*Saint-Petersburg State Marine Technical University,*  
*Saint-Petersburg*  
*e-mail: gcherkaev@mail.ru*

**Prospects for the development of marine refrigeration units with their  
environmental impact**

**Abstract.** The article considers issues related to the assessment of the operation of ship refrigeration units, taking into account their environmental impact.

**Key words:** refrigeration unit, refrigerant, freons, thermoelectric module.

В настоящее время холодильные машины устанавливают практически на всех судах. Область их применения определяется типом и назначением судна. На судах всех типов холодильные машины используют для охлаждения провизионных камер и обеспечения работы судовых систем комфортного и технического кондиционирования воздуха, кроме того, на большегрузных судах для охлаждения емкости углекислотного пожаротушения; на рефрижераторных судах и судах, имеющих рефрижераторные трюмы, для охлаждения, замораживания и сохранной перевозки скоропортящихся грузов; на рыбопромысловых с для охлаждения и замораживания добытого улова и приготовления льда, на судах-газовозах для поддержания соответствующих температурных условий в танках со сжиженным газом, и др.

Одним из эффективных путей снижения затрат энергии и повышения экологической чистоты технологического процесса охлаждения является применение бесфреоновых установок, которые могут стать важнейшими альтернативными источниками технологического холода [1].

Все хладагенты обладают озоноразрушающей способностью, что не может не тревожить международную общественность.

Альтернативу хладагентам может составить термоэлектрический охладитель жидкости. Принцип его действия основан на использовании эффекта Пельтье. Благодаря этому происходит бесшумная работа, а также не используются в работе озоноразрушающие вещества. Тем самым вред окружающей природе сведен к минимуму [2].

Такие хладоны, как R12 или R22, содержащие атомы хлора и фтора обладают самым высоким потенциалом истощения озонового слоя. Содержание атомов водорода приводит к более короткому времени существования этих хладагентов в атмосфере, в результате происходит меньшее влияние на истощение озонового слоя.

Некоторые фреоны, например R410a, не содержат хлора. Они не разрушают озоновый слой и имеют короткий период жизни в атмосфере, считаются альтернативными заменителями хлорфторуглеродов (ХФУ) и гидрохлорфторуглеродов (ГХФУ) для большинства холодильных систем, но имеют высокий потенциал глобального потепления.

Одним из направлений решения проблем энергосбережения является анализ работы технических систем, потребляющих и преобразующих энергию. Задача эксергетического анализа – оценка степени термодинамического совершенства технической системы в целом, а

также выявление тех стадий технического процесса, на которых происходят основные потери эксергии (потенциальной работоспособности системы) [3].

Проводилось сравнение работы холодильной машины, работающей на R22 и R410A. Сравнивались полный КПД и потери эксергии в элементах холодильной установки.

С ростом температуры конденсации происходит рост потерь эксергии в конденсаторе для всех исследуемых хладагентов. Следует отметить, что R410A имеет наибольшие потери в конденсаторе во всем диапазоне изменения температуры конденсации. При увеличении температуры конденсации растут и суммарные потери эксергии в компрессоре и электродвигателе. Потери при работе на хладагенте R410A на 9–14 % больше, чем при работе на R22.

Перспективы применения термоэлектрического охладителя на флоте связаны с удовлетворением требований, предъявляемых к корабельным и судовым машинам и механизмам. Среди основных – требования высокой надежности, бесшумности, малых массы и габаритов.

Применение термоэлектрического охладителя уступает холодильной установке, работающей на хладагенте.

#### Список литературы:

1. Холодильные установки: научно-технический сборник. Вып. 16. – Одесса: ОНМА, 2006.
2. Эффект Пельтье [Электронный ресурс]. URL: <https://vashtehnik.ru/enekt-pelte.html>.
3. Ерофеев В.Л., Жуков В.А., Энергетический и эксергетический подходы к оценке повышения эффективности судовых холодильных установок. Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала Макарова 9.5. – 2017.

*Дудкин Никита Александрович  
студент магистратуры,  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
морской технический университет»,  
г. Санкт-Петербург  
e-mail: dudkin.nikita@mail.ru*

### **Облипание корпуса судна и борьба с ним**

**Аннотация.** В статье рассматривается такое отрицательное явление, как облипание, его характерные особенности и причины, способы борьбы и предотвращения облипания корпуса судна.

**Ключевые слова:** облипание корпуса судна, ледокол, судоходство во льдах, носовой винт, система пневмообмыва, износостойкие покрытия.

*Dudkin Nikita Alexandrovich  
Undergraduate,  
Saint-Petersburg State Marine Technical University,  
Saint-Petersburg  
e-mail: dudkin.nikita@mail.ru*

### **Hull ice-sticking and ways to combat with him**

**Abstract.** The article considers such a negative phenomenon as ice-sticking, its characteristic features and causes, ways to combat and prevent sticking of the hull.

**Key words:** Hull ice-sticking, icebreaker, ice shipping, bow screw, system of air washing, wear resistant coatings.

Начиная с 1970 г., продолжительность навигации планомерно увеличивалась и к концу 70-х годов стала круглогодичной. Первый опыт навигации в осенне-зимний период в молодых льдах юго-западной части Карского и юго-восточной части Баренцева морей показал наличие неизвестного ранее явления, которое получило название «облипание корпуса судна».

Облипание корпуса – быстрое прилипание к корпусу судна мелкобитого и размельчённого льда в районе переменной ватерлинии.



Налипший лёд называется «снежно-ледяной подушкой» и представляет собой хорошо спрессованную массу, которая движется вместе с судном [2]. Прочность сцепления ледяной подушки с корпусом столь велика, что многократно наблюдались случаи, когда ледяная подушка, двигаясь вместе с корпусом, разрушала сплошной лёд, не разрушаясь и не отделяясь от борта при этом.

Облипание корпуса является серьёзным препятствием на пути судоходства во льдах в осенне-зимний период и представляет угрозу безопасности мореплавания в замерзающих морях. Возникновение ледяной подушки приводит к быстрому образованию на корпусе вдоль действующей ватерлинии присоединенной массы льда большой площади и сложного профиля, что приводит к быстрой потере скорости или остановке судна. Внезапная остановка судна – типичная ситуация при возникновении облипания. Это обстоятельство приобретает особое значение при проводке каравана судов, когда возникает прямая угроза столкновения и гибели судов. Эта опасность усугубляется наличием сжатий льдов и вынужденного сокращения дистанции проводки. Число аварий, так или иначе связанных с облипанием, составляет 10% от общего числа повреждений в ледовых условиях [3].

Для многих судов облипание становится непреодолимым препятствием. Так, танкер «Manhattan», следуя вдоль берегов Канады, подвергся интенсивному облипанию. В отчёте экспедиции говорится, что ледяная крошка, прилипая к корпусу, не позволяла судну продолжать движение.

Явление облипания фактически определяет технические возможности эксплуатации судов. Особенно сильно проявляется его влияние на скорость хода судов. Так, для ледоколов типа «Арктика» среднее облипание уменьшает скорость хода до 6 узлов, а сильное – до 1 узла или приводит к полной остановке. При отсутствии этого явления в тех же условиях скорость может достигать 18 узлов [3].

Ещё одной проблемой и источником аварийных ситуаций является разрушение ледяной подушки, которое происходит также быстро, как и образование. В таком случае судно приобретает дополнительную скорость, что особенно опасно, например, при околке судов ледоколом или при швартовых операциях, когда суда находятся на небольшом расстоянии друг от друга.

Характерными особенностями облипания являются внезапность явления, прочность крепления льда к корпусу, лавинообразное нарастание и неравномерность [2].

В настоящее время облипание корпуса изучено недостаточно, но анализ множественных исследований, проведённых в 70-х годах прошлого века, позволяет определить основные условия, способствующие облипанию: отрицательная температура воздуха, наличие тёртого и мелкобитого льда, наличие снега на поверхности льда, коррозионный износ и повышенная шероховатость обшивки в районе ватерлинии, скорость судна менее 12-14 уз [2, 3].

Зная основные факторы образования снежно-ледяной подушки, можно предложить средства борьбы с этим явлением.

Основным способом борьбы с облипанием корпуса является реверс движения судна. Он не требует дополнительного оборудования и является чисто эксплуатационным. Однако, при сильном облипании такой тактический прием может оказаться неэффективным. Ещё одним ограничением для этого способа является проводка судна в составе каравана, когда маневренность судна ограничена, а дополнительные задержки в ходе проводки отрицательно сказываются на скорости движения всех судов каравана.

Первым конструктивным средством борьбы с облипанием принято считать установку на судне носового винта. Он создаёт дополнительный обмыв корпуса судна, и прилипание ледяной подушки не происходит в носовой оконечности судна. Многие капитаны утверждали, что носовой винт сильно повышает ледопроходимость судна, но модельные испытания, проведённые в 70-х годах прошлого века, не подтвердили эффективности носового винта [1, 5].

В 60-х годах XX века было предложено несколько различных устройств для повышения ледопроходимости судов. Следует отметить устройства по гидроразмыву льда, окружающего судно, тепловые устройства для подогрева корпуса в районе переменной ватерлинии. Тем не менее, самым эффективным в борьбе с облипанием корпуса оказалось «пневмообмывающее устройство». Эта система представляет собой совокупность трубопроводов, проведённых вдоль борта судна, по которым подводится сжатый воздух, пар или их смесь от компрессора или системы сжатого воздуха к ряду отверстий в районе скулы. Воздух, поднимаясь вдоль борта, создаёт дополнительную смазку обшивки корпуса, исключаящую прилипание льда. Такое устройство установлено на ледоколах финской постройки типа «Ермак», «Капитан Сорокин», «Мудьюг», «Таймыр». В ходе испытаний была доказана эффективность такой системы.

Помимо борьбы с облипанием, такая система позволяет повысить скорость судна в канале, заполненном мелкобитым льдом. Результаты испытаний ледокола "Капитан Сорокин" в собственном канале с мелкобитым льдом представлены на рисунке 1, из которого следует, что скорость судна возрастает до 10% при всех достижимых скоростях движения. Таким образом, установка такой системы позволяет снизить сопротивление движению судна при следовании в канале за ледоколом [4].

Недостатком системы пневмообмыва является то, что она требует дополнительных монтажных работ при постройке и дополнительных ремонтных работ при обслуживании. Поскольку установка и обслуживание такой системы требует дополнительных затрат, то перед её реализацией на судне следует провести экономический анализ.

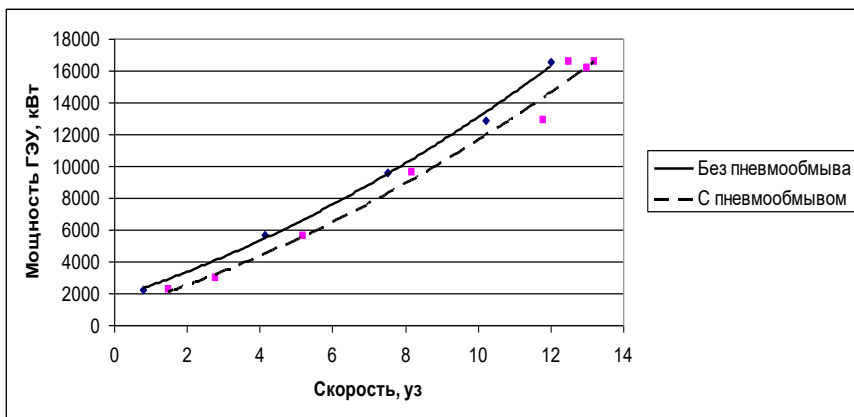


Рисунок 1 – Требуемая мощность главной энергетической установки л/к «Капитан Сорокин» при работе в канале, заполненном мелкобитым льдом, при работающем пневмообмыве и без него

Поскольку одна из причин возникновения облипания – неровности обшивки и шероховатость, связанные как с трением корпуса о лёд, так и с коррозией, то в подводной части судна ледового плавания желательно предусмотреть специальные износостойкие покрытия. Одним из таких покрытий является «Inerta 160». Подобные покрытия защищают обшивку судна от избыточного износа. При этом вероятность облипания снижается. Этот факт подтверждается тем, что на новых или недавно прошедших ремонт судах, на которых предусмотрены износостойкие покрытия, образование снежно-ледяной

подушки не наблюдалось [4]. Положительный эффект в плане борьбы с облипанием обеспечивает катодная (или аналогичная) защита корпуса от коррозионного износа.

Система пневмообмыва, износостойкие покрытия, электрохимическая защита от коррозии на сегодняшний день – основные способы борьбы облипанием корпуса судна. Опыт эксплуатации во льдах транспортных судов и ледоколов показывает их достаточную эффективность.

#### Список литературы:

1. Ионов Б.П., Грамузов Е.М., Зуев В.А. Проектирование ледоколов. – СПб.: Судостроение, 2013. – С. 340-366.
2. Ионов Б.П., Грамузов Е.М. Ледовая ходкость судов. 2 издание, исправленное – СПб.: Судостроение, 2013. – С. 232-241.
3. Опасные ледовые явления для судоходства в Арктике / Под ред. д-ра геогр. наук Е.У. Миронова. – СПб.: ААНИИ, 2010. – С. 140-147
4. Цой Л.Г. Изучение ледовых качеств и обоснование рациональных параметров судов ледового плавания : сборник трудов / Л. Г. Цой. - Санкт-Петербург: Нестор-История, 2017. – С. 52-69
5. Беляшов В.А. и др. Исследование эффективности применения гидроомывающего устройства на Арктическом ледоколе // Тр. ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова. Вып 34 (318). СПб.: 2007. – С. 67-77

*Евсиков Семён Константинович,  
магистр,  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
морской технический университет»,  
г. Санкт-Петербург  
e-mail: semka42@yandex.ru*

### **Анализ реально функционирующих малогабаритных видео обзорно-поисковых телеуправляемых подводных аппаратов**

***Аннотация.** В статье рассмотрены различные виды актуальных малогабаритных видео обзорно-поисковых телеуправляемых подводных аппаратов, на основе анализов которых проектируется новый аппарат, учитывающий достоинства и недостатки рассмотренных аппаратов.*

***Ключевые слова:** малогабаритные видео, телеуправляемые подводные аппараты.*

*Evsikov Semyon Konstantinovich  
master;  
Saint-Petersburg State Marine Technical University,  
Saint-Petersburg  
e-mail: semka42@yandex.ru*

### **Analysis of really functioning small-sized video survey and search remote-controlled underwater vehicles**

***Abstract.** The article deals with various types of actual small-sized video survey and search remote-controlled underwater vehicles, based on the analysis of which a new device is designed, taking into account the advantages and disadvantages of the considered devices.*

***Key words:** small-sized video, remote-controlled underwater vehicles.*

Телеуправляемый необитаемый подводный аппарата (ТНПА) – подводный аппарат, который управляется оператором или группой операторов (пилот, навигатор и др.) зачастую с борта судна. Аппарат связан с судном сложным грузонесущим кабелем, через который на аппарат поступают сигналы дистанционного управления и, иногда,

электропитание, а обратно передаются показания датчиков и видеосигналы. Так как пилот находится на борту судна или на суше, аппарат называется необитаемым. ТНПА также часто называют подводными роботами.

ТНПА используют для:

- осмотровых работ;
- спасательных операций;
- извлечения объектов со дна;
- работ по обеспечению объектов нефтегазового комплекса (поддержка бурения, осмотр трасс газопроводов и т.д.);
- операций по разминированию;
- научных приложений;
- поддержки водолазных работ и т.д.

Круг решаемых задач постоянно расширяется и вместе с этим увеличивается парк подводных аппаратов. Работа с подводными необитаемыми подводными аппаратами намного дешевле, менее опасные и, в некоторых случаях, более удобные, чем водолазные работы, но при этом не могут полностью их заменить.

Стандартно аппарат имеет следующее оборудование:

Двигатели (от трёх до десяти и более)

Датчик давления

Компас или гироскомпас для ориентирования в пространстве

Видеокамеры

Осветительное оборудование

Манипулятор

Гидролокатор кругового обзора

Маяк ответчик ГАНС (гидроакустическая навигационная система).

В зависимости от назначения аппарата, его размеров и массы, некоторые элементы могут убираться как лишние, так могут и добавляться новые. Так, например, в аппаратах менее 50 кг, используемых для осмотровых целей, часто отсутствуют манипулятор и гидролокатор.

Преимущества использования:

- снижение риска для людей, прежде всего водолазов;
- могут использоваться вместо другого громоздкого и дорогостоящего оборудования;

– существенно расширяют возможности изучения морей, океанов и других водоёмов;

– более экономичны в применении по сравнению с использованием водолазов и обитаемой техники.

### ***Проблемы использования:***

У спускаемых аппаратов «привязного типа», соединённые с судном управляющим или силовым кабелем, кабель создаёт так называемый «водяной парус», препятствующий передвижению аппарата и сужающий области его применения;

Винтовые дистанционные и автономные подводные аппараты нередко поднимают со дна ил, который серьёзно затрудняет обзор для оператора;

Аппараты нуждаются в искусственном интеллекте, способном предотвращать их столкновения с другими подвижными или неподвижными объектами под водой;

Автономные подводные аппараты, как правило, располагают небольшим запасом энергии, что ограничивает их применение.

### ***Виды обзорно-поисковых телеуправляемых подводных аппаратов.***

Автономные подводные микроаппараты (АПМА). За рубежом их называют micro-UUV (micro Unmanned Underwater Vehicle – необитаемый подводный микроаппарат). Позднее появился термин micro-AUV (АПМА). Наибольшая активность в исследованиях и разработке новых видов АПМА наблюдается в таких странах как США, Япония, Сингапур, Канада и Исландия.

### ***MicroHunter***

Среди самых миниатюрных подводных аппаратов можно выделить серию конструктивно масштабируемых АПМА MicroHunter (рисунок 1). Её разработало научное подразделение компании Nekton Research LLC совместно с университетом Дьюка (США) по заказу DARPA (Defence Advanced Research Projects Agency – Управление Перспективами Исследований и Разработок Министерства обороны США). Длина аппаратов составляет порядка 5-20 см. Данные аппараты предназначены для отработки концепций применения группировок из миниатюрных подводных роботов для обнаружения целей, целеуказания и наведения торпедного оружия, а также мониторинга свойств водной среды (измерение температуры, солёности и т.д.).



Рисунок 1 – Макетные образцы подводных микророботов серии MicroHunter

Один из действующих макетов, предназначенных для обзорно-поисковых работ, имеет длину 20 см, диаметр корпуса ~5 см, глубину погружения до 100 м и развивает скорость до 2 узлов. В состав системы энергообеспечения входит аккумуляторная батарея типа АА, обеспечивающая автономность плавания в пределах 3 часов, что соответствует длительности хода до 10 км. Самый миниатюрный аппарат серии MicroHunter с дальностью действия порядка 30 км имеет длину всего 5 см и массу около 5 г. В своих разработках Nekton Research LLC применила ряд оригинальных конструкторских решений, обеспечивших высокую маневренность MicroHunter. Кроме того, встроенные в них системы управления позволяют эффективно применять достаточно большую группировку MicroHunter (более 30 микроаппаратов) для решения задач сбора трехмерной информации о подводных объектах.

### *Марлин-350*



Рисунок 2 – Марлин-350



«Марлин-350» предназначен для проведения допоиска подводных объектов и выполнения подводно-технических, поисковых и осмотровых работ в прибрежных или внутренних водах на глубинах до 350 метров. Аппараты данного класса активно используются структурами МЧС и МВД в поисковых операциях, для охраны водных районов, осмотра трубопроводов и кабельных линий, подледных работах, научных исследованиях, на нефтяных и газовых промыслах. Кроме того, аппарат может применяться для установки гидро-технических маркеров и подъема предметов, захваченных манипулятором.

### ***Особенности***

Высокая маневренность и устойчивость на курсе;

Оптимальные массогабаритные характеристики;

Мобильность, минимальное время развертывания и простота в обращении;

Высокая надежность и простота в обслуживании, благодаря использованию магнитных муфт в двигателях;

Возможность расширения системы и установки дополнительного оборудования.

### ***Описание***

ТНПА «Марлин-350» оборудован шестью двигателями, причем четыре горизонтальных расположены по векторной схеме.

Данный вид расположения является наиболее оптимальным для маневрирования аппаратом, а это, в свою очередь, упрощает проведение поисковых и обследовательских работ. Каждый двигатель снабжен магнитной муфтой, что позволяет передавать вращение с вала двигателя на гребной винт, минуя сальниковое уплотнение. Тем самым существенно повышается надежность и простота обслуживания ТНПА в целом.

Благодаря оригинальному техническому решению построения системы управления, а также применению современной элементной базы позволяют обеспечить высокую точность и скорость отработки двигателями сигналов управления (изменения скорости вращения, реверс). Для связи подводного аппарата и надводного модуля применяется тонкий, гибкий оптоэлектрический кабель с низким сопротивлением движению и близкой к нулевой плавучестью.

Система передачи данных построена таким образом, что позволяет подключать множество дополнительных датчиков и специального оборудования для подводных работ и поиска. На аппарат можно

установить дополнительную камеру высокого разрешения, много-лучевой гидролокатор, эхолот, гидролокатор кругового обзора, систему подводной навигации, одностепенной манипулятор, а также другое дополнительное оборудование.

Пост управления ТНПА состоит из блока управления со встроенными в него тремя 19'' мониторами, блока электропитания и пульта ручного управления. Блок управления является интерфейсом, передающим по кабелю команды от пульта ручного управления на подводный аппарат. Пост управления также принимает видео и телеметрию от подводного аппарата. Данные телеметрии о курсе и глубине накладываются на видеоизображение на экране системного монитора.

Система гидроакустического позиционирования, которая может входить в комплект поставки, позволяет определять текущее положение подводного аппарата и целей относительно судна-носителя и получать отображение данных в абсолютных географических координатах.

Технические характеристики «Марлин-350»:

Рабочая глубина, не более – 350 м;

Маршевая скорость – 2,5 узлов;

Диапазон рабочей температуры воздуха от –20 до +35 °С;

Диапазон рабочей температуры воды от –2 до +32 °С;

Максимальная скорость течения – 2 узла;

Волнение моря, не более – 4 балла;

Светодиодные светильники – 2 шт.;

Видеокамера – 2 цветные шт.;

Автопилот – 1° по курсу и глубине;

Гидроакустическая навигационная система – 1° Applied Acoustics

Alpha

Диаметр кабель-троса – 11 мм;

Длина кабель-троса – 450 м;

Энергопотребление комплекса – 2,5 кВт;

Габариты подводного аппарата – 840 × 590 × 370 мм;

Габариты лебедки – 6820 × 800 × 720 мм;

Габариты надводного модуля – рэк-ящик 13U;

Вес подводного аппарата – 50 кг;

Вес лебедка (без кабеля) – 27 кг.

## AC-ROV 100



Рисунок 1 – AC-ROV 100

Малогабаритный подводный аппарат AC-ROV 100 предназначен для выполнения осмотровых и поисковых работ в прибрежных морских или внутренних водах на глубинах до 100 метров.

### ***Особенности***

Компактность. Вся система уместается в один водонепроницаемый кейс, масса которого 18 кг;

Аппарат готов к использованию в течение 3 минут, для обслуживания системы достаточно 1 человека;

Маневренность аппарата обеспечивается 4 горизонтальными движителями, расположенными по векторной схеме, и двумя вертикальными;

Легкая управляемость. Пульт управления (5-степенной джойстик) позволяет управлять аппаратом в режиме 3D одной рукой;

Надежность. Вся электронная часть подводного аппарата располагается в герметичном отсеке и снабжена разъемами для подключения питающих и сигнальных кабелей.

### ***Описание***

Движительный комплекс обеспечивает аппарат пятью степенями свободы. Благодаря двум вертикальным движителям аппарат способен управляться по углу дифферента. На аппарате установлены уникальные движители, которые не имеют центральных валов, а гребные винты

закреплены не на центральной оси, как у обычных аппаратов, а на внешней части движителя. Это позволяет существенно увеличить эффективность движителей. Для связи подводного аппарата AC-ROV 100 и надводного модуля применяется тонкий и гибкий кабель-трос с низким гидродинамическим сопротивлением и близкой к нулевой плавучестью.

Аппарат оснащен цветной видеокамерой, светодиодными светильниками, влагозащищенным монитором, глубиномером, датчиками температуры, влажности, затекания, системой наложения текстовой информации на видеоизображение и функцией триммирования перемещения.

### **Технические характеристики AC-ROV 100**

Рабочая глубина – не более 100 м;  
Скорость подводного передвижения – 1,5 узла;  
Видео – цветная видеокамера 650 ТВЛ, 0,1 люкс;  
Свет – 4 светодиодных кластера;  
Источник электропитания – 90/230 В, 47/63 Гц;  
Потребляемая мощность – 300 Вт;  
Длина грузонесущего кабеля – 120 м;  
Габаритные размеры – 203×152×146 мм;  
Габариты кейса – 490×230×380 мм;  
Масса в воздухе – 3 кг.

### ***Gladius***



Рисунок 2 - Gladius

ТНПА любительского класса. Существует две модификации – Standard (Стандартная) и Advanced (Усовершенствованная).

## **Технические характеристики**

Максимальная глубина погружения - 100 м

Корпус из алюминиевого сплава

4 тростера

Максимальная скорость движения по горизонтали 2 метра в секунду

Управление с портативного пульта ДУ на базе смартфона и внешних мини-джойстиков, на экране смартфона отображается видеопоток 720 точек

Вес – 3 кг

Заявляется до 3 часов работы (зависит от режима использования)

Зарядка – 1.5 часа (батареи Li-Pol)

В комплекте поставки – 30 м кабель-трос (опционально 100 м), который соединяет ТНПА с поплавком, оборудованным Wi-Fi приемопередатчиком.

Встроенная камера: 1080p в 60 fps в модели Standard и 4K в 30 fps в модели Advanced

Возможность делать снимки с разрешением 16 мпикс

Подсветка – светодиодная, поток 1200 Люмен

Дальность Wi-Fi канала – 30 метров в модели Standard и 500 м в модели Advanced

Так же большой объём научных исследований по созданию миниатюрных подводных роботов проводиться в рамках американской комплексной программы «Подводные роботы на биометрических принципах» (Biometric Underwater Robot). Основная цель программы – создание полностью автономных подводных роботов, имитирующих принципы движения морских биологических объектов. Например, предполагается, что на основе технической имитации движения рыб будут созданы подводные аппараты, обладающие малым радиусом разворота, существенно сокращённым временем разгона и торможения.

## **Вывод**

Анализируя вышерассмотренные телеуправляемые подводные аппараты, спроектированные разными компаниями, можно выделить несколько общих черт всех роботов. Большинство роботов используют несколько двигателей для движения в различных плоскостях, а иногда по несколько двигателей для движения только в одну сторону. Все они разработаны для работы на не особо большой глубине, примерно от 100 до 300 м. Так же их максимальная скорость достигает примерно 2 узлов. Так же большинство роботов соединяется с оператором напрямую с помощью кабельной линии, но также есть модели,

управляемые дистанционно через Wi-Fi или Bluetooth, либо же имеется специальный поплавок к которому аппарат присоединён кабель-тросом и оборудованный Wi-Fi приёмопередатчиком.

#### Список литературы:

1. Бочаров Л. Необитаемы подводные аппараты: состояние и общие тенденции развития// Электроника: Наука, Технология, Бизнес. – 2009. - №8. – С. 88-93.

2. Телеуправляемый необитаемый подводный аппарат. [Электронный ресурс] // URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki> (дата обращения: 30.03.2017).

3. Бойко А. Подводные роботы. [Электронный ресурс] // URL: <http://robotrends.ru/robopedia/podvodnye-roboty-1> (дата обращения: 30.03.2017).

*Евсиков Семён Константинович,  
магистр,  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
морской технический университет»,  
г. Санкт-Петербург  
e-mail: semka42@yandex.ru*

### **Разработка системы управления аппаратом подводной видеосъёмки**

**Аннотация.** В статье описана разработка подводного поисково-обзорного телеуправляемого подводного аппарата.

**Ключевые слова:** система управления, подводная видеосъемка, подводный аппарат.

*Evsikov Semyon Konstantinovich,  
master,  
Saint-Petersburg State Marine Technical University,  
Saint-Petersburg  
e-mail: semka42@yandex.ru*

### **Development of control system for underwater video recording apparatus**

**Abstract.** The article describes the development of underwater search and survey remote-controlled underwater vehicle.

**Key words:** control system, underwater video, underwater vehicle.

В своей статье я проанализировал различные типы подводных телеуправляемых обзорно-поисковых аппаратов и выделил, что при разработке подводного аппарата такого типа, он должен иметь несколько двигателей для движения в разных плоскостях, общая глубина составляет 100–300 метров, скорость достигает до 2 узлов и так далее.

Разработка подводного аппарата была начата с обдумывания блок-схемы. Было решено что будущий подводный аппарат будет строиться на базе программируемой платы Arduino Uno и расширения для него в виде дополнительной платы Motor Shield, отвечающего за работу 4-х моторов. Для питания будет использоваться несколько литиевых батарей ёмкостью ~2700 mAh. Сама плата Arduino будет подключаться

по проводу к управляющему устройству оператора, например к ноутбуку. Так же ещё один провод соединит управляющее устройство оператора и видеокамеру, с которой и будет вестись съёмка и обзорные работы. На начальном этапе рассматривалась модель без каких-либо дополнительных модификаций, но в будущем имеется возможность их реализации, поэтому на начальном этапе данный аппарат может предназначаться только для обзорно-поисковых работ.

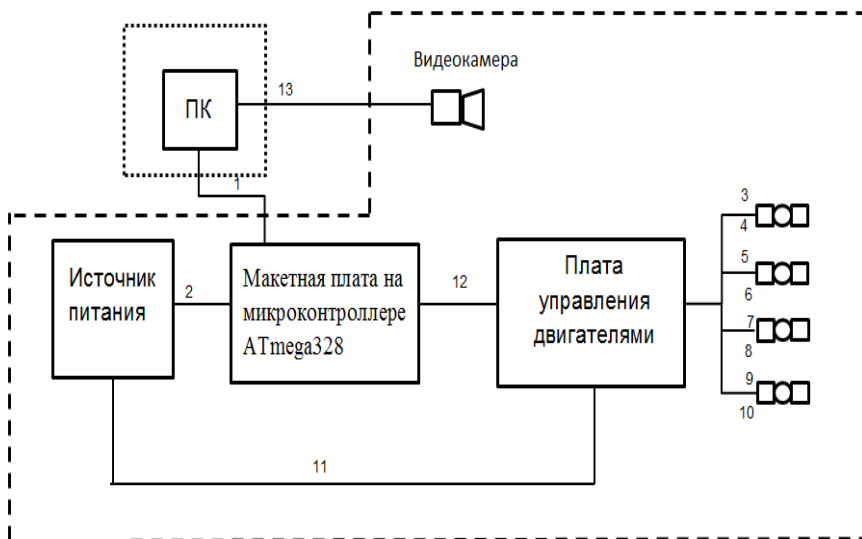


Рисунок 1 – Блок-схема подводной телеуправляемой видеокамеры

Так же была разработана схема будущего телеуправляемого аппарата.

На данном этапе подводная телеуправляемая видеокамера состоит из следующих элементов:

1. Прозрачный купол.
2. Видеокамера.
3. Корпус.
4. Источник питания.
5. Arduino Uno.
6. Motor Shield.
7. Мотор-редуктор (4 штуки).
8. Дейдвуд (4 штуки).
9. Гребной винт (4 штуки).
10. Задняя крышка корпуса.



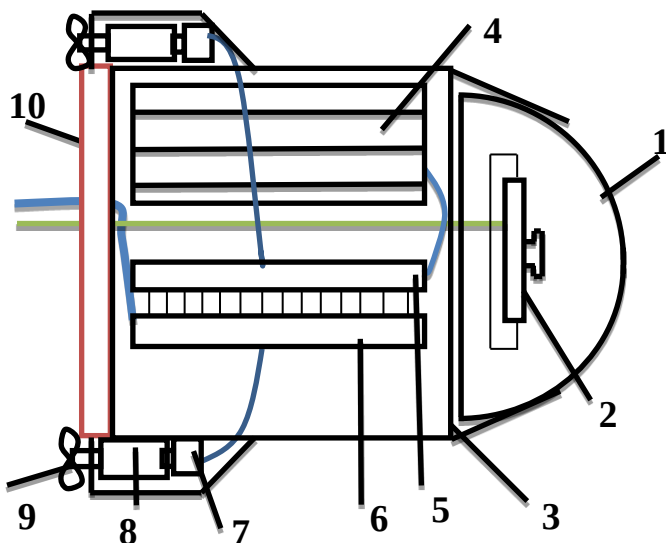


Рисунок 2 – Схема подводной телеуправляемой видеокамеры

Помимо этого также содержатся соединительные провода, подшипники и различные уплотнители для полной герметизации корпуса.

Для реализации корпуса подводного аппарата были взяты и разработаны различные части.

### ***Прозрачный купол.***



Рисунок 3 – Прозрачный купол

Прозрачный купол сделан из пластика. Его радиус равен  $R=79.7$  мм. Купол устанавливается в передней части корпуса, плотно прилегая к нему и закрепляясь с ним. Так как корпус должен быть полностью герметичен, в месте, где купол соприкасается с основной частью корпуса стоит добавить какой-нибудь герметик.

### ***Корпус***

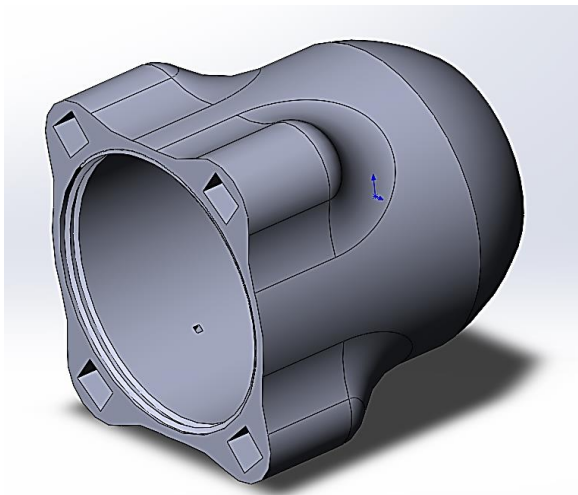


Рисунок 4 – Корпус телеуправляемой подводной видеокамеры

Корпус сконструирован с нуля с помощью программы SolidWorks и напечатан на 3D принтере. Материал: ABS пластик.

### ***Дейдвуд (гребной вал, дейдвудная трубка)***

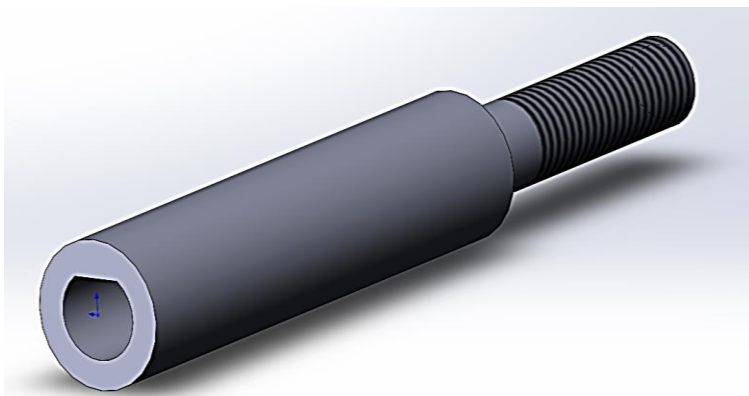


Рисунок 5 –Дейдвуд

### *Гребной винт*



Рисунок 6 – Гребной винт

Помимо корпуса также разрабатывалась и электронная часть подводного аппарата.

### *Видеокамера*

Были рассмотрены различные типы видео камер и для первого прототипа была выбрана камера наблюдения ZTV 817GA.



Рисунок 7 – Камера наблюдения ZTV 817GA

Но в будущем предусмотрена замена на более лучшую камеру, если это потребуется.

Так же подключение камер предусмотрено через порт RS-485.

В качестве источника питания рассматривались разные типы батареек и аккумуляторов. В конечном итоге были выбраны несколько

(3-4 штук) литиевых аккумуляторов ёмкостью 2700-3700 mAh. При 4-х батареях ёмкостью 3700 mAh общая ёмкость будет составлять 14800 mAh, такой объём обеспечивает очень продолжительную работу аппарата, свыше 12 часов. Помимо того, что они будут обеспечивать необходимую нам мощность и продолжительность работы, плюсом также явилась их легкодоступность.

### ***Источник питания***

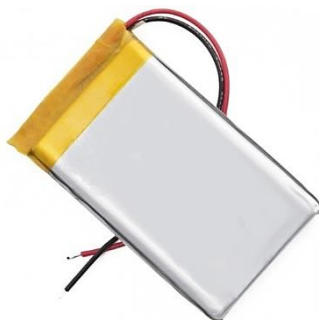


Рисунок 8 – Тип батареи, используемой в аппарате

### ***Макетная плата на микроконтроллере ATmega328***

#### ***Arduino Uno***

В качестве платы управления был выбран микроконтроллер Arduino Uno и расширение для управления двигателями Motor Shield.



Рисунок 9 – Плата Arduino Uno



Рисунок 10 – Плата Motor Shield

### *Мотор-редуктор*

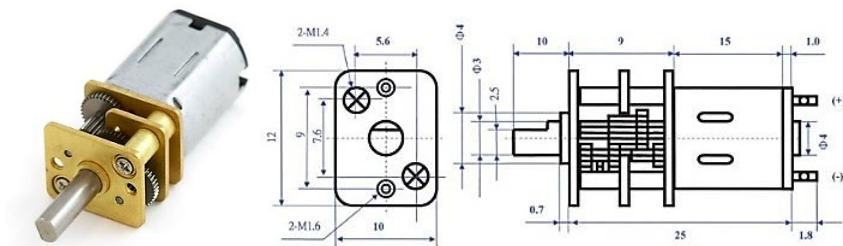


Рисунок 11 – Мотор-редуктор Gekko MR12-050

Этот мотор-редуктор представляет собой миниатюрный коллекторный двигатель постоянного тока с повышенным сроком службы щеток из графита и металлический редуктор. Он имеет поперечное сечение 10 x 12 мм, а D-образный выходной вал редуктора имеет длину 10 мм и диаметр 3 мм. [6]

И в конечном итоге было разработано программное обеспечение для микроконтроллера системы управления. Одной из основных причин выбора платы Arduino состояло в том, что язык программирования основан на C/C++. Он прост в освоении, и на данный момент Arduino — это, пожалуй, самый удобный способ программирования устройств на микроконтроллерах.

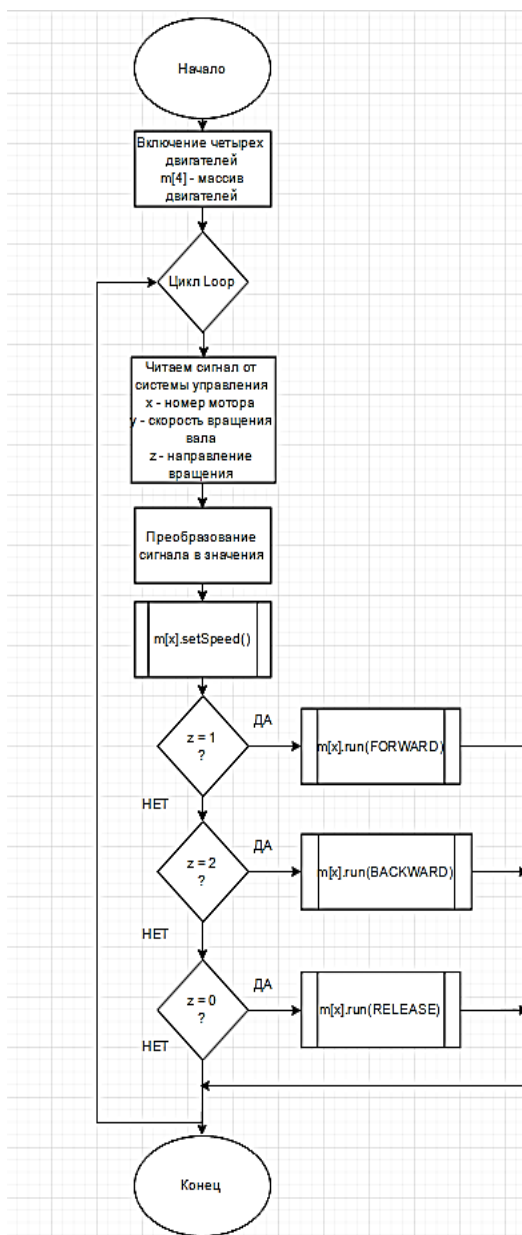


Рисунок 12 – Блок-схема программы для управления двигателями

И так же было разработано программное обеспечение для оператора. Так как на подводном аппарате будет установлена видеокамера, необходимо специальное программное обеспечение, которое будет выводить изображение получаемое с камеры, на экран оператора, использующее библиотеку OpenCV.

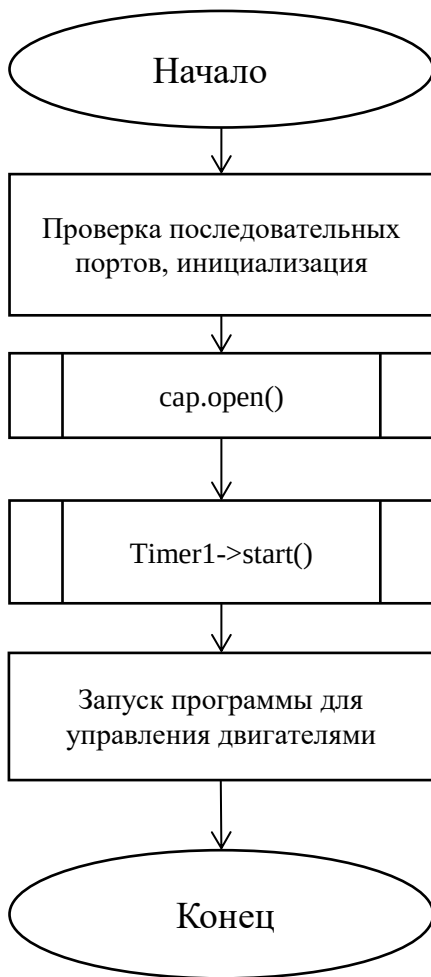


Рисунок 13 – Блок-схема программы

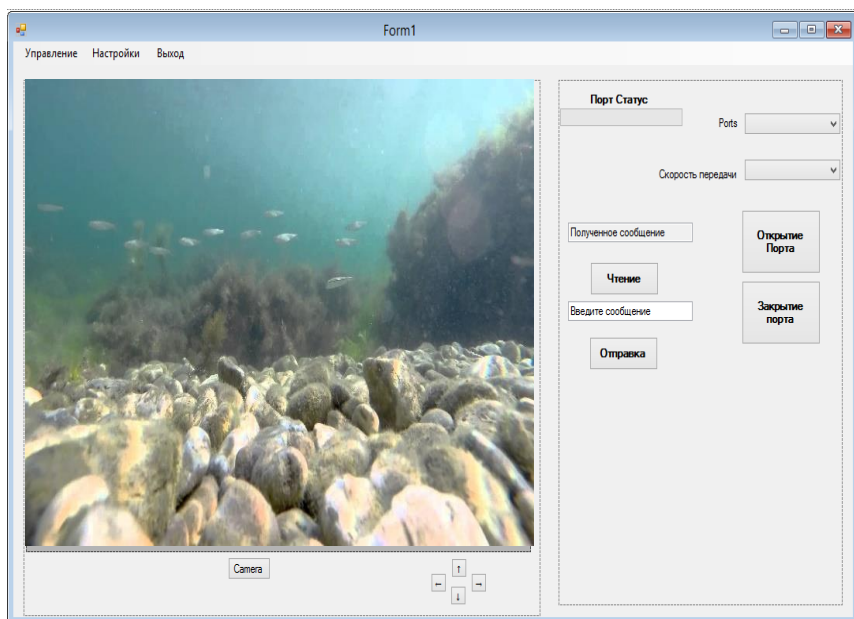


Рисунок 14 – Общий вид интерфейса

### ***Вывод***

По итогам был спроектирован малогабаритный телеуправляемый необитаемый подводный аппарат. Основной частью работы было проектирования корпуса, а также анализ и подбор его электрической и электротехнических частей. Также была разработана программа управления для плат Arduino UNO и Motor Shield. Данная программа и обеспечивает непосредственно само телеуправление нашим телеуправляемым необитаемым подводным аппаратом. Следующим, и последним, шагом была разработка программного обеспечения для вывода изображения с камеры на экран оператора, что бы можно было не только управлять аппаратом, но и видеть куда он плывёт.

На данный момент сам телеуправляемый необитаемый подводный аппарат ещё не полностью завершён, но по окончании его разработки его можно будет использовать как полноценного подводного робота, для обзорных, а может даже и поисковых, работ. Так же в будущем данный аппарат можно будет модернизировать и оснастить дополнительными датчиками, благодаря чему увеличивается спектр его возможностей.



### Список литературы:

1. Arduino Uno. [Электронный ресурс] // URL: <http://arduino.ru/Hardware/ArduinoBoardUno> (дата обращения: 05.04.2017).
2. Плата расширения Arduino Motor Shield. [Электронный ресурс] // URL: <http://arduino.ru/Hardware/ArduinoMotorShieldR3> (дата обращения: 05.04.2017).
3. Мотор-редуктор Gekko MR12-050. [Электронный ресурс] // URL: <http://www.robototehnika.ru/e-store/catalog/198/698/>
4. Камера наблюдения ZTV 817GA [Электронный ресурс] // URL: [http://savehome.ru/product\\_1193.html](http://savehome.ru/product_1193.html)
5. RS-485 рекомендованный стандарт электрических характеристик генераторов и приемников для использования в балансных многоточечных системах. [Электронный ресурс] // URL: <http://www.softelectro.ru/rs485.html>
6. Информация о гребном винте [Электронный ресурс] // URL: [http://www.kvartet.biz/ru/knowledge\\_base/articles/prop\\_info.html](http://www.kvartet.biz/ru/knowledge_base/articles/prop_info.html)
7. Аналоговые и цифровые камеры видеонаблюдения [Электронный ресурс] // URL: <https://www.sferann.ru/poleznaya-informatsiya/26-analogovye-i-tsifrovye-kamery-videonablyudeniya-chast-1>

*Ефремова Ольга Сергеевна*  
*студент,*  
*ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный*  
*морской технический университет»,*  
*г. Санкт-Петербург*  
*e-mail: krekster2010@mail.ru*

### **Разработка технологии сборки надстройки с использованием САПР «AVEVA Marine»**

***Аннотация.** В статье рассмотрены вопросы технологической отработки конструкции корпуса надстройки с использованием САПР «AVEVA Marine».*

***Ключевые слова:** надстройка, технологическая отработка, шпация набора.*

*Efremova Olga Sergeevna*  
*student,*  
*Saint-Petersburg State Marine Technical University,*  
*Saint-Petersburg*  
*e-mail: krekster2010@mail.ru*

### **Development of superstructure assembly technology using CAD «AVEVA Marine»**

***Abstract.** The article considers the issues of technological improvement of superstructure hull design with the use of CAD «AVEVA Marine».*

***Key words:** superstructure, technological improvement, frame spacing.*

В последние десятилетия все больше развиваются направления цифровых технологий для увеличения эффективности производства и сокращения сроков проектирования и строительства на судостроительных предприятиях. Одним из инструментов цифровых технологий являются специализированные САПР, такие как «AVEVA Marine». Система позволяет создать цифровую модель объектов морской техники на этапе проектирования и использовать ее на этапе строительства, насыщая технологической информацией. В результате обеспечивается снижение затрат при строительстве судов посредством

увеличения эффективности производства и сокращения сроков подготовки производства и строительства.

В настоящей работе с использованием САПР решались вопросы технологической отработки, которые производились на примере надстройки арктического танкера проекта Р-70046, состоящего из шести ярусов, трубы и шахты машинного отделения, представленного на рисунке 1. Конструктивная схема надстройки включает в себя поперечный набор, продольные рамные связи, пиллерсы и выгородки. Шпация набора варьируется от 800 до 600 мм в районе вырезов на палубе второго яруса.

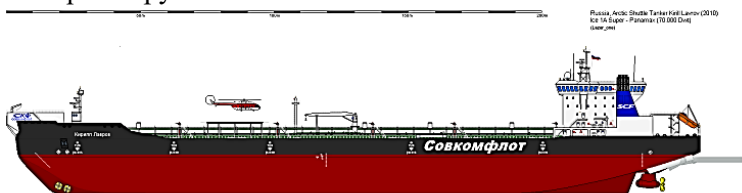


Рисунок 1 – Схема общего вида арктического танкера проекта Р-70046 «Кирилл Лавров»

Технологическая отработка конструкции надстройки с использованием САПР выполнялась в части выработки мероприятий повышения технологичности и сокращения затрат на подготовку производства.

Обоснование величины шпации основного набора надстройки с позиций повышения технологичности позволяет обеспечить сокращение трудоемкости изготовления надстройки.

Для проведения сравнительного анализа и выработки конструктивных мероприятий по повышению технологичности с использованием системы САПР была построена цифровая модель надстройки. При ее разработке были учтены требования по обеспечению качества внешнего вида открытых частей палуб и наружных стенок надстройки, а также сохранения конструктивной жёсткости конструкции [1], [2].

При величине шпации от 800 мм и более следует устанавливать дополнительные технологические неудаляемые подкрепляющие ребра жёсткости (планки) для сокращения сварочных деформаций конструкций, к внешнему виду которых предъявляются ужесточенные требования.

При величине шпации до 500 мм указанные технологические ребра жесткости исключаются, так как основной набор обеспечивает минимизацию сварочных деформаций.

Масса набора коренным образом не меняется, но снижается трудоемкость сборки и сварки конструкций надстройки в среднем на 20% и увеличивается трудоёмкость правки в среднем на 15%. Эти выводы иллюстрируют графики на рисунках 2 и 4.

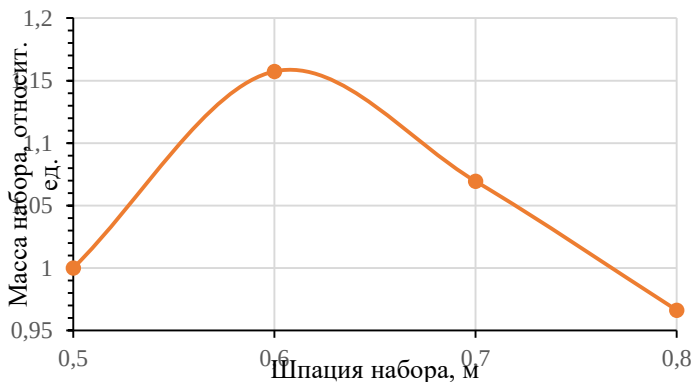


Рисунок 2 – График зависимости массы основного и подкрепляющего набора от шпации

Принципиальная схема разбивки на секции представлена на рис. 3.

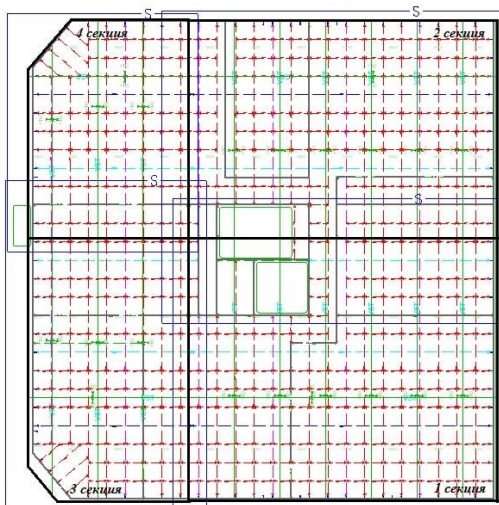


Рисунок 3 – Схема разбивки блока надстройки на секции

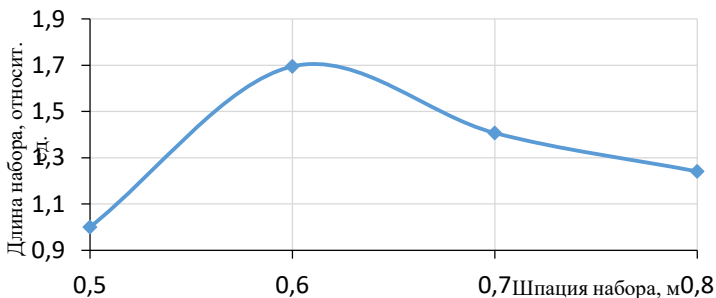


Рисунок 4 – График зависимости длины сварных швов от шпации для секций надстройки.

Кроме того, выполнен анализ влияния размеров листов на трудоемкость, в ходе которого было обосновано увеличение габаритов заказных листов по ширине с 1600 мм до 2000 мм, что позволило сократить количество сварных швов полотнищ в среднем на 20%.

Для оценки внесённых изменений в первоначальный проект была создана цифровая модель надстройки в САПР «AVEVA Marine». 3D-вид модели представлен на рисунке 5.

Кроме визуального представления цифровая модель также содержит в себе конструкторскую и технологическую информацию, которую использует завод-строитель вместо чертежей для подготовки производства. Конструктивное сечение и геометрия деталей, получаемых из электронной модели, представлены на рисунках 3, 6, 7.

Цифровая модель может использоваться для этапов подготовки производства и строительства.

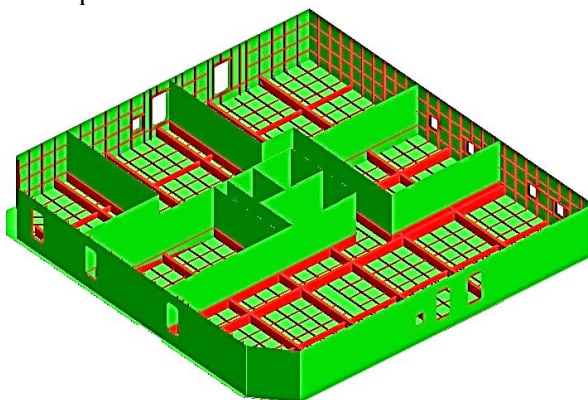


Рисунок 5 – 3D-вид второго яруса надстройки

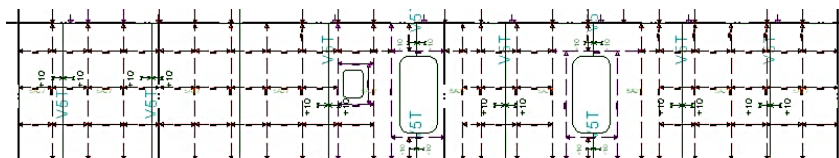


Рисунок 6 – Сечение по наружной стенке яруса надстройки.  
На сечении отображены технологические ребра жесткости  
для обеспечения выполнения требований внешнего вида

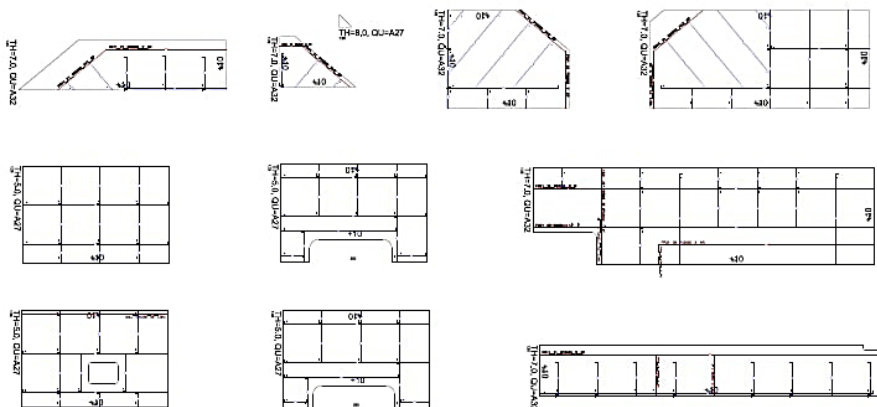


Рисунок 7 – Примеры геометрии деталей надстройки,  
формируемые из электронной модели

Производственные возможности завода-изготовителя АО «Адмиралтейские верфи» позволяют выполнять операции сборки и сварки надстройки с использованием автоматизированной линии для сборки и сварки плоских секций фирмы IMG [3]. Узлы наружных стенок и выгородок надстройки изготавливаются отдельно на участках предварительной сборки и сварки узлов.

На основе производственных возможностей предприятия с использованием разработанной цифровой модели создан технологический процесс изготовления секций блока надстройки и произведен расчет трудоемкости [4], [5], [6].

Выполненная работа по технологической отработке надстройки с использованием САПР «AVEVA Marine» позволила сформировать конструкторскую и технологическую информацию для подготовки производства, а также обосновать шпацию, схему разбивки на секции,

размеры листового проката с позиций повышения технологичности и сокращения трудоемкости изготовления.

Список литературы:

1. Глозман М.К., Васильев А.Л. Технологичность конструкций корпуса судна / М.К. Глозман. А.Л. Васильев – СПб: Судостроение 1971.
2. Правила классификации и постройки морских судов. Часть II. Корпус. СПб: Российский морской регистр судоходства, 2019.
3. Никитин В. А. Проектирование средств технологического оснащения сборочно-сварочного производства для судостроения / В.А. Никитин – СПб: АО «ЦТСС», 2017.
4. Методические указания: Выборочные нормативы времени на выполнение работ по изготовлению секций»: КТС – СПб.: издательство СПбГМТУ, 2005.
5. ОСТ ГКЛИ.3520-046-2016 Типовые отраслевые нормы времени на узловую и секционную сборку корпусных конструкций надводных судов.
6. ОСТ ГКЛИ.3530-011-2014 Типовые отраслевые нормы времени на работы по узловой и секционной сборке корпусных конструкций из прочных сплавов.

*Жулёв Сергей Константинович  
доцент кафедры уголовного  
и административного права  
факультета естественнонаучного  
и гуманитарного образования,  
кандидат юридических наук  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
морской технический университет»,  
г. Санкт-Петербург  
e-mail: esmarkus@bk.ru*

**Развитие института воспитанников воинских частей  
как направление государственной политики по профилактике  
безнадзорности и правонарушений среди  
несовершеннолетних граждан России**

***Аннотация:** в статье констатируется тот факт, что профилактика безнадзорности и правонарушений несовершеннолетних является одним из приоритетных направлений в деятельности органов государственной власти Российской Федерации. Автор делает вывод о том, что дальнейшее развитие института несовершеннолетних воспитанников воинских частей окажет положительное влияние на решение проблем подростковой безнадзорности и профилактики правонарушений несовершеннолетних.*

***Ключевые слова:** несовершеннолетние, безнадзорность, зачисление, воспитанники, воинские части, профилактика правонарушений*

*Zhulev Sergei Konstantinovich  
associate professor of criminal  
and administrative law  
natural-science faculty  
and arts education even, PhD in law  
Saint-Petersburg State Marine Technical University,  
Saint-Petersburg  
e-mail: esmarkus@bk.ru*



## **Development of the institute of pupils of military units as part of state policy prevention of lawlessness and offences among different russian citizens**

**Abstract.** *The article states the fact, that the prevention of child neglect and juvenile delinquency is one of the priority directions in the activity of state bodies of the Russian Federation . The author concludes, that further development of the Institute for juvenile inmates of the military units will have a positive impact on solving the problems of juvenile neglect and prevention of juvenile delinquency.*

**Key words:** *minors, neglect, enrolment, pupils, military units, prevention of offences*

Начавшиеся с конца 80-х годов XX в. процессы становления и развития рыночной экономики в России привели к значительному ухудшению социально-демографической обстановки, что нашло своё отражение, помимо прочего, в снижении уровня жизни подавляющей части населения, включая несовершеннолетних. Негативные проявления выразились, в том числе, в изменении ценностных ориентаций и росте бездуховности данной категории лиц, увеличении количества асоциальных неформальных подростковых групп, массовом употреблении несовершеннолетними спиртных напитков, наркотических и токсических веществ, увеличении числа правонарушений и других антиобщественных поступков, совершаемых подростками.

Всё более опасным становился процесс распространения детской и подростковой безнадзорности и беспризорности. Так, только в 2000 г. по официальным данным Федеральной службы государственной статистики в России было выявлено и учтено 114 715 детей и подростков, оставшихся без попечения родителей [1, с. 139]. Именно безнадзорность и беспризорность несовершеннолетних зачастую и являлись главной причиной попадания данной категории лиц в криминальную среду. Такая тревожная ситуация во многом обуславливалась правовой незащищённостью детства, представляя серьёзную угрозу национальной безопасности России, её будущему.

Следует отметить, что, начиная с середины 90-х годов прошлого столетия, в Российской Федерации были предприняты попытки комплексного подхода к решению проблем защиты прав, свобод и законных интересов несовершеннолетних – путём создания системного

механизма правового регулирования общественных отношений с участием данной категории лиц. Так, Указом Президента РФ от 18 августа 1994 г. № 1696 «О президентской программе «Дети России» была утверждена федеральная программа «Дети России» (в которую входили, в том числе, федеральные целевые программы «Дети-сироты» и «Профилактика безнадзорности и правонарушений несовершеннолетних») [2]. В дальнейшем действие указанной федеральной программы было продлено сначала на 1996-1997 годы, а затем и на 1998-2000 годы [3; 4]. Указом Президента РФ от 14 сентября 1995 г. № 942 были утверждены Основные направления государственной социальной политики по улучшению положения детей в Российской Федерации до 2000 года (Национальный план действий в интересах детей) [5].

Проблемы детства и пути их решения нашли своё отражение в Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года, утверждённой распоряжением Правительства РФ от 17 ноября 2008 г. № 1662-р [6], а также в Концепции демографической политики Российской Федерации на период до 2025 года, утверждённой Указом Президента РФ от 9 октября 2007 г. № 1351 [7].

В рамках очередного этапа социально-экономического развития страны крайне актуальным явились президентские указы от 1 июня 2012 г. № 761 «О Национальной стратегии действий в интересах детей на 2012-2017 годы» [8], а также от 28 декабря 2012 г. № 1688 «О некоторых мерах по реализации государственной политики в сфере защиты детей-сирот и детей, оставшихся без попечения родителей» [9].

Принятие вышеуказанных нормативных правовых актов свидетельствует о том, что обеспечение благополучного и защищённого детства рассматривается руководством страны в качестве одного из основных национальных приоритетов России. Одним из главных, приоритетных направлений в деятельности государственных структур и общественных институтов становится сегодня профилактика безнадзорности и правонарушений несовершеннолетних. Определённую роль в этих процессах призвана сыграть военная организация российского государства, свидетельством чему является существующий в ней институт несовершеннолетних воспитанников воинских частей.

В советской энциклопедической литературе термин «воспитанники» — применительно к военной организации государства —

рассматривался в трёх смысловых значениях: им обозначались, во-первых, дети, подростки, принимаемые на воспитание воинскими частями, как правило, в военное время; во-вторых, подростки, обучающиеся в суворовских и нахимовских военных училищах, а также в военно-музыкантских школах; в-третьих, юноши допризывного возраста, зачисленные в военные оркестры для подготовки из них музыкантов [10, с. 295].

Необходимо отметить, что институт малолетних воспитанников воинских частей русской армии – солдатских детей, кантонистов – имеет давнюю историю [11, с. 369; 12, с. 348; 13, с. 6; 14, с. 23-24 и др.]. Причём, возникнув в начале XVIII в., институт воспитанников военных оркестров не прекратил своего существования и в советский период развития российского государства [14, с. 72; 15, с. 97; 16, с. 115; 17, с. 383; 18, с. 21 и др.].

Представляется, что содержание и обучение солдатских детей в полковых гарнизонных школах, а также на должностях музыкантских учеников (воспитанников) в военных оркестрах русской армии следует рассматривать не только в качестве способа комплектования полков русской армии хорошо подготовленными в профессиональном плане новобранцами, но и как меру по профилактике подростковой преступности, а также в качестве меры по профилактике безнадзорности и беспризорности среди детей погибших или пропавших без вести воинов русской армии и флота.

В современной России институт воспитанников воинских частей обрёл надлежащую законодательную регламентацию сравнительно недавно – немногим более 20 лет назад: в абзаце первом пункта 3 статьи 24 Федерального закона от 24 июня 1999 г. № 120-ФЗ «Об основах системы профилактики безнадзорности и правонарушений несовершеннолетних» было закреплено установление о том, что федеральные органы исполнительной власти, в которых законодательством Российской Федерации предусмотрена военная служба, могут принимать в пределах своей компетенции участие в профилактике безнадзорности и правонарушений несовершеннолетних, в том числе – путём зачисления детей-сирот и детей, оставшихся без попечения родителей, в списки воинских частей в качестве воспитанников с согласия указанных несовершеннолетних, а также с согласия органов опеки и попечительства [19].

В развитие указанных законодательных норм постановлением Правительства РФ от 14 февраля 2000 г. № 124 было утверждено

Положение о зачислении несовершеннолетних граждан Российской Федерации в качестве воспитанников в воинские части и обеспечении их необходимыми видами довольствия, устанавливающее категории несовершеннолетних, которые могли зачисляться в воинские части в качестве воспитанников, основания их зачисления, порядок обеспечения всеми необходимыми видами довольствия, а также основания выпуска воспитанников из воинских частей [20].

В свою очередь, в утверждённом постановлением Правительства РФ от 21 сентября 2000 г. № 745 Положении о статусе воспитанников воинских частей были закреплены права, обязанности и ответственность воспитанников воинских частей; определён перечень документов, выдаваемых воспитаннику при выпуске из воинской части или при его переводе в другое учреждение; регламентированы вопросы содержания воспитанников на полном государственном обеспечении, а также вопросы их проживания, обучения и воспитания, получения ими образования, оказания им медицинской помощи и распорядка дня; закреплена ответственность командования воинской части за жизнь и здоровье воспитанников, за соблюдение на территории воинской части в отношении воспитанников международных правовых норм, за выполнение законодательных актов Российской Федерации и субъектов Российской Федерации в области защиты прав ребёнка [21].

Первоначально нормы о воспитанниках воинских частей получили своё дальнейшее развитие и претворение в жизнь в Министерстве обороны, а также в Федеральной службе безопасности – о чём свидетельствуют приказ Министра обороны РФ от 19 мая 2001 г. № 235 «О мерах по выполнению в Вооружённых Силах Российской Федерации постановлений Правительства Российской Федерации от 14 февраля 2000 г. № 124 и от 21 сентября 2000 г. № 745» [22], а также приказ директора Федеральной пограничной службы РФ от 20 декабря 2001 г. № 771 «О мерах по выполнению в Пограничной службе Российской Федерации постановлений Правительства Российской Федерации от 14 февраля 2000 г. № 124 и от 21 сентября 200 г. № 745» [23]. Впоследствии директором Федеральной службы безопасности РФ был издан приказ от 10 ноября 2009 г. № 585, которым был утверждён Перечень пограничных органов, в которые разрешено зачисление несовершеннолетних граждан Российской Федерации в качестве воспитанников [24].

С 1 января 2009 г. – после того, как вступил в силу Федеральный закон от 23 июля 2008 г. № 160-ФЗ «О внесении изменений в отдельные

законодательные акты Российской Федерации в связи с совершенствованием осуществления полномочий Правительства Российской Федерации», и в абзац 2 пункта 3 статьи 24 Федерального закона «Об основах системы профилактики безнадзорности и правонарушений несовершеннолетних» были внесены изменения, — полномочия в сфере установления порядка и условий зачисления несовершеннолетних в качестве воспитанников в воинские части, а также обеспечения их необходимыми видами довольствия перешли от Правительства РФ к соответствующим уполномоченным федеральным органам исполнительной власти (в которых в соответствии с федеральным законодательством предусматривалось прохождение военной службы) [25].

Уже с марта 2009 г. в число федеральных органов исполнительной власти, принимающих в пределах своей компетенции участие в профилактике безнадзорности и правонарушений несовершеннолетних, вошло Министерство внутренних дел России — после того, как вступило в силу утверждённое приказом Министра внутренних дел РФ от 11 января 2009 г. № 10 Положение о воспитанниках штатных военных оркестров внутренних войск МВД России [26]. Перечень воинских частей и учреждений внутренних войск, в которые разрешено зачисление воспитанников военных оркестров, был утверждён приказом Министра внутренних дел РФ от 11 января 2009 г. № 9 [27].

На основании приказа Федерального агентства специального строительства от 12 октября 2009 г. № 482 «О мерах по обеспечению выполнения в Федеральном агентстве специального строительства требований законодательства по социальной поддержке отдельных категорий несовершеннолетних граждан Российской Федерации» у несовершеннолетних детей-сирот и детей, оставшихся без попечения родителей, с 13 декабря 2009 г. появилась возможность стать воспитанниками военного оркестра Военно-технического университета при Федеральном агентстве специального строительства [28].

Следует отметить, что после того, как в соответствии с Указом Президента РФ от 5 апреля 2016 г. № 157 «Вопросы Федеральной службы войск национальной гвардии Российской Федерации» внутренние войска МВД России были преобразованы в войска национальной гвардии Российской Федерации [29], вышеупомянутый приказ Министра внутренних дел РФ от 11 января 2009 г. № 10 по-прежнему формально продолжает действовать в войсках национальной гвардии Российской Федерации. В то же время, приказом Федеральной

службы войск национальной гвардии РФ от 20 декабря 2018 г. № 642 был утверждён Перечень воинских частей войск национальной гвардии Российской Федерации, в которые разрешено зачисление несовершеннолетних граждан Российской Федерации в качестве воспитанников» [30]; данный приказ вступил в законную силу 2 февраля 2019 г.

Таким образом, в настоящее время во всех федеральных органах исполнительной власти, в которых федеральным законом предусмотрена военная служба, имеется соответствующая нормативная правовая база, позволяющая дать импульс для дальнейшего развития института несовершеннолетних воспитанников воинских частей.

К сожалению, число тех воинских частей, которые уже имеют своих несовершеннолетних воспитанников и воспитанников военных оркестров, в настоящее время ограничено. Полагаем, что на этот счёт существуют различные причины. В одних случаях множество имеющихся в соединениях и воинских частях своих нерешённых проблем объективно не позволяет соответствующим командирам и начальникам должным образом воплотить в жизнь те благие намерения, которыми руководствовались представители законодательной и исполнительной властей, принимая вышеуказанные нормативные правовые акты. В других случаях причины кроются в элементарной чёрствости и бездушии должностных лиц органов военного управления. В третьих случаях ни сами несовершеннолетние, ни их законные представители, ни даже представители органов опеки и попечительства не знают о тех возможностях, которые открываются несовершеннолетнему в случае зачисления его в соответствующую воинскую часть в качестве воспитанника либо воспитанника военного оркестра.

Тем не менее, включение воинских частей и военных образовательных организаций высшего образования в систему профилактики безнадзорности и правонарушений несовершеннолетних в качестве неспециализированных субъектов профилактики отвечает насущным требованиям современности и позволяет автору надеяться на то, что попытка воспроизведения на практике того положительного опыта зачисления детей-сирот в качестве сынов полков, который был широко распространён в период Великой Отечественной войны (разумеется, с учётом новых исторических реалий), окажется удачной.

Исходя из своего предназначения, военная организация государства может и должна внести свой посильный вклад в профилактическую работу с несовершеннолетними, в решение проблем подростковой

безнадзорности и профилактики правонарушений среди несовершеннолетних – что позволит российскому обществу и государству, используя отечественные традиции воспитательной деятельности в социуме, справиться с негативными тенденциями в деле сохранения подрастающего поколения для его созидательной работы на благо Отечества.

#### Список литературы:

1. Социальное положение и уровень жизни населения России. 2015: Стат. сб. М.: Росстат, 2015. 313 с.
2. Указ Президента Российской Федерации от 18 августа 1994 г. № 1696 «О президентской программе «Дети России» // Собрание законодательства Российской Федерации. 1994. № 17. Ст. 1955 (с послед. изм. и доп.).
3. Указ Президента Российской Федерации от 19 февраля 1996 г. № 210 «О продлении действия президентской программы «Дети России» // Собрание законодательства Российской Федерации. 1996. № 9. Ст. 799.
4. Указ Президента Российской Федерации от 15 января 1998 г. № 29 «О президентской программе «Дети России» на 1998-2000 годы» // Собрание законодательства Российской Федерации. 1998. № 3. Ст. 314.
5. Указ Президента Российской Федерации от 14 сентября 1995 г. № 942 «Об утверждении Основных направлений государственной социальной политики по улучшению положения детей в Российской Федерации до 2000 года (Национального плана действий в интересах детей)» // Собрание законодательства Российской Федерации. 1995. № 38. Ст. 3669.
6. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 17 ноября 2008 г. № 1662-р О Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года // Собрание законодательства Российской Федерации. 2008. № 47. Ст. 5489 (с послед. изм. и доп.).
7. Указ Президента Российской Федерации от 9 октября 2007 г. № 1351 «Об утверждении Концепции демографической политики Российской Федерации на период до 2025 года» // Собрание законодательства Российской Федерации. 2007. № 42. Ст. 5009 (с послед. изм. и доп.).
8. Указ Президента Российской Федерации от 1 июня 2012 г. № 761 «О Национальной стратегии действий в интересах детей на 2012-2017

годы» // Собрание законодательства Российской Федерации. 2012. № 23. Ст. 2994.

9. Указ Президента Российской Федерации от 28 декабря 2012 г. № 1688 «О некоторых мерах по реализации государственной политики в сфере защиты детей-сирот и детей, оставшихся без попечения родителей» // Собрание законодательства Российской Федерации. 2012. № 53 (часть II). Ст. 7860.

10. Советская военная энциклопедия. В 8 томах / Пред. гл. ред. комиссии А.А. Гречко. Т. 2. Вавилон – Гражданская. М.: Воениздат, 1976. 765 с.

11. Бескровный Л.Г. Военные школы в России в первой половине XVIII в. / Академия наук СССР. Институт истории. Исторические записки. Ответственный редактор акад. Б.Д. Греков. Т. 42. М.: Издательство Академии наук СССР, 1953. 439 с.

12. Записки, заключающие в себе сведения, собранные по повелению блаженной памяти Государя Императора Павла I-го, о начале регулярного войска, о военном поселении и военных школах в России. Санкт-Петербург, 1830. 514 с.

13. Лалаев М.С. Исторический очерк военно-учебных заведений, подведомственных Главному их Управлению. От основания в России военных школ до исхода первого двадцатипятилетия благополучного царствования Государя Императора Александра Николаевича, 1700-1880. Часть первая (1700-1825). Санкт-Петербург: Типография М. Стасюлевича, 1880. 178 с.

14. Матвеев В.А. Русский военный оркестр: краткий очерк. М.-Л.: Издательство «Музыка», 1965. 104 с.

15. Военная музыка России: история и современность. М., 2007. 139 с.

16. Клейн Э.Г. Из истории военных оркестров Костромского края. Кострома, 2010. 182 с.

17. Тутунов В.И. История военной музыки России: Учебник / Под общ. ред. Е.С. Аксёнова. М.: Издательство «Музыка», 2005. 502 с.

18. Целиковский В.В. Музыка в Красной Армии за 15 лет. М.: Музгиз, 1933. 123 с.

19. Федеральный закон от 24 июня 1999 г. № 120-ФЗ «Об основах системы профилактики безнадзорности и правонарушений несовершеннолетних» // Собрание законодательства Российской Федерации. 1999. № 26. Ст. 3177 (с послед. изм. и доп.).



20. Постановление Правительства Российской Федерации от 14 февраля 2000 г. № 124 «Об утверждении Положения о зачислении несовершеннолетних граждан Российской Федерации в качестве воспитанников в воинские части и обеспечении их необходимыми видами довольствия» // Собрание законодательства Российской Федерации. 2000. № 8. Ст. 962 (с послед. изм. и доп.).

21. Постановление Правительства Российской Федерации от 21 сентября 2000 г. № 745 «Об утверждении Положения о статусе воспитанников воинских частей» // Собрание законодательства Российской Федерации. 2000. № 41. Ст. 4074 (с послед. изм. и доп.).

22. Приказ Министра обороны Российской Федерации от 19 мая 2001 г. № 235 «О мерах по выполнению в Вооружённых Силах Российской Федерации постановлений Правительства Российской Федерации от 14 февраля 2000 г. № 124 и от 21 сентября 2000 г. № 745» // Российская газета. 2001. 18 июля (с послед. изм. и доп.).

23. Приказ Федеральной пограничной службы Российской Федерации от 20 декабря 2001 г. № 771 «О мерах по выполнению в Пограничной службе Российской Федерации постановлений Правительства Российской Федерации от 14 февраля 2000 г. № 124 и от 21 сентября 200 г. № 745» // Российская газета. 2002. 6 февраля.

24. Приказ Федеральной службы безопасности от 10 ноября 2009 г. № 585 «Об утверждении Перечня пограничных органов, в которые разрешено зачисление несовершеннолетних граждан Российской Федерации в качестве воспитанников» // Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти. 2010. № 2. С. 95-96.

25. Федеральный закон от 23 июля 2008 г. № 160-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в связи с совершенствованием осуществления полномочий Правительства Российской Федерации» // Собрание законодательства Российской Федерации. 2008. № 30 (часть II). Ст. 3616 (с послед. изм. и доп.).

26. Приказ Министерства внутренних дел Российской Федерации от 11 января 2009 г. № 10 «Об утверждении Положения о воспитанниках штатных военных оркестров внутренних войск МВД России» // Российская газета. 2009. 27 февраля.

27. Приказ Министерства внутренних дел Российской Федерации от 11 января 2009 г. № 9 «Об утверждении Перечня воинских частей и учреждений внутренних войск, в которые разрешено зачисление

воспитанников военных оркестров» // Российская газета. 2009. 27 февраля.

28. Приказ Федерального агентства специального строительства от 12 октября 2009 г. № 482 «О мерах по обеспечению выполнения в Федеральном агентстве специального строительства требований законодательства по социальной поддержке отдельных категорий несовершеннолетних граждан Российской Федерации» // Российская газета. 2009. 2 декабря.

29. Указ Президента Российской Федерации от 5 апреля 2016 г. № 157 «Вопросы Федеральной службы войск национальной гвардии Российской Федерации» // Собрание законодательства Российской Федерации. 2016. № 15. Ст. 2072 (с послед. изм. и доп.).

30. Приказ Федеральной службы войск национальной гвардии РФ от 20 декабря 2018 г. № 642 «Об утверждении Перечня воинских частей войск национальной гвардии Российской Федерации, в которые разрешено зачисление несовершеннолетних граждан Российской Федерации в качестве воспитанников» // Официальный интернет-портал правовой информации (URL: <http://www.pravo.gov.ru>, 22.01.2019).

*Журба Никита Александрович*  
*магистр,*  
*ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный*  
*морской технический университет»,*  
*г. Санкт-Петербург*  
*e-mail: nikzhurba@mail.ru*

### **Организация высокопроизводительной вычислительной среды подводного аппарата**

***Аннотация.** В статье описаны тенденции развития подводных аппаратов, принципы выбора для них бортового компьютера, а также рассмотрены результаты работы параллельной программы, имитирующей работу бесплатформенной инерциальной навигационной системы на разных количествах потоков многоядерного процессора.*

***Ключевые слова:** подводный аппарат, вычислительная среда.*

*Zhurba Nikita Alexandrovich*  
*master,*  
*Saint-Petersburg State Marine Technical University,*  
*Saint-Petersburg*  
*e-mail: nikzhurba@mail.ru*

### **Organization of high-performance computing environment of the underwater vehicle**

***Abstract.** The article describes the trends in the development of underwater vehicles, the principles of choosing an on-Board computer for them, as well as the results of a parallel program that simulates the operation of a strapdown inertial navigation system on different numbers of threads of a multi-core processor.*

***Key words:** underwater vehicle, computing environment.*

***Введение.** Общеизвестно, что наиболее безопасным и эффективным путем исследования глубин Океана является использование технических средств, обеспечивающих косвенное присутствие человека под водой. Важную роль в этом играют необитаемые подводные аппараты (НПА), обозначаемые термином Unmanned Underwater*

Vehicles (UUV). НПА разделяют на дистанционно управляемые НПА (англ. Remotely Operated Vehicles — ROV, в отечественно литературе их обозначают как телеуправляемые, привязные) и автономные НПА (Autonomous Underwater Vehicles — AUV). АНПА работает под водой автономно, без связующего кабеля.[1] Время непрерывной работы аппарата под водой зависит от проекта, типа его энергоисточника и может составлять от единиц до нескольких десятков часов и даже суток. В настоящее время в ПА размещаются достаточно мощные вычислительные системы.

К основным тенденциям развития подводных аппаратов (ПА) можно отнести минимизацию их размеров и энергопотребления при сохранении (или улучшении) их функциональных характеристик. Небольшая система легко может быть встроена в аппарат любых размеров. К основным тенденциям можно также отнести разработку и применение систем с массовым параллелизмом — кластеры, Grid-системы, многопроцессорные комплексы, системы на многоядерных процессорах.

Фактически многоядерными процессорами перекрываются области применения, классифицируемые как высокопроизводительные вычисления и высокопроизводительные вычисления во встраиваемых приложениях. Особенно можно выделить динамически конфигурируемые системы и системы с перестраиваемой архитектурой — замена программируемой логической интегральной схемы (ПЛИС) и в некоторых случаях специализированных процессоров; обработка сигналов, аудио-, видеоданных — как конкуренция цифровым сигнальным процессорам и графическим процессорам; системы управления и системы реального времени; персональные вычислительные системы — как альтернатива микроконтроллерам и процессорам общего назначения.

Не следует ожидать массового вытеснения из применения одноядерных процессоров, микроконтроллеров или ПЛИС. Скорее всего, произойдет слияние или взаимовыгодное соседство одно- и многоядерных процессоров, и контроллеров. Это связано и с их относительно сложной структурой, иногда слишком избыточной, и с относительной дороговизной многоядерных процессоров, и с существующими наработками, и с отсутствием развитых подходов к программированию многоядерных процессоров и сложностей, возникающих при отладке приложений [2].

**Бортовые компьютеры.** При построении ядра системы управления ПА важен выбор одноплатных бортовых компьютеров (ОБК). Условия эксплуатации позволяют сформулировать основные требования к выбору ОБК и его комплектующих при создании новых и модернизации существующих аппаратов. [5]

Малые габариты важны для минимизации объёма устройства с целью оптимального размещения в стандартных прочных контейнерах с внутренним диаметром (D) 150 мм и длиной (L) 400 мм. Размеры малогабаритных одноплатных компьютеров, соответствующих различным промышленным стандартам:

114×124 мм для плат MicroPC;

146×102 мм для плат формата Biscuit 3,5" (сопоставимы с размерами 3,5" НЖМД для ПК);

90×96 мм для плат PC/104 [6].

Пониженное энергопотребление улучшает тепловой режим работы бортового компьютера и повышает в целом надёжность устройства.

Условия эксплуатации определяют в качестве основных требования по устойчивости к температурным изменениям, влажности, ударам и вибрации:

- расширенный диапазон рабочих температур –20...+70 °С, функционирование в замкнутом объёме, напряжённый тепловой режим;

- повышенная влажность до 95% без конденсации влаги (оперативный ремонт в морских условиях);

- вибрация/удары до 5/20g [4].

На рынке микроэлектроники существует множество вариантов ОБК, особый интерес представляют последние разработки отечественных производителей. Компания MicroMax разработала одноплатный компьютер ММ-СВЕ, построенный на российском процессоре Мультикор 1892ВМ14Я (рисунок 1).

В одноплатном компьютере ММ-СВЕ используется вычислительный модуль Салют-ЭЛ24ПМ2 с многоядерным процессором 1892ВМ14Я. Компьютер форм-фактора PC/104 создан в рамках импортозамещения и предназначен для использования в широком спектре встраиваемых промышленных приложений.

Изолированные интерфейсы ввода-вывода (2x CAN, 3x Serial) позволяют применять изделие во встраиваемых бортовых системах управления и автоматики на железнодорожном транспорте, в промышленности, в горнодобывающей отрасли и других приложениях с суровыми условиями эксплуатации.

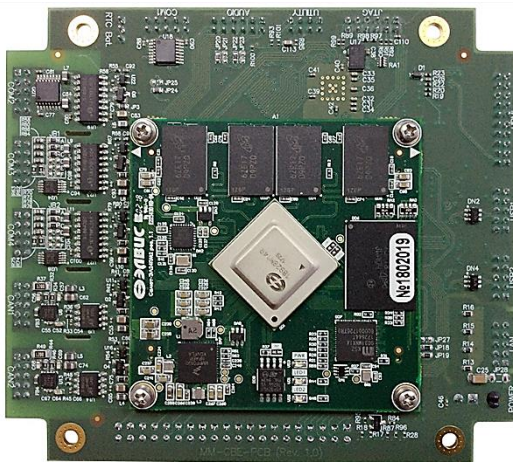


Рисунок 1 – Одноплатный компьютер

Одноплатный компьютер будет иметь возможность расширения 48 изолированными портами цифрового ввода-вывода, выполненными в форм-факторе PC/104. Компьютер может работать под управлением операционных систем Linux и QNX 6.5.0. [3]

**Инерциальная навигационная система.** У ОБК ПА много различных задач связанных с формированием движения и обработкой сигналов с различных датчиков, но из ряда базовых систем ПА хотелось бы уделить особое внимание инерциальной навигационной системе (ИНС). ИНС дают полную информацию о навигационных параметрах движения – углах курса, дифферента, крена; ускорении, скорости движения и координатах места ПА. [7] При этом они полностью автономны, т.е. ИНС не требует наличия внешних ориентиров или поступающих извне сигналов. Это может быть полезно в случае плохой видимости. В качестве измерителей используются акселерометры и гироскопы, которые являются инерциальными чувствительными элементами (основаны на использовании инерции массы), поэтому системы называют инерциальными.

В бесплатформенных инерциальных навигационных системах (БИНС), в отличие от ИНС не требуется гиростабилизирующая платформа (ГСП). В БИНС акселерометры и гироскопы устанавливаются непосредственно на борту ПА.

**Высокопроизводительное программное обеспечение.** После выбора ОБК и определения решаемой задачи на нем стоит перейти к

написанию программы. В качестве реальной системы была взята система обыкновенных дифференциальных (ОДУ) уравнений, решающая задачу бесплатформенной инерциальной навигации ПА. В математической модели этой системы содержится 17 дифференциальных уравнений, что является очень ресурсоёмким для ОБК ПА, так как происходит многократный вызов тригонометрических функций и других различных арифметические операции над этими функциями. Для исследования возможности ускорения были написаны две программы, реализующие разные методы вычисления ОДУ: метод Эйлера с контролем точности и метод Рунге–Кутты. Общая структура программы представлена блок-схемой на рисунке 2.

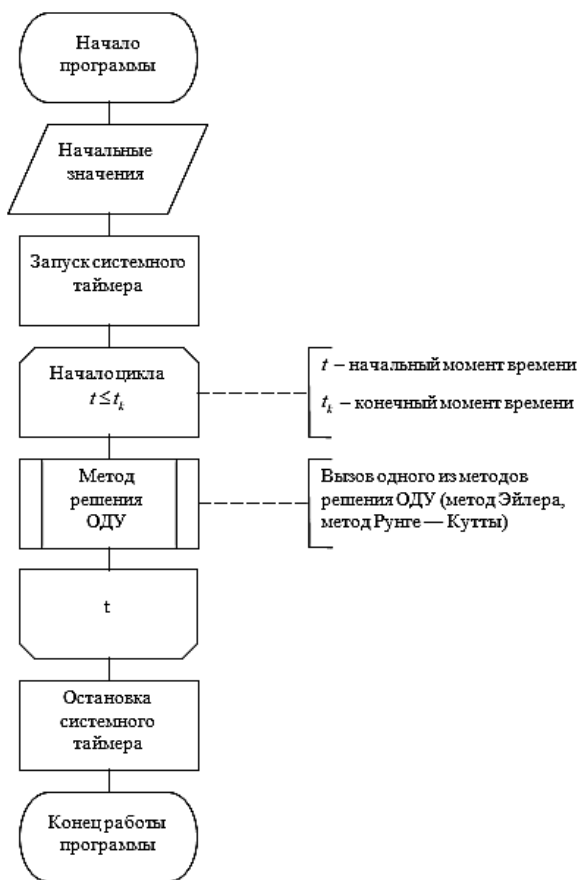


Рисунок 2 – Блок-схема общей структуры программы

Данная программа ориентирована на системы с общей памятью, т.е. на SMP-системы. Поэтому программная реализация использует возможности библиотеки OpenMP(Open Multi-Processing).

OpenMP является одним из самых популярных средств программирования для компьютеров с общей памятью и поддерживается многими современными компиляторами. Программная реализация, написанная на компиляторе Microsoft Visual C++, может быть легко перенесена на Linux/QNX, которые широко распространены в одноплатахных многоядерных бортовых компьютерах ПА.

На рисунке 3 представлена зависимость времени выполнения программы для различного числа потоков: по оси абсцисс указано количество потоков, по оси ординат – время выполнения в секундах. Стоит учесть, что по оси ординат был взят логарифмический масштаб, который лучше отображает ускорение разных методов решения ОДУ.

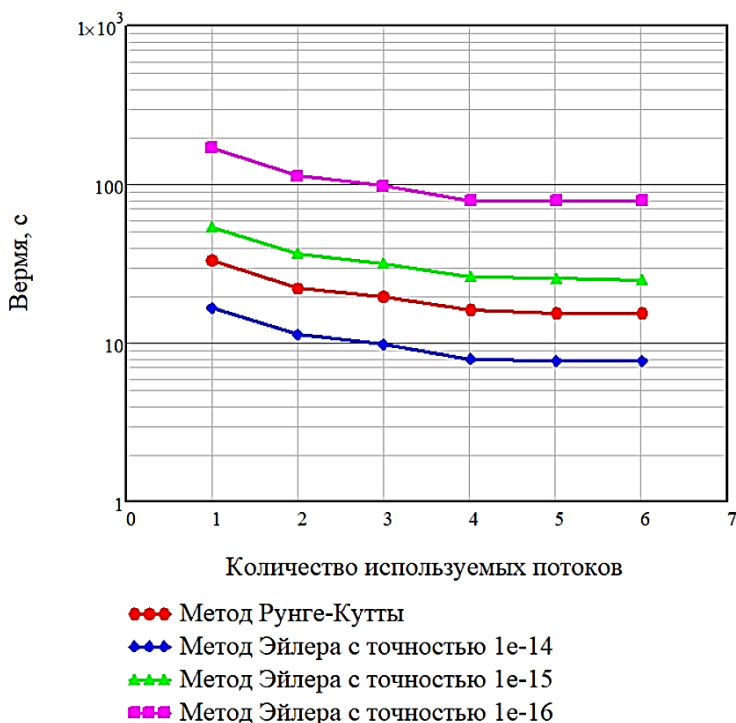


Рисунок 3 – График ускорения программы



Приведённые результаты выполнения четырех программ с разными методами решения ОДУ, но с одинаковыми начальными данными показывают, что библиотека OpenMP равносильно ускорила работу всех программ. Ускорение в разных методах получилось примерно одинаковым. Варьируя количество потоков, результаты ускорения менялись от 33% (2 потока) до 53% (6 потоков). Можно сделать вывод, что использование библиотеки OpenMP помогло распределить вычисления между ядрами процессора и ускорило работу программы в целом.

**Закключение.** За неимением мультипроцессорной системы, испытания проводились на персональном компьютере на базе шестиядерного процессора Intel® Core™ i7-8700K 3700MHz с установленной операционной системой Windows 10. Данный факт приводит к некоторым сложностям интерпретации результатов испытаний программы. Операционная система персонального компьютера "мешает" программам работать максимально эффективно. Это можно заметить по результатам выполнения программ на 5 и 6 потоках, где ускорение с ростом потоков не увеличивалось.

В ПА применяют систему реального времени QNX, которая предназначена преимущественно для встраиваемых систем, в том числе и для систем ПА. Как микроядерная операционная система, QNX основана на идее работы основной части своих компонентов как небольших задач, называемых сервисами. Это отличает её от традиционных монолитных ядер, в которых ядро операционной системы – одна большая программа, состоящая из большого количества «частей», каждая со своими особенностями. Использование микроядра в QNX позволяет пользователям (разработчикам) отключить любую ненужную им функциональность, не изменяя ядро. Для этого можно просто не запускать определённый процесс.

Поэтому можно предполагать, что данная программа покажет еще лучший результат по ускорению на операционной системе реального времени.

Список литературы:

1. Агеев М.Д., Кисилев Л.В., Матвиенко Ю.В. и др. Автономные подводные роботы. Системы и технологии / под общ. ред. акад. М.Д. Агеева. М.: Наука, 2005. – 398 с.
2. Калачев А. Высокопроизводительные многоядерные процессоры для встраиваемых систем // Компоненты и технологии № 2, 2010.

3. АО НПЦ "ЭЛВИС" – российские процессоры «Мультикор» [Электронный ресурс]: Компьютер для железнодорожной автоматики. URL:

[http://multicore.ru/index.php?id=1248&tx\\_ttnews%5Btt\\_news%5D=259&cHash=97e3b42a78f1ad642fbf3717ee606bae](http://multicore.ru/index.php?id=1248&tx_ttnews%5Btt_news%5D=259&cHash=97e3b42a78f1ad642fbf3717ee606bae)

4. Инзарцев А.В., Львов О.Ю. Бортовые вычислительные сети автономных подводных роботов // Современные технологии автоматизации. - 2005. - №2 - 68-74 с.

5. Кругляк К. Одноплатные компьютеры для встраиваемых систем // Современные технологии автоматизации. - 2003. - №4 - 6-17 с.

6. Львов О.Ю. О выборе бортового компьютера для автономного необитаемого подводного аппарата // Сб. "Морские технологии"/ Владивосток: Дальнаука, 2001. - Вып. 4. - 32-43 с.

7. Мелешко В.В., Нестеренко О.И. Бесплатформенные инерциальные навигационные системы: учеб. пособие. – Кировоград: ПОЛИМЕД – Сервис, 2011. – 171 с.

*Зайцева Екатерина Евгеньевна*  
*магистр,*  
*ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный*  
*морской технический университет»,*  
*г. Санкт-Петербург*  
*e-mail: zayceva.ka@yandex.ru*

### **Компьютерное моделирование начальных этапов применения группы подводных роботов**

***Аннотация.** В статье описывается разработка программно-вычислительного комплекса для моделирования начальных этапов группового применения подводных роботов. Моделирование выполнялась на языке программирования общего назначения C++ в среде разработки приложений Embarcadero RAD Studio.*

***Ключевые слова:** подводные роботы, программно-вычислительный комплекс, моделирование начальных этапов.*

*Zaitseva Ekaterina Evgenievna*  
*master,*  
*Saint-Petersburg State Marine Technical University,*  
*Saint-Petersburg*  
*e-mail: zayceva.ka@yandex.ru*

### **Computer simulation of the initial stages of application of a group of underwater robots**

***Abstract.** The article describes the development of a software and computer complex for modeling the initial stages of group application of underwater robots. The simulation was performed in the General-purpose programming language C++ in the Embarcadero RAD Studio application development environment.*

***Key words:** underwater robots, software and computer complex, modeling of initial stages.*

Использование современных вычислительных средств и программных продуктов позволяет создавать математические модели практически любого уровня сложности [5]. В данной статье представлен разработанный программно-вычислительный комплекс

для моделирования начальной стадии ПР на языке программирования общего назначения C++ в среде разработки приложений Embarcadero RAD Studio. Эта встроенная среда включает в себя широкий набор дополнительных программ, которые позволяют разрабатывать программный код быстрее за счет использования объектно-ориентированного программирования в сочетании с надежными программными каркасами и функций среды разработки, так же имеет множество классов и интерфейсов, обеспечивающих полиморфную разработку ядра. RAD Studio предлагает разработчикам выбор между двумя языками программирования (Delphi и C++) [5, 6].

В программно-вычислительном комплексе реализован графический пользовательский интерфейс, представленный на рисунке 1, организован вывод на экран отображения результатов с построением осей и функцией автомасштабирования. Комплекс позволяет производить моделирование начальных этапов взаимодействия применения ПР с огромным количеством  $G_M$  моделируемых вариантов. Возможны ситуации мгновенного обнаружения, обнаружения с задержкой или же и вовсе без обнаружения.

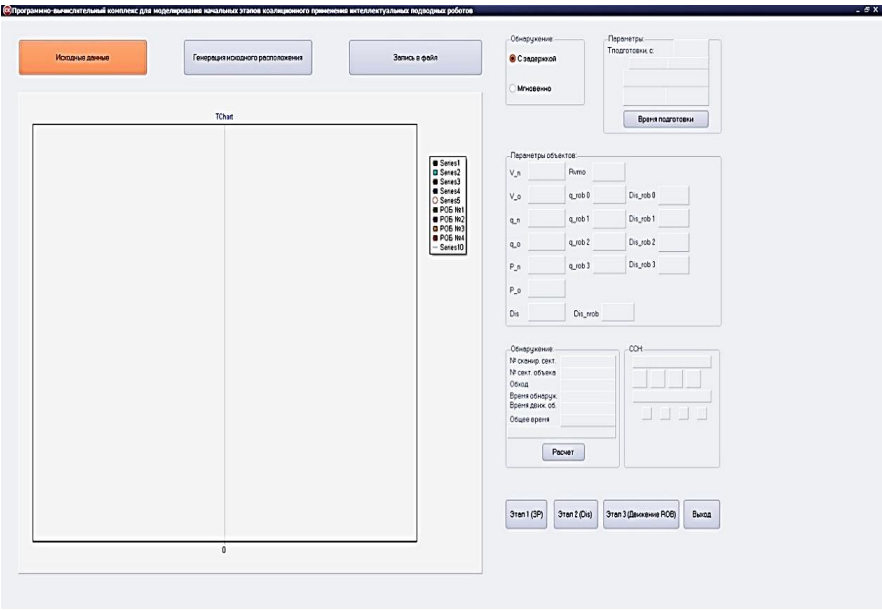


Рисунок 1 – Базовые области интерфейса программного комплекса

Интерфейс состоит из двух основных базовых областей: TeeChart и область с основными элементами программы.

TeeChart – это встроенный программный пакет для визуализации полученных результатов, позволяет создавать общего и специализированного назначения диаграммы и графические приложения для всех областей науки и техники. В нашем случае он используется для отображения результатов моделирования от начального положения двух объектов (объекта-наблюдателя и объекта-цели) до окончания процесса движения ПР, а также нахождения целью.

Область с основными элементами программы включает: кнопки, панели для отображения результатов. Кнопка – элемент управления, который представляет собой область с текстовой меткой и тенью, а также имеет цвет. Различие в цвете кнопки показывает, что данная кнопка работает по умолчанию, то есть выполняет соответствующие действия по нажатию на кнопку. Панели, в свою очередь, работают для отображения результатов расчетов программы, которые требуются для решения поставленной задачи.

Основные кнопки программно-вычислительного комплекса: исходные данные, генерация исходного расположения, запись в файл, время подготовки, расчёт, этап 1, этап 2, этап 3 и выход.

Кнопка «Исходные данные» вызывает подпрограмму, которая включает в себя данные о целях. В зависимости от выбора в автоматическом режиме происходит смена исходных данных, которые включает в себя подпрограмма. В качестве объектов–целей рассматривались модели со следующими характеристиками поиск нефтяного пятна и поиск аварийных ситуаций. На рисунке 2 показано окно выбора исходных данных для объекта-цели.

Как видно из рисунка 2 окно графического интерфейса включает в себя: тип цели, характеристики цели, радиус реагирования, а так же скорость. Кнопка «Готово» производит передачу данных в главную программу для последующего моделирования, а «Сброс» приводит к очищению предыдущих этапов.

Кнопка «Генерация исходного расположения» генерирует исходные данные для модели взаимодействия двух объектов. Используются генераторы равномерно распределённых случайных чисел.

Кнопка «Запись в файл» позволяет сохранить массив данных впоследствии проведения моделирования для дальнейшего изучения.

Панель «Обнаружение» дают возможность выбрать то, что необходимо смоделировать в этот момент. Обнаружение можно вести как мгновенно, так и с задержкой.

Рисунок 2 – Исходные данные для модели

Кнопка «Время подготовки» позволяет сгенерировать время подготовки при выборе малой подготовки, а также угол упреждения и курс в начальный момент при сокращенной.

Панель «ССН» – система самонаведения. Включается автоматически при движении объектов – ПР. Сигнализирует о моменте нахождения объекта-цели.

Моделирование происходит поэтапно с помощью кнопок «Этап 1-3». На первом этапе рассчитывается дистанция от точки выпуска ПР до начала движения роботов параллельными курсами, вычисляется радиус вероятного места объекта-цели (подробнее этот процесс рассмотрен в главе 6), строится радиус реагирования с помощью TeeChart. На втором этапе рассчитываются координаты, генерация угла уклонения объекта, дистанция. На третьем рассчитываются координаты, происходят манёвры уклонения объекта-цели, движение ГПР с отображением основных результатов их движения в панели «Параметры объектов».

Кнопка «Выход» предоставляет обнуление процесса и выход из программы.

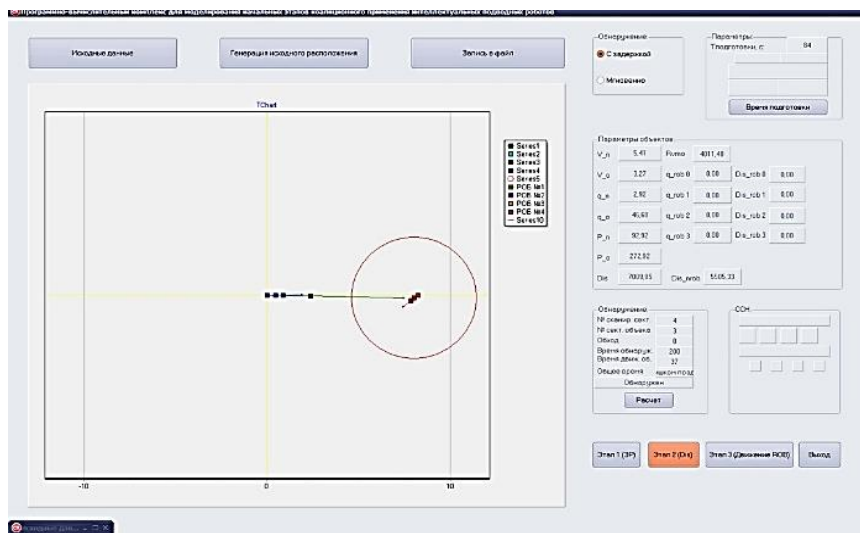
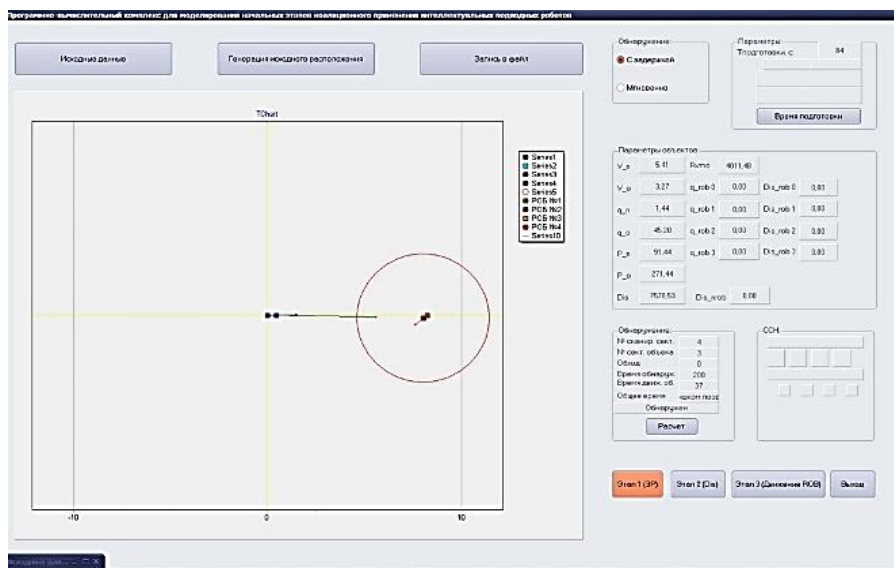
### ***Рассмотрим моделирование благоприятной ситуации***

Как было отмечено, программный комплекс позволяет производить моделирование начальной стадии ПР с огромным количеством  $G_M$  моделируемых вариантов. Возможны ситуации мгновенного обнаружения, обнаружения с задержкой или же и вовсе без обнаружения.

В общей сложности было смоделировано множество имитационных прогонов разных ситуаций после чего выбраны наиболее наглядные из них.

Рассмотрим пример генерации исходных данных, когда объект-наблюдатель обнаружил объект-цель, выпустил группу, состоящую из четырёх ПР для дальнейшего нахождения цели, посмотрим, как будут вести себя данные объекты. Сначала выбираются исходные данные для цели, далее генерируется исходное расположение [1, 3] с помощью генераторов равномерно распределённых случайных чисел [2,4]), выбираем вид обнаружение (с задержкой или мгновенно), рассчитываются основные характеристики объектов, производится поэтапное моделирование процесса. В качестве объектов-целей рассматривались модели с характеристиками обнаружение нефтяного пятна и поиск аварийной ситуации. Результаты моделирования ситуации применения ГПР представлены на рисунках 3-9.

Рисунок 3 – Исходные данные для цели





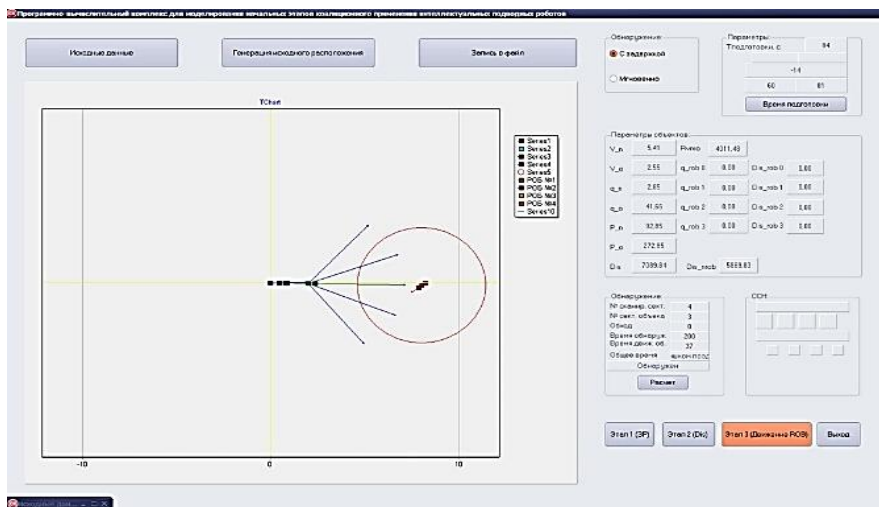


Рисунок 6 – Момент расчёта основных характеристик, возможные курсы разведения ПР

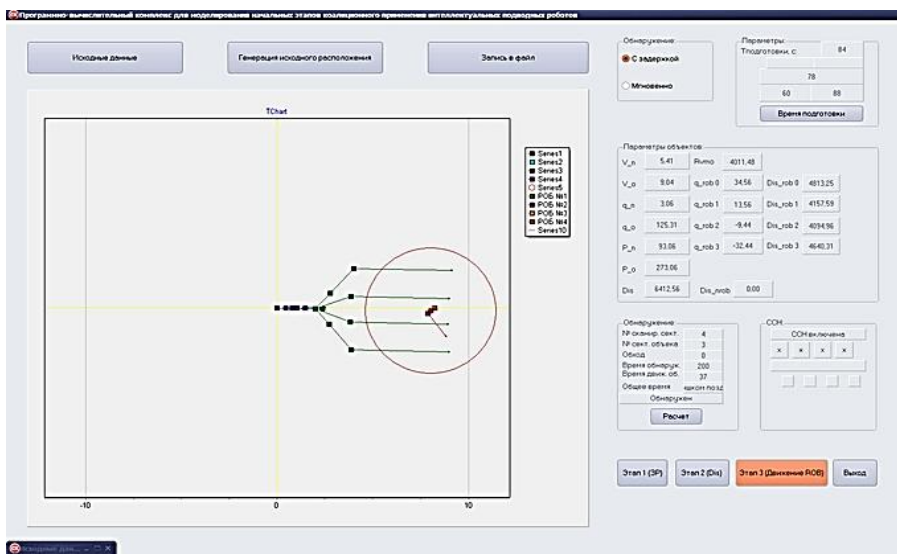


Рисунок 7 – Момент начала движения ПР за объектом-поиска



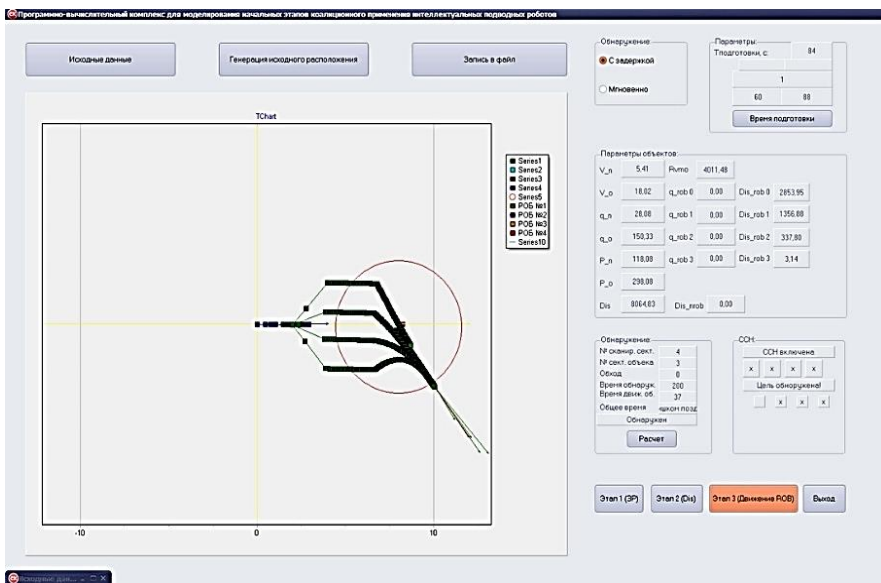


Рисунок 9 – Момент, когда подводные роботы нашли объект-поиска и двигаются за ним для последующих действий

**Вывод:** Разработан программно-вычислительный комплекс для моделирования начальных этапов группового применения ПР. В ходе проведения экспериментов искажений в поведении модели не наблюдалось. Приведены результаты моделирования различных ситуаций применения ГПР.

Список литературы:

1. Абчук В.А., Матвейчук Ф.А., Томашевский Л.П. Справочник по исследованию операций / под общ. ред. проф. Ф.А. Матвейчука – М.: Воениздат, 1979 г. – 368 с.
2. Абчук В.А., Емельянов Л.А., Матвейчук Ф.А., Суздаль В.Г. Введение в теорию выработки решений. – М.: Воениздат, 1972. – 343 с.
3. Вельтищев В.В., Егоров С.А., Кропотов А.Н. и др. Особенности разработки навигационного обеспечения группировки автономных необитаемых аппаратов. – Том 7. № 2. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. – 45
4. Жуков Ю.И. Компьютерное моделирование морских автоматических средств движения: учеб. пособие. – СПб.: Изд-во СПбГМТУ, 2013. – 170 с.

5. Стенли Б. Липпман, Жози Лажойе, Барбара Э. Му. Язык программирования C++. Базовый курс. Пер. с англ. – 5-е изд. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2014 г. – 1118 с.

6. Соболев И.М. Метод Монте-Карло. – 4-е изд. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1985. – 80с. Стенли Б. Липпман, Жози Лажойе, Барбара Э. Му. Язык программирования C++. Базовый курс. Пер. с англ. – 5-е изд. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2014 г. – 1118 с.

*Зайцева Екатерина Евгеньевна*  
*магистр,*  
*ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный*  
*морской технический университет»,*  
*г. Санкт-Петербург*  
*e-mail: zayceva.ka@yandex.ru*

### **Математическая модель возможных встреч подводных роботов с объектом поиска**

***Аннотация.** В статье описывается этапы моделирование возможных встреч подводных роботов с объектом поиска, разработка модели и основные функции для решения разнообразных задач в среде программирования C++.*

***Ключевые слова:** подводные роботы, математическая модель, объект поиска.*

*Zaitseva Ekaterina Evgenievna*  
*master,*  
*Saint-Petersburg State Marine Technical University,*  
*Saint-Petersburg*  
*e-mail: zayceva.ka@yandex.ru*

### **Mathematical model of possible encounters of underwater robots with the object of search**

***Abstract.** The article describes the stages of modeling the possible encounters of underwater robots with the object of search, the development of the model and the main functions for solving various problems in the C++ programming environment.*

***Key words:** underwater robots, mathematical model, object of the search.*

Важным условием обнаружения при поиске объекта считается возникновение его в пределах диапазона воздействия средств исследования.

Наблюдатель, вследствие этого, стремится маневрировать, чтобы скорее привести объект на границу действия своих средств исследования.

Проанализируем возможности встречи наблюдателя и объекта применительно к различным условиям ведения поиска. Рассмотрим вариант, когда дальность обнаружения объекта поиска равна нулю ( $D_{OB}$ ).

На практике это соответствует поиску средствами обнаружения, требующими непосредственного контакта с целью, а также поиску при малых дальностях обнаружения [1].

Начальные позиции наблюдателя и объекта поиска  $H_O$  и  $O_O$ , в соответствии с этим, на рисунке 1 приведены исходное расстояние  $D_O$ . Возможно продемонстрировать, что геометрическим пространством точек встречи наблюдателя и объекта поиска вплотную при определенном отношении их скоростей  $V_H / V_O$  является окружность.

Пусть  $C_3$  – одна из возможных точек встречи наблюдателя с объектом, соответствующая курсу наблюдателя  $K_H$ . Проведем биссектрисы углов при точке  $C_3$ :  $C_3C_1$  – биссектриса угла  $H_OC_3O_O$ ;  $C_3C_2$  – биссектриса угла  $K_HC_3O_O$ . Точки  $C_1$  и  $C_2$  лежат на прямой линии  $H_OO_O$  и на ее продолжении.

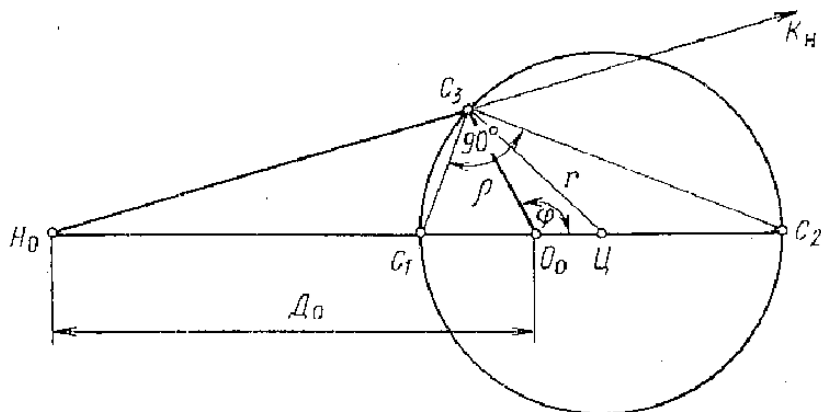


Рисунок 1 – Исходные позиции наблюдателя и объекта поиска

Известно, что биссектриса – это линия, делящая противоположную сторону треугольника (или ее продолжение) на части, пропорциональные двум другим его сторонам:

$$\frac{H_O C_1}{O_O C_1} = \frac{H_O C_3}{O_O C_3} \text{ и } \frac{H_O C_2}{O_O C_2} = \frac{H_O C_3}{O_O C_3}. \quad (1)$$

По тому что, по условию,  $C_3$  – это точка встречи, то расстояние от нее к наблюдателю и объекту поиска пропорциональны соответствующим скоростям:

$$\frac{H_O C_3}{O_O C_3} = \frac{V_H}{V_O}. \quad (2)$$

Сравнивая отношения (1) и (2), получаем

$$\frac{H_O C_1}{O_O C_1} = \frac{V_H}{V_O} \text{ и } \frac{H_O C_2}{O_O C_2} = \frac{V_H}{V_O}. \quad (3)$$

Из последнего отношения следует, что точки  $C_1$  и  $C_2$  являются точками встречи, потому что наблюдатель и объект поиска приходят в них одновременно. При этом встреча в точке  $C_1$  случается в тех случаях, когда наблюдатель идет навстречу объекту, а в точке  $C_2$  – когда наблюдатель догоняет объект. И наконец, точки  $C_1$ ,  $C_2$  и  $C_3$  – точки встречи наблюдателя с объектом поиска. Через три точки можно провести окружность.

Биссектрисы внешних и внутренних смежных углов  $C_3 C_1$  и  $C_3 C_2$ , безусловно, пересекаются под углом  $90^\circ$ , то вписанный угол  $C_1 C_3 C_2$  считается прямым и опирается на диаметр этой окружности  $C_1 C_2$ . Центр этого диаметра дает середина окружности – точку  $C$ . При этом она является геометрическим местом точек, где встреча наблюдателя с объектом при данном отношении скоростей  $V_H / V_O$  является окружностью встреч.

Отметим что, постоянной величиной равной отношению скоростей  $V_H / V_O$  является отношение расстояний от начальных местоположений наблюдателя и объекта поиска до любой точки окружности встреч.

Построение окружности встреч и расчет элементов показано на рисунке 1, а радиус окружности встреч  $r$  можно получить следующим образом:

$$r = \frac{C_1 C_2}{2} = \frac{O_1 C_1 + O_1 C_2}{2}. \quad (4)$$

Итак,  $O_1 C_1 = V_O t_{C\bar{O}1}$ , где  $t_{C\bar{O}1}$  - это время сближения наблюдателя и объекта вплотную в точке  $C_1$ . Из рисунка видно, что

$$D_O = V_H t_{C\bar{O}1} + V_O t_{C\bar{O}1}, \quad \text{что следует} \quad t_{C\bar{O}1} = \frac{D_O}{(V_H + V_O)}. \quad \text{Таким}$$

образом, следует что  $t_{C\bar{O}2} = \frac{D_O}{(V_H - V_O)}$ , и подставляем соответствующим значением в (4), и получаем

$$r = \frac{V_O t_{C\bar{O}1} + V_O t_{C\bar{O}2}}{2} = \frac{V_H V_O D_O}{V_H^2 - V_O^2}. \quad (5)$$

Кроме значения радиуса необходимо так же определять положения центра окружности, с целью построения окружности встреч аналитическим путем.

Нахождение его ограничивается к отысканию величины  $O_O \Pi$ .

$$O_O \Pi = r - O_O C_1 = r - V_O t_{C\bar{O}} = \frac{V_O^2 D_O}{V_H^2 - V_O^2}. \quad (6)$$

Уравнение окружности встреч в полярной системе координат можно найти из следующих очевидных, соотношений:

$$(V_H t_{C\bar{O}})^2 = (\rho \sin \varphi)^2 + (D_O - \rho \cos \varphi)^2, \quad (7)$$

$$V_O t_{C\bar{O}3} = \rho, \quad (8)$$

где  $\rho$  и  $\varphi$  - текущие полярные координаты и  $\varphi$  - текущие полярные координаты  $t_{C\bar{O}3}$  - время сближения наблюдателя и объекта вплотную в точке  $C_3$ .

Подставим значение  $t_{C\bar{O}3}$  в (7), таким образом получаем

$$\frac{\rho^2}{(\rho \sin \varphi)^2 + (D_O - \rho \cos \varphi)^2} = \frac{V_O^2}{V_H^2}. \quad (9)$$



Рассмотрим реализацию математической модели встречи двух объектов. Моделирование реализовано с помощью языка программирования C++ [2-5].

На рисунке 2 представлена часть программного кода, где реализован анализ возможности встречи ПР и объекта поиска применительно к разным условиям ведения поиска. Рисуется радиус реагирования и рассчитываются необходимые значения. Далее происходит движение объектов.

```
j = 1;
if (tip_NROB == 0) Vnrob = 50*0.515;
if (tip_NROB == 1) Vnrob = 200*0.515;
d = R_reag_ssn; //дистанция от точки выпуска РОБ до начала движения
                //РОБ паралл. курсами
//Rvmo = (V_o_sr*0.515) * (Dis[1]/Vnrob);
//вычисление радиуса вероятного места объекта, м
Rvmo = V_o[1] * 108 + (a_o*0.515)*108*108/2 + (V_o_max*0.515) *
(Dis[1]/Vnrob) - 108;
T_rob_start = (Dis[1]-Rvmo-d) / Vnrob; // точка пуска РОБ из НРОБ -
//за (d+0.8*R_reag_ssn) до области возможного нахождения цели(рассчетная)
//T_stop = Dis[1] / Vnrob;
// точка остановки - робот прошёл исх. дистанцию
float Xnmrob1 = Xnrob[j] + Vnrob*sin(K_NROB[j]*M_PI/180)/5;
//Vnrob - в м/с уменьшена в 5 раз
float Ynmrob1 = Ynrob[j] + Vnrob*cos(K_NROB[j]*M_PI/180)/5;
//Vnrob - в м/с уменьшена в 5 раз
float Xnvl = Xn[j] + V_n[j]/5; //Vn - в м/с уменьшена в 5 раз
float Ynvl = Yn[j];
float Xovl = Xo[j] + V_o[j]*sin(K_o[j]*M_PI/180)/5;
//Vo - в м/с уменьшена в 5 раз
float Yovl = Yo[j] + V_o[j]*cos(K_o[j]*M_PI/180)/5;
//Vo - в м/с уменьшена в 5 раз
```

Рисунок 2 – Реализация зоны реагирования в C++

На рисунке 3 произведён результат анализа возможной встречи ПР и объекта поисков в среде программирования C++ посредством программного пакета TeeChart Pro.

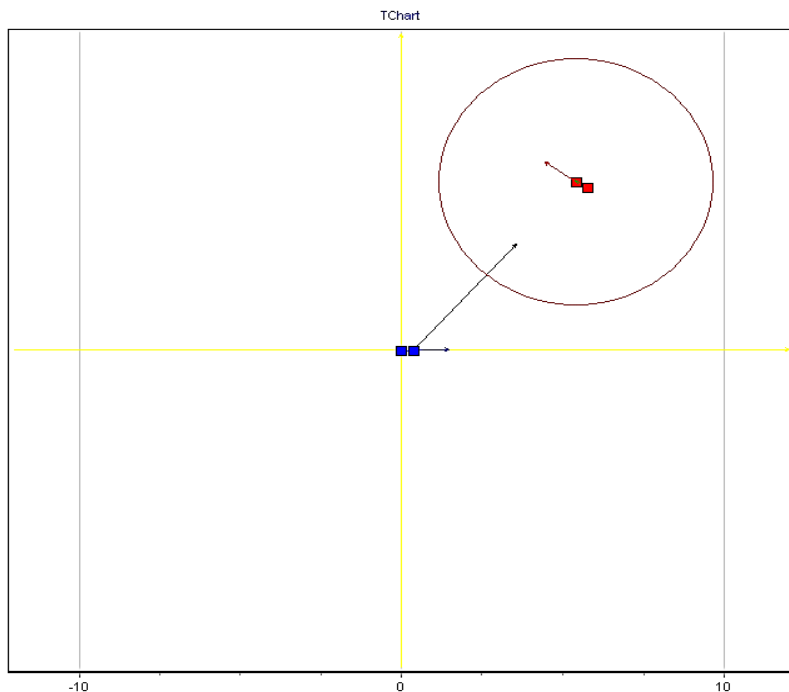


Рисунок 3 – Анализ возможной встречи ПР и объекта поиска

**Вывод:** Рассмотрены этапы моделирования вероятностный встреч ПР с объектом поиска, способность сближения ПР с объектом поиска. Разработана модель взаимодействия двух объектов, при которой на графике отображается зона реагирования наблюдателя и объекта поиска с последующим движением этих объектов.

Разработаны особые функции для решения задач в среде программирования C++, а именно:

- вычисление координат и параметров
- вычисление характеристик объекта при его уклонении
- генерация максимального курсового угла на объект
- генерация угла уклонения объекта
- манёвры объекта и носителя
- расчет времени обнаружения роботов
- функция расчета координат
- разведение роботов после обнаружения для последующего

внедрения их в программно-вычислительный комплекс для моделирования начальных этапов применения ГПР.

### Список литературы:

1. Абчук В.А., Матвейчук Ф.А., Томашевский Л.П. Справочник по исследованию операций / под общей ред. проф. Ф.А. Матвейчука – М.: Воениздат, 1979 г. – 368 с.
2. Стенли Б. Липпман, Жози Лажойе, Барбара Э. Му. Язык программирования С++. Базовый курс. Пер. с англ. – 5-е изд. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2014 г. – 1118 с.
3. Бьерн Страуструп. Программирование. Принципы и практика использования С++. Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2013 г. – 1248 с.
4. Бьерн Страуструп. Язык программирования С++. Пер. с англ. – 3-е изд. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2015 г. – 369 с.
5. Трудоношин В.А., Пивоварова Н.В. Математические модели технических объектов: учеб. пособие для вузов / под ред. И.П. Норенкова. – М.: Высш. шк., 1986 г. – 160 с.

Зарубина Елена Сергеевна  
ведущий инженер по испытаниям  
АО «СНСЗ»,  
e-mail zarubinaes@snsz.ru

**Назначение и возможности БИС (берегового испытательного  
стенда): обеспечение измерения и контроля магнитных полей  
судового оборудования**

***Аннотация.** В статье описываются возможные способы контроля магнитных полей судового оборудования, а также модернизация испытательной базы предприятия: установка для контроля магнитных моментов электрооборудования (УКММ). Создание которой было обусловлено необходимостью обеспечения измерения низкочастотных составляющих переменных магнитных полей электрооборудования, контроль которых является обязательным условием для создания маломагнитных кораблей ВМФ.*

***Ключевые слова:** магнитное поле корабля, средство измерения, установка для контроля магнитных моментов.*

Zarubina Elena Sergeevna  
lead test engineer  
JSC "SNSZ"  
e-mail zarubinaes@snsz.ru

**Purpose and capabilities of the CTB (coastal test bench):  
providing measurement and control of the magnetic fields  
of ship equipment**

***Abstract.** In the paper is done possible ways to control the magnetic fields of ship equipment, as well as the modernization of the test base of the enterprise vision of a installation for monitoring of magnet moments of electric equipment (IMMM). Creation of IMMM is caused by the fact that it is necessary to provide measurement of low frequency component variation magnetic fields of an electric equipment which monitoring is an indispensable condition for creation of the low-magnetic ships of Navy*

***Key words:** Ship's magnetic field, measuring device, installation for monitoring of magnet moments.*

## *Введение*

Вопрос защиты кораблей от средств поражения противника наряду с вопросами разработки и применения оружия был главным, как для кораблестроителей, так и для флотоводцев с момента зарождения военно-морских флотов мира. В начале XX столетия с развитием науки и техники в военном деле стали появляться средства обнаружения и уничтожения кораблей, основанные на новых физических принципах.

После 1918 года мировой флот стал вооружаться неконтактными минами и торпедами, которые реагировали на электромагнитное, акустическое и гидродинамическое поля кораблей.

С 1923 года в СССР началось создание неконтактных взрывателей (НВ) торпед. С этой целью проводились многочисленные замеры магнитных полей кораблей (МПК) различных проектов. На основе полученного экспериментального материала разрабатывалось несколько образцов НВ. В 1940–1941 годах успешно прошел испытания и был принят на вооружение помехоустойчивый магнитодинамический НВ генераторного типа.

Одним из первых результатов стало изобретение способа размагничивания кораблей (система ЛФТИ), датируемое 1938 годом. Монтаж, испытания системы, опытные работы прошли на линкоре «Марат». Необходимо отметить, что результаты испытаний на крупном боевом корабле были впервые получены именно в Советском Союзе. Аналогичные исследования в Англии были выполнены только в ноябре 1939 года.

Уже с 1939 года в нашей стране к работе по защите кораблей в полной мере подключились головные судостроительные научно-исследовательские организации.

К началу Великой Отечественной войны метод и система размагничивания корпусов кораблей из ферромагнитных материалов, намагничивающихся в магнитном поле Земли (МПЗ) при строительстве, были отработаны до практического применения.

Как выяснилось, немцы уже с 18 июня 1941 года приступили к установке минных заграждений на Балтике, стремясь заблокировать наши корабли в базах. В ночь с 21 на 22 июня магнитные мины были обнаружены на подступах к Севастополю и другим черноморским портам, а позднее – на Севере возле Архангельска и Мурманска. Начались потери кораблей наших военных флотов.

Проблема противоминной защиты стала рассматриваться как задача стратегического значения и превратилась в предмет повседневной заботы руководства ВМФ СССР.

Магнитное поле корабля в основном зависит от магнитных свойств материалов, из которых построен корабль, технологии постройки, размеров и распределения ферромагнитных масс, места постройки и районов плавания, курса, качки и некоторых других факторов.

### ***Конструкция магнитного стенда***

С целью контроля магнитных полей судового оборудования на предприятиях оборонной промышленности, в научно-исследовательских институтах, создаются испытательные стенды.

На современных военных кораблях используются самоходные подводные аппараты, которые нуждаются в изучении и обработке их свойств магнитного поля для безопасной эксплуатации в реальных условиях.

На Средне-Невском судостроительном заводе это БИС (Береговой испытательный стенд).

БИС – это сооружение, оснащённое совершенствующимся комплексом для измерения магнитной индукции, магнитных моментов механизмов и оборудования сложной конструкции, с единственным в стране первичным измерительным преобразователем. Это выделяет его среди всех других магнитных стендов России.

Комплекс специальной аппаратуры и оборудования для измерения постоянного МП включает в себя:

- аппаратуру для определения дипольных магнитных моментов (ДММ) механизмов и оборудования методом проходных характеристик);
- трехкомпонентную магнитометрическую аппаратуру для измерения индукции магнитного поля и моментов оборудования и механизмов;
- эталонный магнитный момент постоянного магнитного поля и эталонный магнитный момент переменного магнитного поля;
- устройство для компенсации магнитного поля земли. Предназначено для создания нулевого поля внутри объема всего помещения при определении магнитных параметров и характеристик оборудования, а также для проведения электромагнитной обработки (размагничивания) изделия. С помощью компенсирующих контуров и соединительных коробок можно создать не только нулевое магнитное поле, но и различные магнитные склонения.
- комплекс для размагничивания механизмов;
- трехкомпонентную стационарную компенсационную систему (по  $x$ ,  $y$ ,  $z$ ), включающая в себя высокостабильные стабилизаторы

постоянного тока, позволяющие скомпенсировать магнитного поле земли в объеме системы;

- немагнитную тележку для протяжки механизмов по немагнитным рельсам с немагнитным поворотным кругом для разворота изделия на  $360^\circ$ ;

- комплекс серийного измерительного оборудования (генераторы, вольтметры, анализатор спектра, стабилизаторы тока и напряжения, компьютеры и т.д.).

ПИП (первичный измерительный преобразователь) предназначен для измерения магнитных моментов изделий так называемым баллистическим методом, при котором регистрируется магнитный поток. Данный метод применяется в условиях больших и нестабильных внешних помех, что существенно для территории Средне-Невского судостроительного завода.

Результаты деятельности - определение магнитных характеристик комплектующего оборудования по постоянному магнитному полю.

Отмечая отсутствие в организациях ВМФ и на предприятиях электротехнической промышленности установок/стендов, обеспечивающих измерение низкочастотных составляющих переменных магнитных полей электрооборудования, контроль которых является необходимым условием для создания маломagnetных кораблей ВМФ, отвечающих современным требованиям и, учитывая возможность создания современной высокоэффективной установки контроля переменных магнитных полей, в обеспечение строящихся и перспективных маломagnetных кораблей электрооборудованием в маломagnetном исполнении в 2017 году на АО «СНСЗ» создана и введена в эксплуатацию установка для контроля магнитных моментов УКММ (УКММ).

Установка для контроля магнитных моментов УКММ представляет собой измеритель значений магнитного момента на переменном токе на частотах 50 Гц и 400 Гц. В состав УКММ входят мультиметр и анализатор спектра. При помощи мультиметра регистрируют эффективное (среднеквадратическое) значение выходного сигнала УКММ, а анализатор спектра служит для определения частоты ориентировочного значения амплитуды измеряемого УКММ сигнала.

Для измерения магнитного момента используется метод косвенных измерений, при котором измеряется не сама физическая величина (магнитный момент), а величина, связанная с ней, с последующим

определением требуемой физической величины при обработке результатов измерений.

В установке для контроля магнитных моментов судового электрооборудования УКММ, использован метод измерения магнитного потока, создаваемого в измерительных обмотках источником магнитного поля с магнитным моментом, ориентированным перпендикулярно плоскостям обмоток.

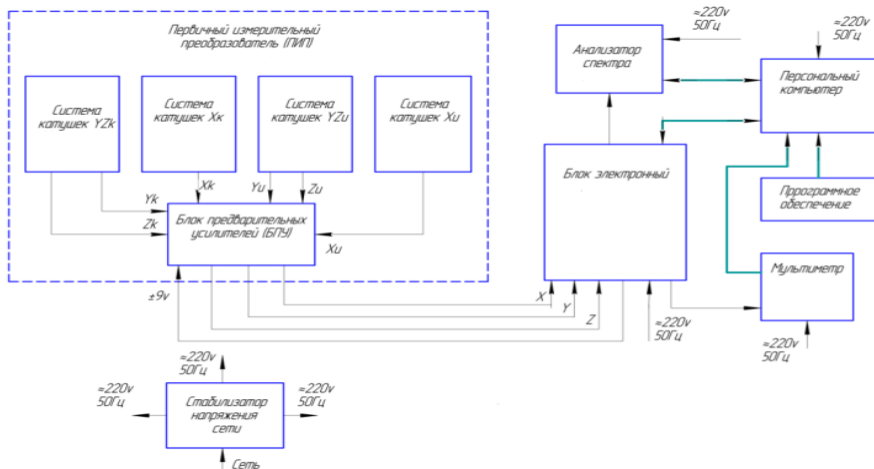


Рисунок1 – Структурная схема УКММ

Первичный измерительный преобразователь УКММ обеспечивает одновременное измерение трёх взаимно перпендикулярных компонент магнитного момента. При этом измеряемый объект должен располагаться в геометрическом центре системы измерительных катушек, общим для всех трёх компонент.

ПИП УКММ электрически связан с блоком электронным, где проводится фильтрация сигнала, выбор регистрируемой компоненты и необходимого поддиапазона измерения.

Регистрация компонент сигнала X, Y, Z, производится поочередно.

УКММ оснащена вспомогательным оборудованием, в состав которого входит платформа для размещения контролируемого объекта и перемещения его по рельсовому пути внутри ПИП.

Для подключения и обеспечения необходимого режима питания измеряемого оборудования служат источники питания для частот 50 Гц и 400 Гц и средства контроля силы устанавливаемого тока.



## *Принцип действия и работа*

Основу УКММ составляет трехкомпонентная измерительная катушка, в которой источник в виде магнитного момента переменного поля, помещенный в ее внутренний рабочий объем, наводим Э.Д.С., пропорциональную значению дипольного магнитного момента, частоте переменного поля и характеристикам измерительной катушки. Далее, электрическое напряжение усиливается, фильтруется и регистрируется.

Для компенсации внешних магнитных помех каждая компонента  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  ПИП УКММ выполнена «безмоментной», т.е. состоящей из двух последовательно-встречно включенных подобных систем катушек с общим геометрическим центром. При соответствующем подборе числа витков и геометрических размеров этих двух систем (внутренней измерительной и внешней компенсационной), внешние промышленные магнитные помехи будут подавляться, а магнитный момент, помещаемый внутрь ПИП, – усиливаться и измеряться. Благодаря совмещению геометрических центров измерительного (внутреннего) и компенсационного (внешнего) контуров практически исключается ошибка в компенсации градиентных внешних магнитных помех в рабочем объеме ПИП УКММ, а однородные помехи подавляются в  $100 \div 1000$  раз.

На рис. 2 представлена уменьшенная модель ПИП УКММ.

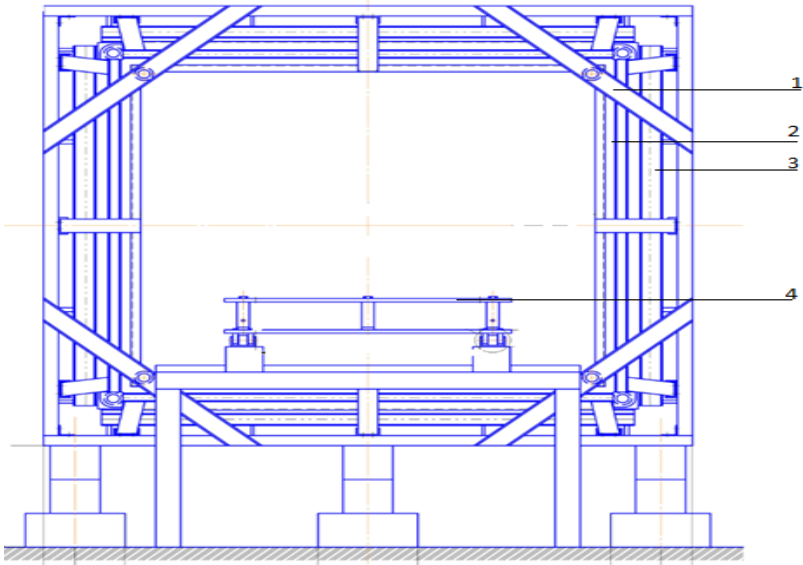


Рисунок 2 – ПИП УКММ: 1 – каркас; 2 – измерительные катушки; 3 – компенсационные катушки; 4 – измерительная платформа

ПИП УКММ, выполненный в виде куба, на гранях которого размещены по 3 компоненты измерительного (внутреннего) и компенсационного (внешнего) контуров (рис. 2). При этом, перпендикулярно свободным граням «куба» проходит ось X, вдоль свободных граней - ось Y, а вертикально - ось Z.

В качестве компоненты X выбрана четырехсекционная квадратная катушка типа Баркера, где все 4 секции, расположенные вдоль оси X, имеют одинаковые размеры.

В качестве компонент Y и Z, выполненных одинаковыми выбрана квадратная четырехсекционная катушка типа Гаррета, когда секции разного размера располагаются попарно в одной плоскости.

Наибольшую погрешность в результат измерений магнитного момента вносит изменение постоянной по индукции в рабочем объеме ПИП по мере удаления от его геометрического центра, поэтому необходимо использовать катушки с максимальным размером рабочего объема или, используя терминологию мер магнитной индукции, с максимальной зоной однородности магнитной индукции вблизи геометрического центра.

Расчеты показали, что в сфере диаметром 500 мм для компоненты X, неоднородность не превышает +0,11 %, а в сфере диаметром 1000 мм неоднородность не превышает  $\pm 1,3$  %.

Аналогичные расчеты для поперечных компонент Y и Z показывают, что неоднородность в сфере диаметром 500 мм не превышает 1,5 %, а в сфере диаметром 1000 мм –  $\pm 12$  %.

Блок предварительных усилителей (БПУ) устанавливается непосредственно на ПИП, конструктивно входит в его состав, но выполняет самостоятельные функции. Состоит БПУ из трех идентичных каналов X, Y и Z, к которым подключены соответствующие компоненты ПИП, а выход БПУ подключен к БЭ.

Амплитудно-частотная характеристика каналов БПУ сформирована таким образом, чтобы выровнять сигналы частотой 50 Гц и 400 Гц, которые поступают от ПИП.

Блок электронный (БЭ) представляет собой двухзвенный полосовой перестраиваемый аналоговый фильтр на переключаемых конденсаторах, содержит тактовые генераторы, необходимые элементы коммутации сигналов, схему проверки работоспособности УКММ и плату питания.

Анализатор спектра Velleman PCA500 предназначен для предварительной оценки частоты и амплитуды измеряемого сигнала.

Погрешность измерения частоты не превышает  $\pm 0,1$  %. Погрешность измерения амплитуды переменного напряжения синусоидальной формы не превышает  $\pm 10$  %.

Мультиметр в режиме измерения среднеквадратического (эффективного) значения переменного напряжения синусоидальной формы имеет основную погрешность порядка 0,1 %.

Стабилизатор напряжения обеспечивает стабильное напряжение питания  $220 \text{ В} \pm 5$  % частотой 50 Гц для всех блоков и составных частей УКММ, а также их защиту от импульсных помех в сети питания и коротких замыканий.

### *Заключение*

УКММ успешно введена в эксплуатацию и решила проблему контроля низкочастотных составляющих переменного магнитного поля электрооборудования не на бумаге и в проекте, а в реальности.

В наш век, когда робототехника успешно развивается, на стенде есть возможность проводить измерения переменного магнитного момента рабочих частей, а также малогабаритных роботов, предназначенных как для военного, так и гражданского применения.

Список литературы:

1. Наука – основа защиты морских технических объектов по физическим полям. Под общ. ред. Е.И. Якушенко; [сост. А.П. Новожилов, О.Р. Кузнецов]; – СПб.:ВМПИ, 2016.
2. Захаров И.Г. Скрытность и защита кораблей по физическим полям / И.Г. Захаров [и др.] // Российская наука – Военно-Морскому Флоту, сборник / под ред. академика А.А. Саркисова. – М.: Наука, 1997.
3. Якушенко Е.И. Современное состояние и перспективы развития сил и средств обеспечения скрытности и защиты кораблей ВМФ // Фундаментальная и прикладная гидрофизика 2012. Том №2.

Зефилов Владимир Игоревич,  
к.э.н., доцент,  
кафедра инновационной экономики  
Международная Высшая школа управления  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
морской технический университет»,  
г. Санкт-Петербург.

### **Прогнозирование курса рубля к доллару на базе цен на нефть**

**Аннотация:** описание прогнозирования курса рубля к доллару на основе экономического анализа и фактов изменения курса валюты на рынке.

**Ключевые слова:** анализ, валюта, колебание цен, Центральный Банк, краткосрочный период, обратная зависимость.

Zefirov Vladimir Igorevich,  
Ph.D., Associate Professor  
Department of Innovation Economics  
International Graduate School of Management  
Saint-Petersburg State Marine Technical University,  
Saint-Petersburg

### **Forecasting ruble to course on the basis of oil prices**

**Abstract.** Description of forecasting the ruble against the dollar based on economic analysis and facts of changes in the exchange rate of the market

**Key words:** analysis, currency, price fluctuation, Central Bank, short-term period, inverse relationship

В настоящее время существует множество теорий, мнений, исследований на тему того, как изменится курс рубля и экономика России в целом при падении или увеличении цен на нефть. К тому же в связи с резкими изменениями на рынке нефти за последние пару лет, данный вопрос становится ещё более интересным и охватывает наиболее важные вопросы, которые встают перед экономикой нашей страны.

В данной работе с помощью регрессионного анализа описана зависимость российской национальной валюты от цен на нефть и спрогнозирован курс рубля на два календарных года - 2017 и 2018. Была выведена количественная зависимость курса рубля от цен на нефть на основе регрессионного анализа и спрогнозированы изменения в краткосрочном периоде.

Прежде чем приступить непосредственно к количественной оценке зависимости, хотелось бы пояснить, почему именно уровень цен на нефть был выбран в качестве приоритетного фактора, влияющего на курс рубля. В первую очередь, от этого параметра значительно зависит торговый баланс нашей страны. Нефтегазовые продукты являются основной статьёй экспорта российской Федерации [1]. При экспорте товаров из страны поступает валютная выручка, при импорте, соответственно происходит отток национальной валюты. Таким образом, когда баланс отрицательный, то есть, смещён в сторону импорта, курс национальной валюты может снизиться, так как в стране наблюдается дефицит инвалюты. Напротив, если баланс положительный, то есть, страна больше экспортирует, чем импортирует, курс национальной валюты укрепляется, поскольку иностранной валюты в стране в избытке. К тому же, помимо притока иностранной валюты, налог на добычу полезных ископаемых обеспечивает значительные поступления в бюджет [2].

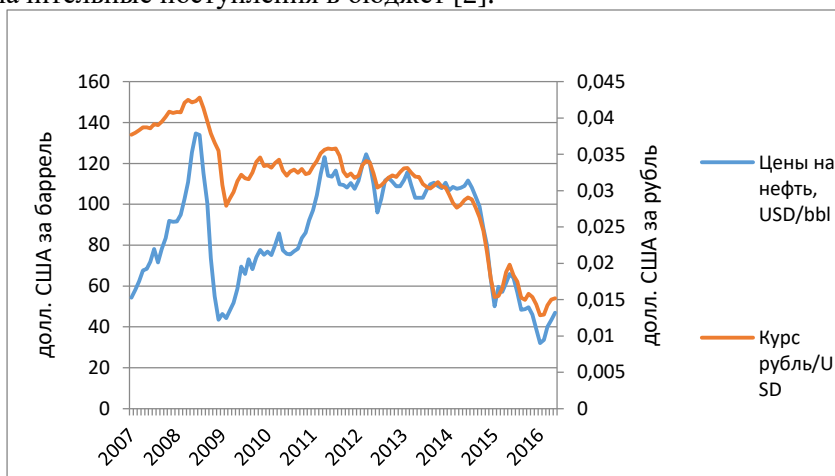


Рисунок 1 – Динамика цен на нефть и курса рубля к доллару США за 2007–2016 гг.

Разумеется, мы не утверждаем, что курс рубля формируется исключительно в зависимости от колебаний цен на нефть. Существует множество других факторов: политика Центробанка, уровень доверия населения, экономическое состояние страны в целом и т.д. Однако на фоне последних событий, в частности, падения цен на нефть в 2014 году, мы не можем отрицать, что нефть – один из немаловажных факторов, и наши исследования показали, что зависимость этих двух параметров действительно существует.

В качестве базы данных для анализа были взяты цены на нефть и курс доллара США к рублю с января 2007 по май 2016 года включительно, итого 113 точек (за 113 месяцев) [3]. На рисунке ниже эти данные представлены в виде графиков, и даже без сложных математических расчётов видно, что имеется корреляция между этими показателями.

Для удобства рассмотрения курс рубля представлен в отношении к доллару США, так как цены на нефть традиционно указываются в долларах. Расчётные коэффициенты корреляции и детерминации составили -0,61 и 37,21% соответственно. Таким образом, для исследованных значений рубль зависит от цен на нефть на 37,21% процента, что является довольно-таки существенным показателем. Мы также вывели линейную функцию зависимости курса рубля от цен на нефть:

$$y = -0,312x + 62,546,$$

где  $y$  – зависимая переменная, то есть курс рубля, а  $x$  – независимая, то есть цена за баррель нефти в долларах США.

Кроме того, имеются некоторые особенности при анализе этих переменных в краткосрочном периоде с 2014 по 2017 год. Коэффициент корреляции для данных за 2014-2017 гг. составил -0,9474, что показывает крайне высокую степень корреляции. Коэффициент детерминации при этом равен 89,76%, что намного превышает тот же показатель, рассчитанный за десятилетний период.

Эти различия можно объяснить тем, что в краткосрочном периоде рубль сильнее зависит от мировых цен на нефть, чем в долгосрочном. Это может быть связано с тем, что рынок быстрее реагирует на изменение цен на нефть, как основную статью экспорта РФ и важный фактор, формирующий бюджет РФ. В долгосрочном же периоде заметнее становится влияние ненефтегазовых факторов, таких, как политика Центрального Банка РФ, политических факторов, торговый баланс страны, и так далее.

Именно поэтому для составления прогноза мы использовали функцию, описывающую исследуемую нами зависимость в краткосрочном периоде. Во-первых, при таком варианте прогноз точнее, так как коэффициент корреляции ближе к единице. Во-вторых, условия этих лет ближе к окружающей действительности, что делает прогнозируемые величины более достоверными. Итак, исходя из расчётов, функция зависимости курса рубля от цен на нефть в краткосрочном периоде имеет следующий вид:

$$y = -0,522x + 90,288.$$

Мы рассчитали курс рубля на основе этой формулы и прогноза цен на нефть от Министерства Экономического Развития России [4]. Прогноз представлен в трёх вариантах: базовый, целевой и консервативный, и прогнозируемые значения были также рассчитаны для каждого из них.

Как видно в таблице, согласно расчётам, имеется обратная зависимость между курсом доллара по отношению к рублю и ценами на нефть. Однако не стоит уповать на большую точность прогноза: в данном случае, была рассмотрена тенденция под влиянием только одного фактора: цен на нефть, а на практике этих факторов гораздо больше. Тем не менее, мы можем проследить тренд в целом, и не ожидать роста рубля при падении цен на нефть.

Таблица 1 – Прогноз динамики цен на нефть и расчётные показатели курса рубля

| Тип прогноза   | Прогноз цен на нефть |      |      | Расчётные показатели курса рубля |        |          |
|----------------|----------------------|------|------|----------------------------------|--------|----------|
|                | 2017                 | 2018 | 2019 | 2017                             | 2018   | 2019     |
| базовый        | 50                   | 52   | 55   | 64,204                           | 63,161 | 61,59597 |
| консервативный | 40                   | 40   | 40   | 69,421                           | 69,421 | 69,421   |
| целевой        | 50                   | 52   | 55   | 64,204                           | 63,161 | 61,596   |

Таким образом, подводя итог проведённого нами анализа, можно сделать вывод о том, что между курсом рубля к доллару и ценой на нефть наблюдается прямая зависимость. Фактические показатели валютного курса 2019 года практически совпали с рассчитанными нами в 2017 году.

Более того, в ходе анализа была установлена неодинаковая зависимость курса рубля от цен на нефть в краткосрочном и долгосрочном периодах. В краткосрочном периоде рубль сильнее зависит от мировых цен на нефть, поскольку рынок быстрее реагирует на их изменение. В то же время, в долгосрочном - заметнее становится влияние остальных – нефтегазовых факторов.

Список литературы:

1. Федеральная таможенная служба: URL: <http://www.customs.ru/> - (дата обращения: 10.10.2017)
2. Логинова Е. «Структура доходов Федерального бюджета РФ за 2012-2016 годы». / статья из журнала РБК 5 янв. 2016 г.
3. Финам – информационно-аналитический ресурс для работы на фондовом рынке. URL: <http://www.finam.ru/> – (дата обращения: 12.12.2016)
4. Прогноз социально-экономического развития Российской Федерации на 2017 год и на плановый период 2018 и 2019 годов. Министерство экономического развития Российской Федерации, – 2016. URL: [economy.gov.ru](http://economy.gov.ru) – (дата обращения: 12.12.2016)



Зуева Алина Степановна  
экономист,  
ПАО СЗ «Северная верфь»,  
Санкт-Петербург,  
alina1955.95@mail.ru

### **Вопросы актуализации нормативной базы расчета трудоемкости в судостроении**

**Аннотация.** Данная статья посвящена вопросам необходимости актуализации нормативной базы расчета трудоемкости и разработки единых отраслевых программ расчета трудоемкости работ по каждому виду производства с целью планомерной загрузки производства, сокращения цикла постройки судов, снижения себестоимости и повышения рентабельности деятельности предприятия.

**Ключевые слова:** судостроение, судостроительная отрасль, цифровая верфь, конкурентоспособность, инновации, трудоемкость, инновационные технологии, нормативная база

Zueva Alina Stepanovna  
Economist,  
Severnaya Verf Shipyard PJSC,  
Saint-Petersburg,  
alina1955.95@mail.ru

### **Issues of updating the regulatory framework for the calculation of labor intensity in shipbuilding**

**Abstract.** This article is devoted to the need to update the regulatory framework for calculating the complexity and developing common industry programs for calculating the complexity of work for each type of production in order to systematically load production, reduce the ship construction cycle, reduce costs and increase the profitability of the enterprise.

**Key words:** shipbuilding, shipbuilding industry, digital shipyard, competitiveness, innovation, labor intensity, innovative technologies, regulatory framework

Судостроительная отрасль России находится на пороге перехода к цифровым технологиям производства, что в свою очередь способствует повышению качества продукции, сокращению трудозатрат на единицу продукции, сокращению сроков строительства, выявлению закономерностей и более точному прогнозированию загрузки предприятия, увеличению объема выполняемых работ, максимизации прибыли и минимизации издержек. Страны – лидеры мирового судостроения активно применяют инновационные информационные технологии для производства судостроительной продукции, что способствует снижению общей трудоемкости и, как следствие, финансовых затрат. В России такие технологии только начинают внедряться.

Процесс создания объектов судостроения меняется с течением времени. Судостроительные предприятия не только повышают уровень механизации и автоматизации технологического процесса, цифровизации всех составляющих производственного процесса, но и расширяют номенклатуру объектов строительства с учетом нужд самих заводов, а также растущих потребностей общества (строительство плавучих доков, водных комбайнов, круизных лайнеров, научно-исследовательских судов и пр.)

Для оценки годовой производительности труда верфей в мировой практике используют отношение общей трудоемкости, к общему годовому объему производства предприятия в компенсированных тоннах (CGT). Так, удельные показатели трудоемкости постройки однотипных судов (чел.час. /CGT) в разных странах составляют:

Южная Корея – 10-20 чел.час. /CGT;

Япония – 20-30 чел.час. /CGT;

Европа – 40-50 чел.час. /CGT;

Россия – 70-80 чел.час. /CGT [7].

В отечественном судостроении на сегодняшний день практически отсутствует система нормирования труда. Многие предприятия отрасли прекратили деятельность по экономии трудозатрат и ликвидировали службы нормирования труда на 90%. Расчеты трудоемкости строительства, ремонта, модернизации и утилизации кораблей, судов, корабельных систем и механизмов новых поколений отрасли производятся с применением устаревших нормативно-методических документов и отраслевых нормативов времени труда, разработанных более 35 лет назад, что влечет за собой дополнительные затраты и срывы

сроков строительства, ремонта и сервисного обслуживания кораблей и судов.[4] На сегодняшний день с учетом изменившихся с тех времен технологий и отсутствия актуальной нормативной базы отраслевые предприятия значительно отличаются на организационном и кадровом уровне, так трудоемкость строительства одного и того же заказа на разных предприятиях будет значительно отличаться друг от друга. Трудоемкость рассчитывается с использованием нормативов удельной трудоемкости по видам работ с учетом различных коэффициентов, разработанных в советские годы, а также исходя из собственных наработок заводов, полученных ранее в ходе строительства аналогичной продукции.

С учетом вышесказанного, возникла острая необходимость разработки единых отраслевых программ расчета трудоемкости работ по каждому виду производства. Вопросы нормирования и организации труда имеют общепромышленный характер и их решение невозможно в рамках одного предприятия. В связи с этим, одной из главных задач государства совместно с АО «ОСК» должно стать создание централизованной единой отраслевой правовой, нормативной и научно-методической базы по утверждению, расчету и учету нормативов трудоемкости на всех стадиях жизненного цикла судна. Должны быть созданы новые цифровые системы организации и нормирования труда, которые позволят предприятиям отрасли использовать единую нормативную базу по трудоемкости объектов судостроения различного типа. Необходимо внедрить нормирование темпа работы, а также достоверный учет потерь и степени использования рабочего времени. Так же, специализированные программы расчета трудозатрат окажут положительное влияние на эффективность работы предприятия. Методология организации и нормирования труда должна основываться на условиях современного производственного процесса. Нормативная база по трудоемкости постройки судов должна быть расширена с учетом технологий, внедренных в производство в последнее время.

Актуализация нормативов трудоемкости постройки и ремонта судов позволит оперативно и с минимальной погрешностью планировать загрузку производства, сократить цикл постройки судна, снизить себестоимость и повысить рентабельности деятельности предприятия.

### Список литературы:

1. Государственная программа Российской Федерации «Развитие судостроения на 2013-2020 годы», Распоряжение от 24 декабря 2012 г. №2514-р, <http://government.ru/docs/3349/>
2. Государственная программа Российской Федерации «Развитие судостроения и техники для освоения шельфовых месторождений на 2013–2030 годы», [http://minpromtorg.gov.ru/activities/state\\_programs/list/gp5/](http://minpromtorg.gov.ru/activities/state_programs/list/gp5/)
3. Грицан А.Б. Методы инженерно-экономического анализа в ценообразовании на суда и плавсредства. Ч.1: Производительность, конкурентоспособность и тенденции в отечественном и мировом судостроении. СПб.: Бостон-спектр, 2004. 492 с.
4. Дрбоглав А.М., Платов В.Я. О нормировании труда на судостроительных предприятиях. //СУДОСТРОЕНИЕ 2'2014
5. Мамедова Л.Э., Гоголюхина М.Е. Анализ некоторых аспектов ценообразования в судостроении. // Экономика и управление. 2018;(10):75-79.
6. Туричин Г.А., Гоголюхина М.Е., Мамедова Л.Э. Инновационные лазерные технологии на судостроительном производстве: экономические, технологические и организационные аспекты // Азимут научных исследований: экономика и управление. 2018. № 4. С. 251-255.
7. [http://www.morvesti.ru/analytics/index.php?ELEMENT\\_ID=15334](http://www.morvesti.ru/analytics/index.php?ELEMENT_ID=15334) .

*Иванов Дмитрий Алексеевич,  
магистрант 2 курса  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
морской технический университет»,  
г. Санкт-Петербург,  
e-mail: Signum25@mail.ru  
Румб Виктор Карлович,  
научный руководитель, к.т.н., профессор  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
морской технический университет»,  
г. Санкт-Петербург,  
e-mail: stsp56@yandex.ru*

### **Двухмашинные дизельные судовые установки**

**Аннотация.** В статье рассмотрены проблемы работы двухмашинных дизельных судовых установок. Приведены требования к их режимам работы. Описан состав установок. Также в работе приведено описание современного дизель-дизельного агрегата ДДА 12000.

**Ключевые слова:** двухмашинная установка, редуктор, дизельный двигатель, винт фиксированного шага.

*Ivanov Dmitry Alekseevich,  
2 year undergraduate  
Saint-Petersburg State Marine Technical University,  
Saint-Petersburg  
e-mail: Signum25@mail.ru  
Rumb Victor Karlovich,  
supervisor, candidate of technical sciences, professor  
Saint-Petersburg State Marine Technical University,  
Saint-Petersburg  
e-mail: stsp56@yandex.ru*

### **Two-engine diesel marine power plants**

**Abstract.** The article deals with the problems of the work of two-engine diesel marine power plants. The requirements for their modes of operation are given. The set of power plant is described. The paper also describes the modern plant DDA 12000.

**Key words:** two-machine power plant, gearbox, diesel engine, fixed-pitch propeller.

В судостроении большое распространение получили различные многомашинные пропульсивные комплексы. Многомашинные комплексы можно классифицировать по количеству валов на одновальные и многовальные, по типу главных двигателей на обычные дизельные и комбинированные с газотурбинными двигателями в составе установок [1]. В данной работе рассматриваются двухмашинные дизельные судовые установки. Схема двухмашинной одновальной дизельной установки приведена на рисунке 1 [2]. Передача мощности с двух дизелей на гребной винт в такой установке осуществляется через суммирующий редуктор.

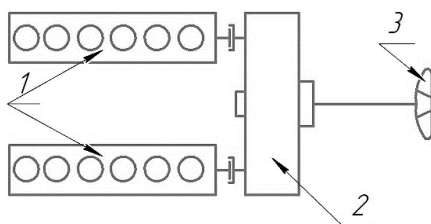


Рисунок 1 – Схема двухмашинной одновальной дизельной пропульсивной установки: 1 – дизель, 2 – редуктор, 3 – гребной винт

Режим работы такой установки достаточно гибок, так как благодаря отключению одного из двигателей от редуктора можно обеспечить малый ход судна. Также варьируя режимами работы дизелей можно добиться улучшенной топливной экономичности комплекса в целом. Ещё одним плюсом подобных установок является их повышенная живучесть.

Особенностью режима работы подобной установки является обязательное выполнение нескольких требований. Первое из них связано с плавным отключением и подключением дизелей к агрегату. Как было отмечено выше, одним из особенностей работы данного агрегата является свободное подключение и отключение дизелей для оптимального хода судна и топливной экономичности. Для обеспечения долговечности установки необходимо производить эти операции максимально плавно и гибко, чтобы избежать поломок. За это отвечают соединительно-разобщительные муфты, которые бывают гидравлического, электромагнитного или фрикционного типа. Для их

оптимального включения без угрозы поломки зубчатых колёс редуктора необходимо соблюдать равенство частот вращения работающего и подключаемого двигателя.

Вторым важным требованием является автоматическая синхронизация частот вращения двух главных двигателей. Данное требование выполняется при помощи внешней системы автоматического регулирования двигателей. В её основе лежит получение и сравнение показателей сигналов с датчиков частоты вращения ведущего и ведомого двигателей и регулирование топливоподачи ведомого в соответствии с неким «эталонным» значением сигнала ведущего двигателя.

Третье требование заключается в выравнивании величины нагрузки (мощность, крутящий момент) на обоих двигателях. Недопустима ситуация, при которой всю нагрузку на ход обеспечивает один двигатель, а второй работает на режиме холостого хода; оба двигателя при работе должны быть равномерно загружены. Выполнение данного условия можно обеспечить двумя методами: настройкой регуляторов частоты вращения работающих двигателей или с помощью дополнительного специального устройства распределения нагрузки. Первый метод подразумевает под собой совмещение регуляторных характеристик двигателя, а второй заключается в регулировании топливоподачи двигателей для оптимального распределения нагрузки микропроцессором в составе системы автоматического регулирования [2].

Двухмашинные дизельные установки применяются уже более 100 лет. Отечественным первопроходцем в данном вопросе можно назвать завод «Русский дизель». Данный завод выпустил один из первых двухмашинных агрегатов ещё в 1911 году для крейсера «Ястреб». Этот крейсер представлял из себя двухвинтовое судно с 2-мя дизельными двигателями по 500 л.с. (367 кВт) [3]. Более поздний проект можно отметить дизель-редукторный агрегат ДРА-1, в составе которого находились два дизеля 8ДР 43/61 мощностью по 200 л.с. (147,1 кВт) и гидрозубчатый агрегат, через который оба дизеля работают на один гребной вал [4]. Также такими установками занимался Ярославский моторный завод (дизель-редукторный агрегат ДРА ЯМЗ-8401).

Говоря о современных двухмашинных дизельных проектах стоит отметить дизель-дизельный агрегат ДДА 12000 для корветов проекта 20380. Данная установка приведена на рисунке 2. В состав данных установок входят два дизельных двигателя Коломенского завода 16Д49 (8ЧН 26/26) мощностью 6000 л.с. (4412 кВт). Данные двигатели подключены к двухскоростному реверсивному редуктору РРД 12000 производства завода ОАО «Звезда» [5]. Соединение редуктора с

дизелями осуществляется посредством муфт мембранного типа, с судовым валопроводом – через звукоизолирующее компенсирующее устройство. Общее количество фрикционных разобщительных муфт – 6, из которых 4 переднего хода и 2 заднего. Редуктор выполнен в двухступенчатом варианте: первая ступень образована прямозубым зацеплением, вторая – косозубая. Редуктор передаёт результирующий момент на винт фиксированного шага. В боевом составе ВМФ России находятся пять кораблей данного проекта – «Стерегущий», «Сообразительный», «Бойкий» и «Стойкий» – в составе Балтийского флота и «Совершенный» – в составе Тихоокеанского флота; еще восемь корветов строятся [6].

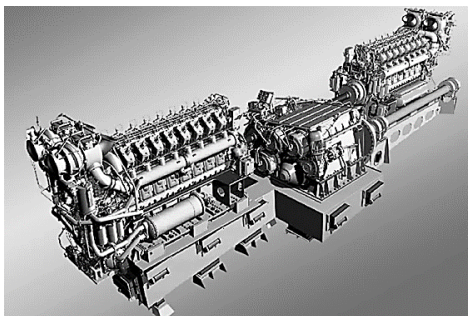


Рисунок 2 – Дизель-дизельный агрегат ДДА 12000

#### Список литературы:

1. Румб В.К. Судовые дизельные энергетические установки: учебник/ В.К. Румб, Г.В. Яковлев, Г.И. Шаров, В.В. Медведев, М.А. Минасян. – СПб.: СПбГМТУ, 2007. – 622 с.
2. Румб В.К. Судовая пропульсивная установка с двигателем внутреннего сгорания: учебное пособие / В.К. Румб. – СПб.: СПбГМТУ, 2012. – 316 с.
3. Механический завод Людвиг Нобель: 1862-1912 : Описание. - Санкт-Петербург, 1912. – 160 с.
4. Брук М.А. Режимы работы судовых дизелей / М. А. Брук, А. А. Рихтер. – Л.: Судпромгиз, 1963. – 482 с.
5. Коломенский завод [Электронный ресурс]/ Трансмашхолдинг; 2006-2018 ОАО “Коломенский завод”. Режим доступа: <http://www.kolomnadiesel.com/> свободный. Загл. с экрана. (дата обращения: 05.11.2018).
6. Википедия – свободная энциклопедия [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://wikipedia.org> (дата обращения: 05.11.2018).



*Иванов Александр Владимирович,  
магистр,  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
морской технический университет»,  
г. Санкт-Петербург  
e-mail:sandronicman@gmail.com*

**Исследование малогабаритного телеуправляемого  
необитаемого подводного аппарата OpenROV 2.X**

***Аннотация.** В статье обзревается характеристики и структура малогабаритного телеуправляемого необитаемого подводного аппарата OPENROV 2.X.*

***Ключевые слова:** малогабаритный, телеуправляемый, необитаемый подводный аппарат.*

*Ivanov Alexander Vladimirovich  
master,  
Saint-Petersburg State Marine Technical University,  
Saint-Petersburg  
e-mail:sandronicman@gmail.com*

**Research of small-sized remote-controlled uninhabited  
underwater vehicle OpenROV 2.X**

***Abstract.** The article reviews the characteristics and structure of the small-sized remote-controlled unmanned underwater vehicle OpenROV 2.X.*

***Key words:** small-sized, remote-controlled, uninhabited underwater vehicle.*

Представленное в данной статье устройство представляет интерес для изучения на его примере морских управляющих систем и их интеграции для управления необитаемым подводным аппаратом (НПА).

В результате можно получить устройство, способное выполнять задачи в автоматическом или полуавтоматическом режимах, к примеру доставка легких грузов, исследование морского дна или иные исследовательские задачи. Немаловажным критерием для подобного аппарата является его стоимость и доступность на рынке.

Разработчикам подводного робота OpenROV понадобился всего один день, чтобы собрать через Kickstarter необходимые им \$20 000 для запуска серийного производства. В этом нет ничего удивительного: проект действительно уникальный. Любой желающий может просто купить набор комплектующих и собрать личный НПА. Также детали можно самому сделать или напечатать, схема сборки и чертежи опубликованы в свободном доступе. Вся электроника упрятана во влагостойкий корпус в центре робота.

**Представленный аппарат имеет следующие характеристики:**

***Физические характеристики:***

Вес 2,6 кг.

Размеры 30 см в длину × 20 см в ширину × 15 см в высоту.

Номинальное время автономной работы с использованием перезаряжаемых литиевых батарей составляет 2-3 часа.



Рисунок 1 – Внешний вид аппарата

**Технические характеристики:**

- Максимальная глубина 100 м;
- Максимальная длина кабель-троса 300 м;
- Максимальная скорость вперед 2 узла;
- Светодиодная яркость 200лм;
- Допустимая температурная -10С до 50С;
- Программный контроль наклона камеры (+/- 60 градусов от центра).

**Модули:**

- HD веб камера со звуком;
- Красные лазерные указатели;
- Защита по току и напряжению с обратной связью для обеспечения правильного функционирования системы;
- Модуль I2C с напряжением 3,3В для внешней измерительной аппаратуры;
- Три мотора 800кВ: два в горизонтальной плоскости и один в вертикальной.
- 6 дополнительных проводов для пользовательских внешних приборов и устройств.

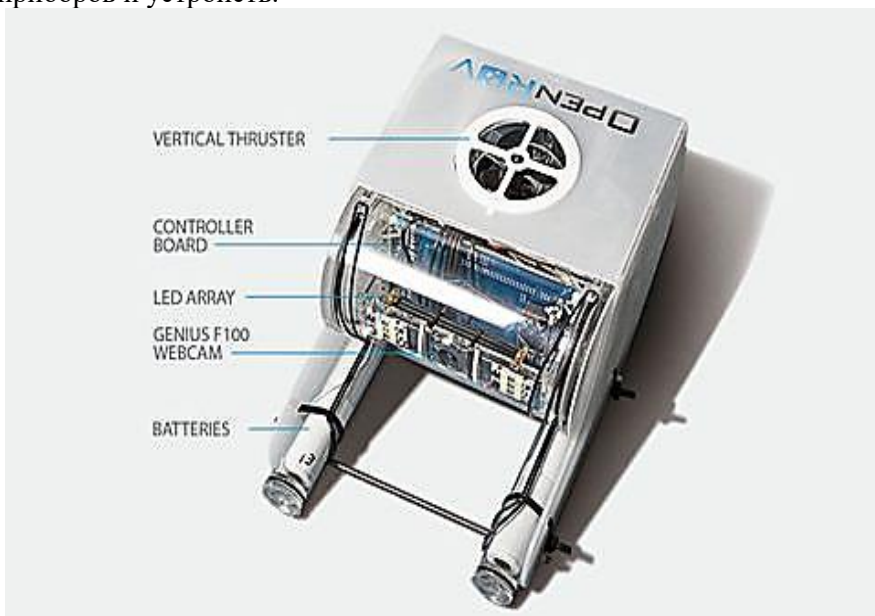


Рисунок 2 – Расположение модулей

**Системные требования:**

- OS / X / Windows / Linux;
- Браузер Chrome.

Основные модули, обеспечивающие ручное управление:

- Управляющая плата OpenROV с Arduino
- Интерфейсная плата OpenROV Topside
- Плата BeagleBone Black

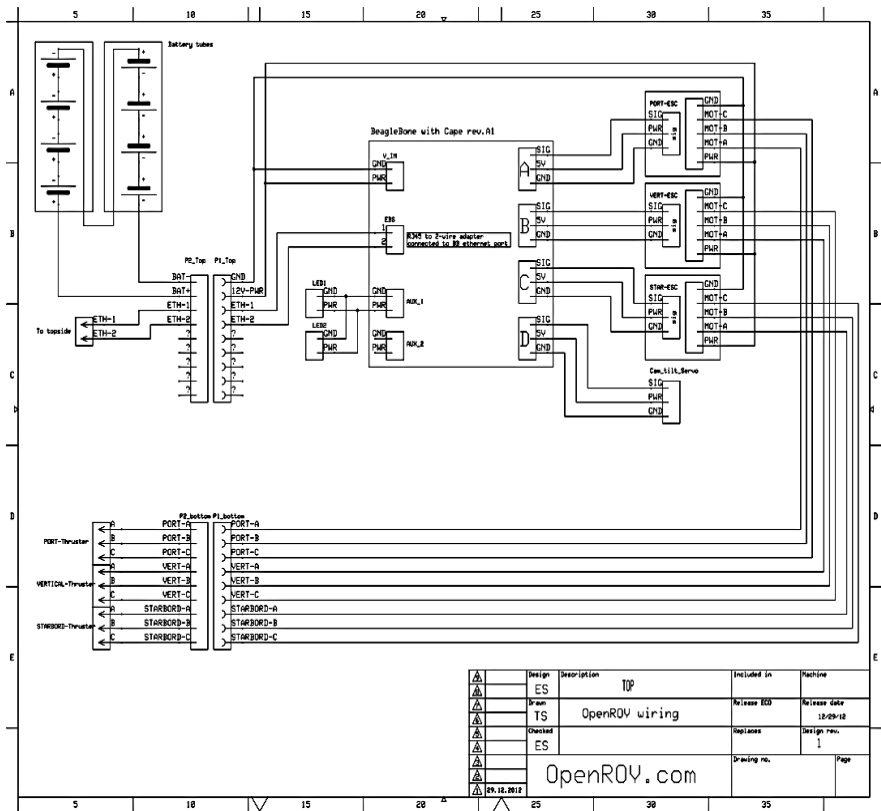


Рисунок 3 – Взаимодействие модулей изделия

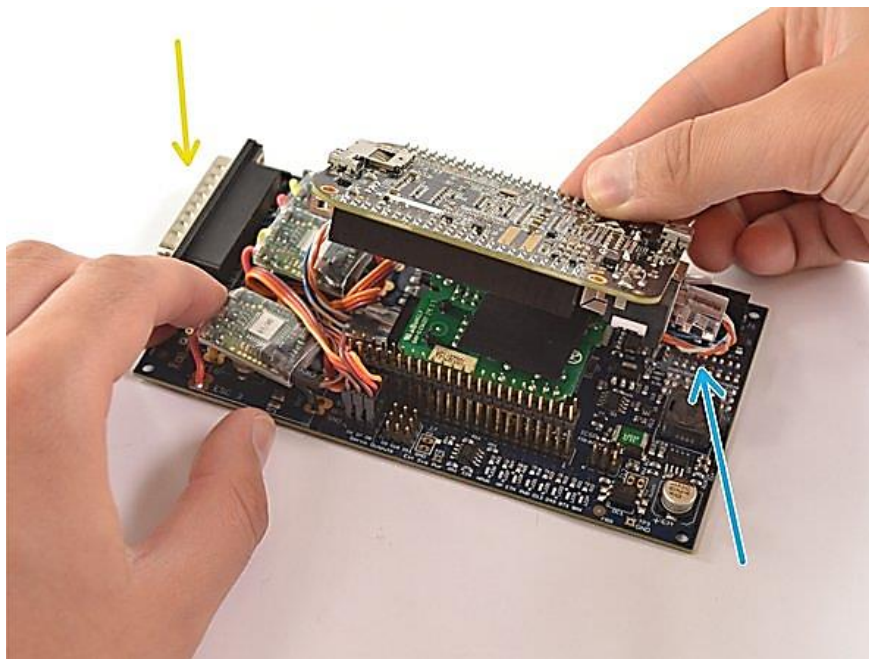


Рисунок 4 – Стек платы управления

На рисунке 4 синяя стрелочка указывает на плату BeagleBone, жёлтая стрелочка указывает на плату-контроллер Arduino, между ними находится интерфейсная плата.

#### 1) Управляющая плата OpenROV с Arduino

Arduino – это инструмент для проектирования электронных устройств более плотно взаимодействующих с окружающей физической средой, чем стандартные персональные компьютеры. Arduino применяется для создания электронных устройств с возможностью приема сигналов от различных цифровых и аналоговых датчиков, которые могут быть подключены к нему, и управления различными исполнительными устройствами.

В конструкции используя, нестандартная модель Arduino, а ее специальная OpenRov версия, она непосредственно обрабатывает команды нижнего уровня для таких устройств, как датчики, двигатели, сервоприводы и источники света и т.д.

## 2) Плата BeagleBone Black

BeagleBone Black (BBB) является основным процессором на ROV. Он работает совместно с Arduinio на плате контроллера, чтобы контролировать многие функции ROV.

BeagleBone Black – это миниатюрный компьютер для электронных проектов, где одновременно нужна и высокая производительность, и широкие возможности для подключения периферии, так же связь с сетью и интернетом посредством операционной системы Linux.

Разработчики openROV предлагают поставить на BeagleBone образ Linux Debian с патчем, содержащим особые настройки, чтобы превратить его в образ ROV. Запись можно производить как непосредственно во флеш-память, так и на microSD карту. Патч вносит изменения в автозагрузку системы, скачивает обновления, и обеспечивает управление всеми функциями через браузер при помощи интернет кабеля. Практически BeagleBone исполняет роль сервера - создает сайт, зайдя на который, можно управлять объектом.

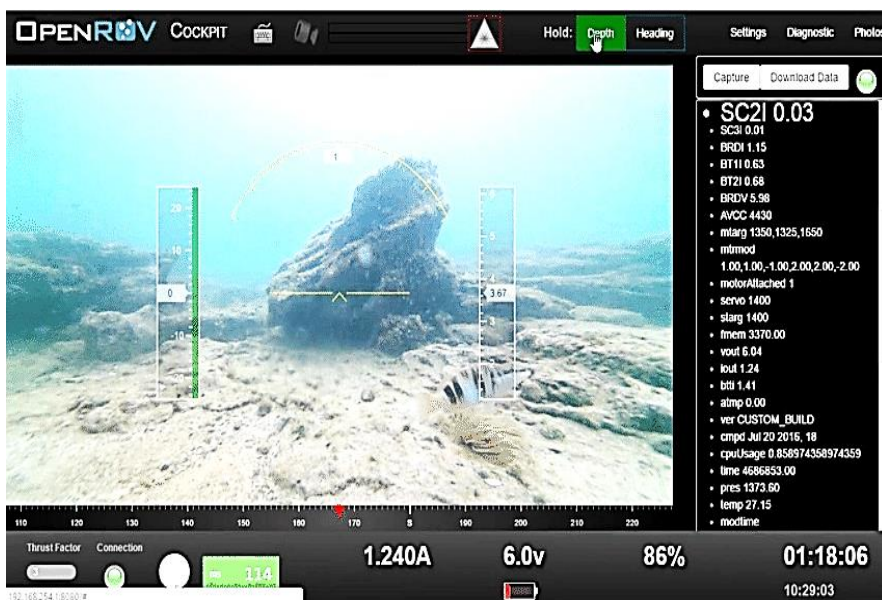


Рисунок 5 – Вид из «кабины»

Вот краткий список возможностей, представленный разработчиками:

Подключение с помощью мобильных устройств, компьютеров и планшетов, дополнительная установка не требуется.

В браузере в режиме реального времени просмотр видео h.264 / MJPEG с задержкой до 120 мс.

Управление геймпадом, клавиатурой и джойстиком (полностью настраивается).

Стабильный контроль движения при помощи гироскопа и акселерометра.

Видео фильтры на основе графического процессора.

Полностью расширяемая архитектура на основе плагинов, которые поддерживаются сообществом.

Запись и воспроизведение видео и сенсорной телеметрии в браузере.

Поддержка языковых переводов.

Резервное копирование данных и видео в облако.

Уведомление и контроль обновлений системы.

Встроенные конфигурации для многих конфигураций двигателя ROV.

Трансляция видео и данных в режиме реального времени.

И многое другое.

### ***Вывод***

Подробно рассмотрены характеристики и возможности необитаемого подводного аппарата OpenROV. Представленное устройство является перспективным для изучения морских управляющих систем в процессе их интеграции для управления НПА.

Список литературы:

1. Официальный сайт OpenROV - <https://www.openrov.com/>
2. Руководство по сборке OpenROV - <https://openrov.dozuki.com/>
3. Описание OpenROV – <https://www.kickstarter.com/projects/openrov/openrov-the-open-source-underwater-robot>
4. Официальная документация – <https://github.com/OpenROV>
5. <https://www.wevolver.com/michael.corr/open.rov/master/blob/Software/gui/documentation.md>

*Иванов Александр Владимирович  
магистр,  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
морской технический университет»,  
г. Санкт-Петербург  
e-mail:sandronicman@gmail.com*

### **Композиция и декомпозиция клеток мультиклеточного процессора**

***Аннотация.** В статье описаны особенности мультиклеточной архитектуры и исследование механизма декомпозиции и композиции клеток для решения разных типов задач.*

***Ключевые слова:** процессор, архитектура, программа, вычислительные ресурсы, бит.*

*Ivanov Alexander Vladimirovich  
master,  
Saint-Petersburg State Marine Technical University,  
Saint-Petersburg  
e-mail:sandronicman@gmail.com*

### **Composition and decomposition of the cells of the multicellular processor**

***Abstract.** The article describes the features of multicellular architecture and the study of the mechanism of decomposition and composition of cells for solving different types of problems.*

***Key words:** processor, architecture, program, computing resources, bit.*

Многие знают о мультиклеточной архитектуре, читали о процессорах и о первых устройствах, реализованных на их основе. Сейчас уже доступен для покупки процессор Multiclet R1. Но далеко не все знают о том, как реализована реконфигурация в мультиклеточной архитектуре. Рассмотрим средства динамической реконфигурации.

Исполняемый код для мультиклеточного ядра совсем не зависит от количества клеток, которыми он будет выполняться, вычислительные ресурсы мультиклеточного ядра можно распределять во время работы, управление происходит программно. Способность мультиклеточной



архитектуры перераспределять свои ресурсы во время работы называется - динамической реконфигурацией. Клетки ядра могут быть распределены с каким угодно соотношением для выполнения любых алгоритмов или их частей. Группа - это часть клеток мультиклеточного ядра, связанных между собой для выполнения какого-либо алгоритма или его части независимо от других клеток. Группа может состоять из 1 и более клеток. Когда мультиклеточное ядро отделяет от группы часть клеток - это называется декомпозиция. Процесс объединения клеток в группу - композиция. На рисунке 1 показан пример того, как ядро из четырех клеток реконфигурируется во времени. Группа выполняет ту же задачу и имеет одинаковый фон.

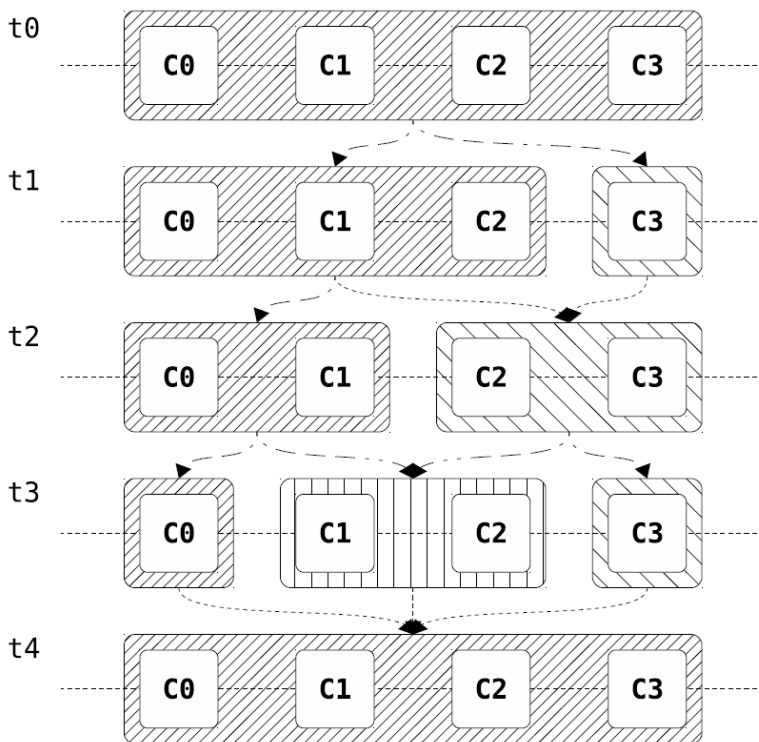


Рисунок 1 – Распределение вычислительных ресурсов

Архитектура мультиклеточного процессора не налагает каких-либо ограничений на количество групп и количество клеток в группе. Все

клетки могут быть объединены в одну группу. Может быть сформировано  $n$  групп, в каждой будет по одной клетке.

Конкретное распределение клеток по группам определяется программистом и может неоднократно программно меняться в процессе вычислений.

Для управления динамической реконфигурацией используются: регистр перехода (NEWADDR) и регистр информационной связанности (ICR). NEWADDR имеет размер 64 бита и определяет адрес следующего выполняемого параграфа для новой группы клеток. Значение NEWADDR формируется программно и может быть использовано только в текущем параграфе. При переходе к следующему параграфу оно не сохраняется.

| NEWADDR    | Регистр перехода |    |    |    |    |          |
|------------|------------------|----|----|----|----|----------|
| Номер бита | 63 ... 36        | 35 | 34 | 33 | 32 | 31 ... 0 |
| Описание   | зарезервировано  | C0 | C1 | C2 | C3 | NEWADDR  |

|           |         |                                                                        |  |  |  |  |
|-----------|---------|------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|
| 63 ... 36 | —       | зарезервировано                                                        |  |  |  |  |
| 35        | C0      | клетка для которой предназначен новый адрес ('1' - адрес предназначен) |  |  |  |  |
| 34        | C1      | клетка для которой предназначен новый адрес ('1' - адрес предназначен) |  |  |  |  |
| 33        | C2      | клетка для которой предназначен новый адрес ('1' - адрес предназначен) |  |  |  |  |
| 32        | C3      | клетка для которой предназначен новый адрес ('1' - адрес предназначен) |  |  |  |  |
| 31 ... 0  | NEWADDR | адрес перехода                                                         |  |  |  |  |

ICR имеет размер  $n$  бит, где  $n$  – количество клеток. Данный регистр определяет подмножество клеток, образующих группу.

| ICR        | Регистр информационной связанности |      |      |      |      |                 |       |       |       |       |
|------------|------------------------------------|------|------|------|------|-----------------|-------|-------|-------|-------|
| Номер бита | 63 ... 36                          | 35   | 34   | 33   | 32   | 31 ... 4        | 3     | 2     | 1     | 0     |
| Описание   | зарезервировано                    | C0_G | C1_G | C2_G | C3_G | зарезервировано | C0_EN | C1_EN | C2_EN | C3_EN |

|           |       |                                                             |  |  |  |  |  |  |  |  |
|-----------|-------|-------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 63 ... 36 | —     | зарезервировано                                             |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 35        | C0_G  | клетка войдет в состав группы ('1' - войдет в состав)       |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 34        | C1_G  | клетка войдет в состав группы ('1' - войдет в состав)       |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 33        | C2_G  | клетка войдет в состав группы ('1' - войдет в состав)       |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 32        | C3_G  | клетка войдет в состав группы ('1' - войдет в состав)       |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 31 ... 4  | —     | зарезервировано                                             |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3         | C0_EN | разрешение работы клетки в составе группы ('1' - разрешено) |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2         | C1_EN | разрешение работы клетки в составе группы ('1' - разрешено) |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1         | C2_EN | разрешение работы клетки в составе группы ('1' - разрешено) |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 0         | C3_EN | разрешение работы клетки в составе группы ('1' - разрешено) |  |  |  |  |  |  |  |  |

Если  $i$  и  $j$  клетки после динамической реконфигурации будут входить в одну группу, то  $ICR(Ci\_G) = ICR(Cj\_G) = '1'$ , где  $x$  номер условной группы. Если они в разных группах, то  $ICR(Ci\_G) = ICR(Cj\_G)$

= '0'. ICR позволяет каждой клетке выбрать из всей совокупности управляющих сигналов и результатов команд мультиклеточного процессора только те, которые относятся к ее группе. В исходном состоянии все клетки образуют одну группу и, следовательно, ICR во всех битах содержит '1'. Новое содержимое ICR формируется только программно при динамической реконфигурации мультиклеточного процессора. При этом, для обеспечения корректной работы необходимо, чтобы каждая клетка всегда входила только в одну группу.

Важно заметить, что если для клетки из состава группы поставить значение разрешение работы равное '0' то в этом случае клетка будет отключена до перезагрузки процессора.

В первых двух ревизиях процессора Multiclet R1 присутствуют некоторые особенности процесса реконфигурации:

Запрещено за один процесс реконфигурации отделить часть клеток от одной группы и присоединить к другой. Т.е. сначала мы должны выделить из группы часть клеток в отдельную группу, а потом присоединить к другой. Но при этом разделить мы можем за одну реконфигурацию до 4 групп клеток, собрать также можем в одну группу до 4-х отдельных групп (процессор R1 состоит из 4-х клеток).

Реконфигурация в принципе состоит из двух при декомпозиции и трёх параграфов при композиции:

1) В первом параграфе необходимо выставить в PSW биты 7,8 для группы клеток с которыми необходимо провести операции композиции и декомпозиции.

- Бит 7 системного регистра PSW позволяет группе клеток заявить о готовности к реконфигурации.

- Бит 8 системного регистра PSW запрещает выборку следующего параграфа, пока не выполняться команды текущего параграфа.

1.2) При композиции необходимо сделать ещё один параграф без адреса перехода для группы, которую мы присоединяем.

2) Во втором параграфе необходимо сформировать группы клеток и назначить адреса перехода для каждой новой группы.

Т.е. выбрали группу для реконфигурации, сформировали новые группы и задали адреса. Затем новые группы независимо друг от друга пойдут по своим параграфам. При это у каждой группы появится своя набор РОНов, управляющих регистров, обработчиков прерываний и т.д. Но при этом любая группа клеток может беспрепятственно обращаться к памяти или периферии.

При декомпозиции группы клеток могут быть разделены на новые группы. При этом у новых групп клеток будет свой набор РОНов, управляющих регистров, обработчиков прерываний и т.д., но значения РОНов, управляющих регистров сохранится от группы клеток от которой они отделились.

При композиции группы клеток могут быть объединены в новую группу. При этом у новой группы клеток будет полный набор РОНов, управляющих регистров, обработчиков прерываний и т.д. Но при этом значения РОНов, управляющих регистров, обработчиков прерываний и т.д. при сборке для разных клеток могут иметь разные значения. Поэтому после сборки в группу необходимо провести синхронизацию (проинициализировать новыми значениями, хотя данная процедура и не является обязательной) РОНов, управляющих регистров, обработчиков прерываний для того, чтобы не получать разные значения при считывании.

Рассмотрим пример декомпозиции:

а) Для группы клеток, которую необходимо разделить мы выставляем биты 7,8 в PSW в состояние «1».

test:

```
getl #PSW
getl 0x180 ; 7,8 bits
or @1, @2
setl #PSW, @1
jmp reconf
```

complete

б) Следующим параграфом после установки битов 7,8 в PSW должен быть параграф, формирующий новые значения регистра ICR и адреса перехода для новых групп клеток, который должен находиться в регистре NEWADDR. Запись этих новых значений выполняется только при «1» в битах 7,8 PSW. В битах 35-32 значением «1» позиционно задается физический номер клетки, для которой предназначено новое значение регистра.

Например, разбиение на две группы (для наглядности не будем оптимизировать параграф):

reconf:

```
getl 0x8
patch @1, @1 ; формируем 64-х разрядное значение
0x800000008
setq #ICR, @1 ; 1000 установка в регистр группы
```

```

    getl 0x7
    patch @1, @1          ; формируем 64-х разрядное значение
0x700000007
    setq #ICR, @1        ; 0111 установка в регистр группы
    getl 0x8
    getl test_1000      ; имя параграфа с которого начнёт работу группа
из одной клетки
    patch @2, @1
    setq #NEWADDR, @1 ; 1000+addr установка в регистр адреса
следующего параграфа для группы
    getl 0x7
    getl test_0111      ; имя параграфа с которого начнёт работу группа
из трёх клеток
    patch @2, @1
    setq #NEWADDR, @1 ; 0111+addr установка в регистр адреса
следующего параграфа для группы
    complete

```

Рассмотрим пример композиции:

а) В группах клеток, которые необходимо собрать мы выставляем в «1» биты 7,8 в PSW

pre\_reconf\_23: ; в группе которую подключаем метка может быть например pre\_reconf\_1

```

    getl #PSW
    getl 0x180 ; 7,8 bits
    or @1, @2
    setl #PSW, @1

```

jmp reconf ; в группе которую подключаем будет jmp stop\_1  
complete

б) Следующим параграфом, после установки битов 7,8 в PSW, в группе, которая подключается должен быть параграф без команды перехода, например:

```

    stop_1:
    getl 0x123
    complete

```

в) В группе, к которой происходит подключение, должен быть параграф с установкой новых групп, например к группе из двух клеток 2,3 подключается клетка 1:

```

reconf:
    getl 0x7

```

```
patch @1, @1 ; формируем 64-х разрядное значение 0x700000007  
setq #63, @1 ; 0111 установка в регистр группы  
getl 0x7  
getl my_task  
patch @2, @1
```

setq #60, @1 ; 0111+addr установка в регистр адреса следующего  
параграфа для группы  
complete

После выполнения этого параграфа, клетки 1,2,3 образуют одну группу клеток, которая начнёт свою работу с параграфа my\_task.

Зачем нужна реконфигурация

Иногда программа идет последовательно по шагам с зависимостями и в этом случае нет необходимости в 64-х клетках. Т.е. мы и сделали реконфигурацию для того, чтобы распределять вычислительные ресурсы. Десяток клеток на одну задачу, 15 на другую и так далее. В случае 64-х клеточного может быть до 64-х групп.

Примеры:

1) Работа диктофона. Пусть одна клетка занимается предварительной обработкой сигналов (для примера) фильтрация определенного вида. Две другие обрабатывают предыдущий сэмпл и распознавание речи, а ещё одна всё записывает во внешнюю память или занимается периферией.

2) Система управления скважинным водяным насосом частного дома. Одна клетка периодически опрашивает кнопки, обновляет индикацию и считывает показания датчика давления в магистрали. Три клетки стоят. Когда давление падает ниже критического уровня, основной поток запускает оставшиеся три клетки. Они начинают считать синусы для управления инвертором питания насоса. Это пример частотного управления в зависимости от давления. Если потребление воды упало, насос отключается, и три «счётных» клетки останавливаются. Т.е. программист сам решает, сколько задач (в пределах числа клеток) запустить, и с какой производительностью: нужно ли много задач, либо быстро считать, либо экономить электричество.

## Вывод

Таким образом, использование динамической реконфигурации в мультিকлеточном процессоре дает ему возможность решать задачи, затрачивая оптимальное количество вычислительных ресурсов за счет более гибкой настройки.

Список литературы:

1. [www.multiclet.com](http://www.multiclet.com)
2. [http://www.multiclet.com/docs/PO/ru\\_mc\\_main.pdf](http://www.multiclet.com/docs/PO/ru_mc_main.pdf)
3. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Multiclet>
4. krufter, Мультиклет R1 – первые тесты // Хабрахабр, 7 мая 2015 г.
5. Овчинников Владимир, Мультиклеточные процессоры — новое поколение вычислительных устройств // Компоненты и технологии № 6 2011.

*Иванова Полина Владимировна*  
магистрант  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
морской технический университет»,  
г. Санкт-Петербург,  
e-mail: polina-i\_98@mail.ru

*Натальина Анна Александровна*  
магистрант,  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
морской технический университет»,  
г. Санкт-Петербург,  
e-mail: ann982@rambler.ru

*Нифонтов Юрий Аркадьевич*  
научный руководитель, горный инженер,  
зав. кафедрой ЭПЗиА, д.т.н., профессор  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
морской технический университет»,  
г. Санкт-Петербург,  
e-mail: nifontov@yandex.ru

### **Культивирование микроводорослей с целью производства биотоплива**

**Аннотация.** В статье рассмотрены способы и оборудование для выращивания микроводорослей с целью их дальнейшего использования в производстве биотоплива.

**Ключевые слова:** биотопливо, микроводоросли, биомасса, культивирование.

*Ivanova Polina Vladimirovna*  
master student of  
Saint-Petersburg State Marine Technical University,  
Saint-Petersburg  
e-mail: polina-i\_98@mail.ru

*Natalina Anna Aleksandrovna*  
master student of  
Saint-Petersburg State Marine Technical University,  
Saint-Petersburg  
e-mail: ann982@rambler.ru



Nifontov Yuriy Arkadyevich  
scientific advisor, mining engineer,  
head of Ecology of Industrial Zones and Areas Department,  
doctor of technical science, professor  
Saint-Petersburg State Marine Technical University,  
Saint-Petersburg  
e-mail: nifontov@yandex.ru

## **Cultivation microalgae for the production of biofuels**

**Abstract.** *This article includes information about methods and hardware for growing microalgae for their further use in production of biofuel.*

**Key words:** *biofuel, microalgae, biomass, cultivation.*

С начала XX века человечество столкнулось с проблемой сокращения запасов ископаемого энергетического сырья. Одним из наиболее перспективных вариантов решения данной проблемы является получение альтернативных видов топлива, одним из которых является биотопливо.

Биотопливо – это продукт синтеза животного или растительного сырья, а также биологических отходов. Микроводоросли – наиболее перспективное сырье для получения биотоплива. Технологический процесс производства топлив из микроводорослей практически безотходен, т.к. после получения биодизельного топлива сухие отходы биомассы сохраняют все витамины и ценные вещества, поэтому могут быть использованы в пищевых целях, фармацевтике и в качестве корма для животных и рыб. А также, существует возможность создания топливных брикетов из отходов [1].

Микроводоросли обычно выращивают в открытых прудах, трубчатых фотобиореакторах и стабилизационных прудах для очистки сточных вод. Для процесса фотосинтеза требуется свет, углерода диоксид, вода и неорганические соли. Для формирования клеток микроводорослей среда должна содержать неорганические элементы, такие как азот, фосфор, железо. Температуру необходимо поддерживать в пределах 20-30 °С, так как в условиях температурных колебаний урожайность водорослей снижается [2].

Открытые пруды – самые старые и простые системы для массового выращивания водорослей. Они представляют собой замкнутые каналы

глубиной около 0,3 м, в которых водоросли культивируются в условиях, идентичных их естественной среде.

Чаще всего, данные системы работают в непрерывном режиме, чтобы обеспечивать постоянное поступление питательных веществ.

Закрытый фотобиореактор состоит из батареи прозрачных труб, изготовленных из стекла или пластика. Чтобы солнечный свет мог проникать в плотную биомассу водорослей диаметр труб должен быть не более 10 см. Продуктивность закрытого фотобиореактора в 13 раз выше, чем открытого пруда [3].

Стабилизационные пруды – сооружения, которые используют исключительно для очистки сточных вод. Очистка происходит с использованием фотосинтезирующих водорослей.

Каждый из применяемых и представленных в данной статье методов культивирования водорослей обладает как достоинствами, так и недостатками.

Строительство и эксплуатация открытых прудов не требует больших затрат. Однако, т.к. открытые пруды находятся под открытым небом, они подвержены загрязнению, а также значительная часть воды испаряется, что ограничивает рост биомассы. Кроме того, оптимальные условия культивирования трудно в них поддерживать [2].

За счет использования стабилизационных прудов появляется перспектива создания очистных сооружений, которые смогут обеспечить собственные энергетические потребности. К сожалению, практики по их использованию для выращивания микроводорослей очень мало и очевидно, что их производительности будет недостаточно для использования в промышленных целях.

Несмотря на высокую продуктивность фотобиореакторов они требуют больших капиталовложений, что непосредственно влияет на цену биотоплива. Поэтому есть необходимость дальнейшей разработки технологий его получения с целью удешевления [4].

Производство биотоплива из микроводорослей обладает огромным потенциалом, но на сегодняшний день не существует совершенных технологий для их культивации.

#### Список литературы:

1. Шерстнев В.И., Маракулина А.Н. Энергоносители из водорослей // Биоэнергетика. Экология и рациональное природопользование. 2016. С. 531-532.

2. Заболотских В.В., Васильев А.В., Смахина Л.А., Семихвостова О.В. Разработка технологических подходов к получению альтернативного биотоплива из водорослей // Академический вестник ЭЛПИТ. 2019. – Т.4. № 1(7). С. 12-38.

3. Zhiyou Wen. Algae for Biofuel Production [Электронный ресурс] // Farm Energy: [сайт]: [2019]. URL: <https://farm-energy.extension.org/algae-for-biofuel-production/> (дата обращения 10.10.2019).

4. Варфоломеев С.Д., Вассерман Л.А. Микроводоросли – источник биотоплива, пищевых, кормовых и лекарственных продуктов // Биотехнология. 2011. № 2. С. 9-33.

*Игнатьева Екатерина Сергеевна  
студент,  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
морской технический университет»,*

*г. Санкт-Петербург  
e-mail: kate.ignateva98@mail.ru*

*Кожемякин Вячеслав Вячеславович  
научный руководитель, д.т.н, доцент,  
заведующий кафедрой судовой ядерной и водородной энергетики  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
морской технический университет»,*

*г. Санкт-Петербург  
e-mail: kogh2012@yandex.ru*

**Расчетно-теоретическое исследование работы пароводяного  
струйного аппарата при дополнительном подводе воды  
в камеру смешения**

***Аннотация.** В работе рассмотрен струйный аппарат, который применяется в качестве средства циркуляции теплоносителя первого контура. Подвод дополнительного потока осуществляется на цилиндрическом участке камеры смешения через кольцевую щель с внезапным расширением сечения. Для достижения поставленной цели разработана математическая модель струйного аппарата с кольцевой щелью.*

***Ключевые слова:** пароводяной струйный аппарат, математическая модель, расчетно-теоретическое исследование.*

*Ignateva Ekaterina Sergeevna.  
Student*

*Saint-Petersburg State Marine Technical University,  
Saint-Petersburg*

*e-mail: kate.ignateva98@mail.ru*

*Kozhemyakin Vyacheslav Vyacheslavovich.  
Dr.Sci.Tech., associate professor,*

*the head of the department of ship nuclear and hydrogen energetics  
Saint-Petersburg State Marine Technical University,  
Saint-Petersburg*

*e-mail: kogh2012@yandex.ru*

## Computational and theoretical research work steam-water jet apparatus with additional water inlet to the mixing chamber

**Abstract.** In the paper, the jet pump which is used as a means of circulation of the heat carrier of the first circuit is studied. The supply of an additional flow is carried out within a cylindrical section of the mixing camera through a ring slot with a sudden expansion of the section. To achieve the goal, the mathematical model of the jet device with a ring slot is developed.

**Key words:** steam-water jet pump, mathematical model, computational and theoretical research.

В основе моноблочных паропроизводящих агрегатов (ППА) типа «Бета» лежит идея использования пароводяных струйных аппаратов (ПВСА) в качестве средств циркуляции теплоносителя первого контура. Для таких ППА был создан ПВСА с высокими коэффициентом инжекции и срывным напором. В ППА типа «Бета» это делается с помощью естественной циркуляции или перемычек. Однако в настоящее время отсутствует математическая модель работы ПВСА с перемычкой, которая отражала бы физические процессы, и на основе которой можно было бы дать обоснованные рекомендации по конструктивному исполнению перемычек. В работе [1] исследована параллельная работа и запуск ПВСА. Автор работы [1] на основе анализа уравнения сохранения импульса считает наиболее целесообразным подвод дополнительного потока воды через кольцевые щели с внезапным расширением сечения.

В ходе этой работы создана математическая модель камеры смешения с одним дополнительным подводом воды. На основе данной математической модели разработаны алгоритм и программа для ЭВМ, выполнены расчетно-теоретические исследования.

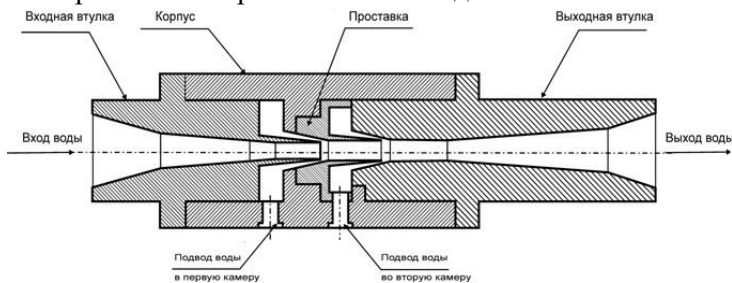


Рис. 1 – ПВСА с подводом дополнительного потока через кольцевые щели с внезапным расширением [1]

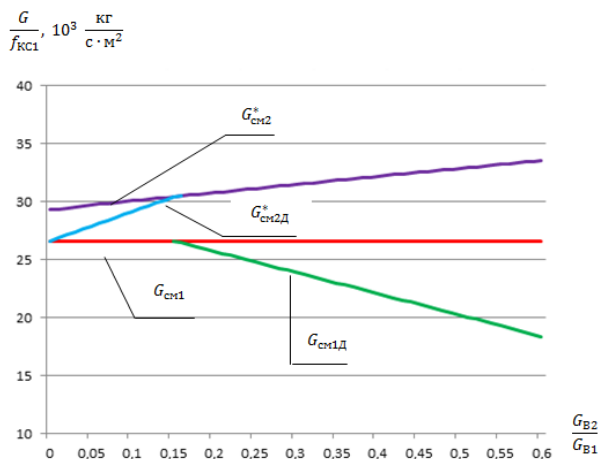


Рис. 2 – Зависимость критических и действительных расходов первого и второго инжекторов от относительного расхода для базового варианта

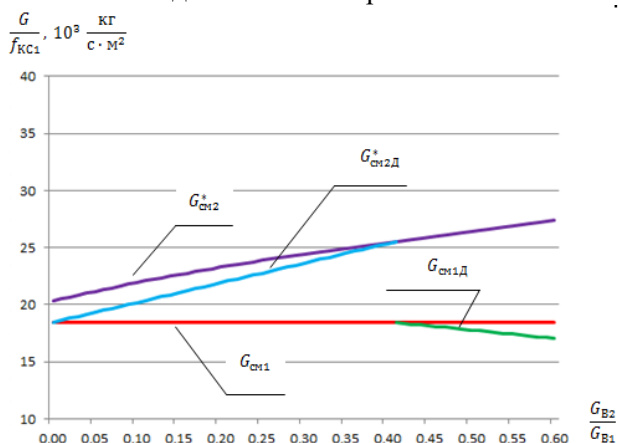


Рис. 3 – Зависимость критических и действительных расходов первого и второго инжекторов от относительного расхода при  $a = 3$

Граница перехода критического истечения с первой КС на вторую зависит от режимных и конструктивных параметров. При понижении отношения площадей сечения водяного и парового сопел, а также уменьшении температуры воды, подводимой во второе сопло, граница перехода сдвигается вправо, в сторону увеличения дополнительного подвода воды. При уменьшении отношения площади щели к площади

КС граница перехода сдвигается влево, в сторону уменьшения дополнительного подвода воды.

С увеличением температуры воды, подаваемой во второе сопло, граница перехода критического истечения с первой камеры смешения на вторую сдвигается в сторону уменьшения дополнительного подвода воды.

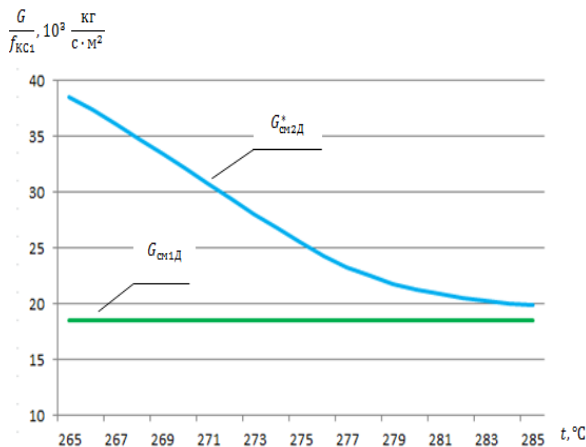


Рис. 4 – Зависимость действительных расходов первого и второго инжекторов от температуры воды, подаваемой во второе сопло при  $\alpha = 3$

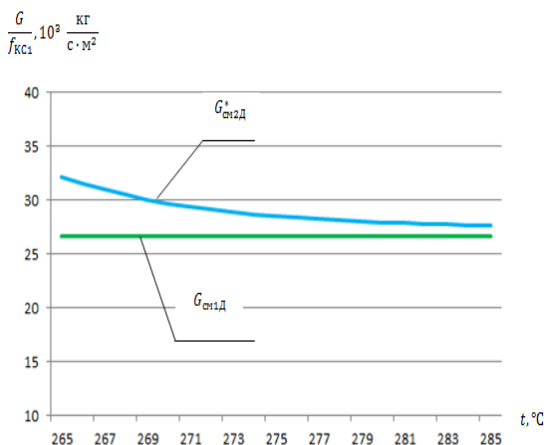


Рис. 5 – Зависимость критических и действительных расходов первого и второго инжекторов от температуры воды, подаваемой во второе сопло при  $\omega = 0,05$

#### Список литературы:

1. Андреев А.Г. Исследование параллельной работы пароводяных струйных аппаратов. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук, СПбГМТУ, 2012.



Исаева Дианна Тимофеевна  
студентка,  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
морской технический университет»,  
г. Санкт-Петербург,  
e-mail: isaevadianna@yandex.ru

**Определение ледовых нагрузок на конструкции вертикального  
борта и проектирование ледовых усилений танкера  
типа «Aframax»**

**Аннотация:** в представленной работе рассматривается методика определения параметров ледовой нагрузки на конструкции вертикального борта. Задачи работы: представление расчетных зависимостей в виде рекомендаций, пригодных для использования в требованиях Правил РМРС; их верификация с использованием специализированного программного обеспечения и тестирование применительно к нефтеналивному судну типа Aframax.

**Ключевые слова:** вертикальный борт, ледовые нагрузки, Правила Российского морского регистра судоходства, метод моделирования на основе аппарата планирования численного эксперимента.

Isaeva Dianna Timofeevna  
Student  
Saint-Petersburg State Marine Technical University,  
Saint-Petersburg  
e-mail: isaevadianna@yandex.ru

**Determination of ice loads on the vertical ship's hull side and designing  
of ice strengthening for Aframax-type tanker**

**Abstract.** The article represents the method of defining ship's vertical side ice load parameters. Article's objectives: representing the calculable dependences in form of recommendations, fitting for the usage RMRC rule's demands; it's verification using specialized software and testing it in relation to the oil tanker of "Aframax" type.

**Key words:** Russian maritime register of navigation, vertical side, ice strains, method of simulation on the basis of digital experiment planning apparatus.

В соответствии с действующими Правилами Российского морского регистра судоходства, начиная с 2019 г., для ледовых категорий от Ice1 до Arc7 включительно допускаются бульбовые обводы носовой оконечности, для которых характерно наличие участка с вертикальным бортом [1]. Вертикальные борты могут иметь суда с низкой категорией ледовых усилений (Ice1-Ice3) на протяжении всего района носового заострения. Расчетные зависимости для определения параметров ледовых нагрузок на вертикальный борт в районе носового заострения до настоящего времени не регламентировались Правилами Регистра. Требовалось привлекать прямые методы расчета по методикам, согласованным с Регистром.

Сложность решения вышеописанной задачи обусловлена особенностью взаимодействия вертикального борта судна с кромкой льда. Проблема заключается в том, что в расчетных зависимостях для определения параметров ледовой нагрузки при ударе вертикальным участком корпуса судна о кромку льда, которые получены в [2], невозможно выделить в явном виде параметры, определяющие влияние массы судна и формы корпуса, как это делается при решении задачи об ударе наклонным бортом.

Для исключения данного недостатка на основании анализа параметров ледовых нагрузок на носовую оконечность судов, полученных прямыми расчетными методами в рамках существующей методологии обеспечения ледовой прочности Правил Регистра, разработаны методика и алгоритмы определения ледовых нагрузок на конструкции вертикального борта в районе носового бульба, а также и в пределах всего носового заострения на уровне расчетной ватерлинии [4].

В рамках представленной работы, расчеты производились для судов неарктических категорий (Ice 1 – Ice 3). Для этого выполнена обработка статистической информации, заимствованной из Регистровой книги судов 2018 г. Результаты в виде статистических зависимостей главных размерений и коэффициентов полноты от водоизмещения судна представлены в материалах бакалаврской дипломной работы. Для построения функций влияния формы корпуса на параметры ледовой нагрузки использовался метод моделирования на основе аппарата планирования численного эксперимента [5, 6] в соответствии с алгоритмом, представленным ниже.

Алгоритм планирования эксперимента.

1. Отбор существенных факторов и оценка реальных границ областей их определения, в качестве которых приняты:  $X / L_{pp}$  – относительное отстояние расчетного сечения от носового перпендикуляра;  $\alpha$ - угол наклона ватерлинии к ДП в расчетном сечении, град.

Диапазон варьирования параметров:

$$\alpha : 5^{\circ} \div 45^{\circ}, \alpha_{cp} = 25^{\circ}, \quad (1)$$

$$x/L : 0.025 \div 0.275, \left(x/L\right)_{cp} = 0.150. \alpha : 5^{\circ} \div 45^{\circ}, \alpha_{cp} = 25^{\circ}, \quad (2)$$

2. Формирование матрицы центрального композиционного планирования эксперимента; количество варьируемых факторов  $k = 2$ .

При двух варьируемых факторах, число экспериментов равно  $NQ = 2^k + 2 \cdot k + 1 = 9$ , что является достаточным для построения квадратичных моделей.

3. Выполнение численных машинных экспериментов над программной моделью. Формирование массива значений функции отклика.

Расчет нагрузок производился с использованием ПК «Ice Loads Plus», разработанном в КГНЦ (Крыловский государственный научный центр), а так же (для сравнения результатов) применялся ПК «IceStar», разработанный на кафедре Конструкции и технической эксплуатации судов СПбГМТУ по заказу Бюро Веритас [13, 14]. Организация и обработка результатов численных машинных экспериментов осуществлялся программным комплексом «ПОЛИНОМ» [6].

4. Выбор модели и определение коэффициентов регрессии. Была выбрана квадратичная модель (полином второго порядка) (3):

$$\hat{y} = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i x_i + \sum_{i=1}^k b_{ii} x_i^2 + \sum_{j>i=1}^k b_{ij} x_i x_j \quad (3)$$

$X_i$  - коэффициенты регрессии;  $X_i$  - независимые варьируемые переменные.

5. Оценка адекватности модели путем оценки относительного отклонения расчетных значений от предсказанных уравнением регрессии.

Расчет нагрузок выполнялся в соответствии с матрицей планирования эксперимента для каждого водоизмещения  $\Delta_i$  из расчетной сетки для 2-го и 10-го базовых опасных режимов движения (для категорий ледовых усилений Ice1-Ice3), в качестве среднего

принимается 6 режим. Базовые Опасные Режимы Движения – сокращенно БОРД\* (рисунок 1).

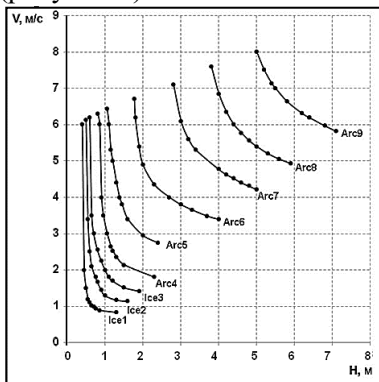


Рисунок 1 – Базовые опасные режимы движения

Обработка полученных результатов моделирования позволили получить расчетные зависимости параметров ледовых нагрузок для ледовых категорий Ice1 – Ice3 в виде следующих зависимостей, включенных в требования Правил Российского морского Регистра судоходства [1, 5]:

- Интенсивность ледовой нагрузки, кПа:

$$p_{AI}^{верт} = 0.9849 p_{ref}^i v_m \left( \frac{\Delta}{1000} \right)^{0.0132}, 1 \leq \Delta \leq 5 \text{ тыс. тонн} \quad (5)$$

$$p_{AI}^{верт} = 0.9745 p_{ref}^i v_m \left( \frac{\Delta}{1000} \right)^{0.0052}, 5 \leq \Delta \leq 200 \text{ тыс. тонн} \quad (6)$$

---

\*Кривые БОРД, являясь осредненными кривыми опасных режимов движения расчетной сетки судов в рамках каждого класса, обладают следующими особенностями:

- кривая БОРД является огибающей кривых ледовой прочности, построенных для различных участков корпуса в районе носового заострения;
- крайняя правая точка, соответствующая минимальному значению скорости и наибольшей толщине льда (расчетный режим 10), определяется по предельной строительной прочности набора в самом носовом районе носового заострения – в районе  $x/L \cong 0 \div (0,05 \div 0,10)$ ;
- при переходе к районам корпуса, расположенным ближе к переходу в цилиндрическую вставку, кривые БОРД смещаются в зону меньших толщин льда и больших скоростей, что связано с изменением формы корпуса и предельной строительной прочности по длине носового заострения.

- Длина распределения ледовой нагрузки, м:

$$l_A^{perm} = 0.7478 l_{ref}^i u_{l-m} \left( \frac{\Delta}{1000} \right)^{0.3065}, 1 \leq \Delta \leq 5 \text{ тыс. тонн} \quad (7)$$

$$l_A^{perm} = 0.2177 l_{ref}^i u_{l-m} \left( \frac{\Delta}{1000} \right)^{0.3311}, 5 \leq \Delta \leq 200 \text{ тыс. тонн} \quad (8)$$

- Высота распределения ледовой нагрузки, м:

$$b = b_{ref}^i u_{b-m} \quad (9)$$

где  $p_{ref}^i$ ,  $l_{ref}^i$  и  $b_{ref}^i$  – базовые значения параметров ледовой нагрузки, зависящие от категории ледовых усилений  $i$ ;  $V_m$ ,  $u_{b-m}$  и  $u_{l-m}$  – максимальные значения коэффициентов формы для района носового заострения, определяемые по полученным регрессионным зависимостям типа (3).

Выполнена верификация расчетных зависимостей с использованием ПК «Ice Star» [14, 15].

Апробация полученных рекомендаций была реализована при проектировании ледовых усилений корпуса нефтеналивного судна типа «Aframax» проекта S919 дедвейтом ок. 114 тыс. т., который имеет ледовый класс IB Финско-Шведской Администрации\*-[5].

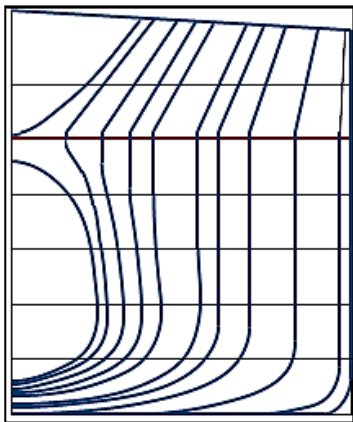


Рисунок 2 – Форма обводов

---

\* Ледовый класс IB по характеристикам ледовой прочности находится приблизительно на уровне Российского ледового класса Ice3 [12]

**Заключение.** Осуществлена разработка практических рекомендаций для определения ледовых нагрузок на конструкции вертикального борта, ориентированных на использование в Правилах РМРС, с использованием методов моделирования и аппарата планирования численного эксперимента.

Выполнена верификация расчетных зависимостей с использованием ПК «Ice Star».

Апробация полученных рекомендаций была реализована при проектировании ледовых усилений корпуса нефтеналивного судна типа «Afғамах» дедвейтом ок.114 тыс. т.

#### Список литературы:

1. Правила классификации и постройки морских судов, Часть II, Корпус, Российский морской Регистр судоходства, 2019 г.

2. Курдюмов В.А., Хейсин Д.Е. Определение нагрузок при ударе судна вертикальным бортом о кромку ледяного поля // Научно-технический сборник / Регистр СССР, Л: Транспорт, 1984, Вып. 14, с. 3-10.

3. Курдюмов В.А., Хейсин Д.Е. Гидродинамическая модель удара твёрдого тела о лёд // Прикладная механика, Киев, 1976, Ч. XII, Вып. 10, с. 103-109.

4. Апполонов, Е.М. Методика нормирования ледовых нагрузок на конструкции носовой оконечности судов с вертикальным бортом и бульбовыми обводами/ Е.М. Апполонов, В.В. Платонов, В.Н. Тряскин – Санкт-Петербург, 2019 – 11с.

5. Тряскин В.Н. Применение теории планирования эксперимента при проектировании конструкций корпуса судна. // Проблемы проектирования корпусных конструкций: Сб.науч. тр./ ЛКИ. Л., 1987. с.26-35.

6. Тряскин В.Н. Методология автоматизированного проектирования конструкций корпуса судна. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. Раздел 3.2. Применение аппарата планирования эксперимента при автоматизированном проектировании конструкций корпуса судна, 2007, с. 143-179.

7. Родионов Н.Н. Современные танкеры/ Н.Н. Родионов – Л.: Судостроение, 1980. – 284 с.

8. Significant Ships// Royal Institution of Naval Architects. – 2009.

9. Significant Ships// Royal Institution of Naval Architects. – 2012.

10. Регистровая книга Российского морского регистра судоходства, 2018.

11. Тряскин В.Н. Удар судна о льдину. – Труды ЛКИ, 1977, вып. 116, с. 82 – 86.

12. Апполонов, Е.М. Отчет научно исследовательской работы. Разработка новой редакции требований Правил Российского морского регистра судоходства (РМРС) к обеспечению прочности судов ледового плавания и ледоколов/ Е.М. Апполонов, В.Н. Тряскин, С.Н. Рюмин, Ю.А. Смирнов – 2016 г – 7с.

13. Kniazev, L. Technical Note. Analysis of load carrying capability of ship side structures/L. Kniazev, V. Tryaskin, A. Dudal – Bureau Veritas, 2012 – 56с.

14. Kniazev, L. IceSTAR guide. Data for calculation modules/L. Kniazev – Bureau Veritas, 2015 – 15с.

15. Тряскин, В.Н. Исследование работы бортовых конструкций судов ледового плавания: дис. ... канд. тех. наук: Санкт-Петербургский гос. Морской технический университет, Санкт-Петербург, 1979.

16. Разработка проекта требований ФАУ «Российского морского регистра судоходства» к конструкции ледовых усилений корпуса судов, предназначенных для эксплуатации кормой вперед: отчет о НИР; А.В. Александров, В.В. Платонов. Санкт-Петербург, 2018.

*Истомина Анна Валерьевна*  
*студентка,*  
*ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный*  
*морской технический университет»,*  
*Санкт-Петербург*  
*e-mail: iav1741@icloud.com*

**Анализ конструкции гофрированных поперечных переборок  
арктического навалочника с позиции требований  
общих Правил МАКО**

**Аннотация:** *Статья посвящена вопросам проектирования гофрированных поперечных переборок навалочных судов. Задачи работы: тестовые расчеты конструкций гофрированных переборок с использованием программного комплекса «ATLAS»; сопоставление размеров элементов гофрированного полотноца реального судна для навалочных грузов и соответствующих размеров, требуемых общими правилами МАКО.*

**Ключевые слова:** *поперечная гофрированная переборка, повреждения конструкции судна, общие Правила МАКО, программный комплекс «ATLAS».*

*Istomina Anna Valerievna*  
*Student*  
*Saint-Petersburg State Marine Technical University,*  
*Saint-Petersburg*  
*e-mail: iav1741@icloud.com*

**Analysis of arctic bulker transverse corrugated bulkhead's structure  
based on IACS Common Structural Rules**

**Abstract.** *The article represents the problem of transverse corrugated bulkhead structural design. Main focus: corrugated bulkhead structures` test calculations using specialized software - the ATLAS system; comparison of the existing bulkers` actual bulkhead elements dimensions, and dimensions required by the common IACS rules.*

**Key words:** *transverse corrugated bulkhead, bulker structure failure, IACS CSR, PC «ATLAS».*



## **Введение**

Проблема проектирования гофрированных переборок навалочников представляет большой практический интерес. Неравномерная загрузка грузовых трюмов тяжелым навалочным грузом с низкой удельной погрузочной кубатурой, значительные усилия, действующие на конструкции корпуса, накапливающиеся с годами износ и усталостные повреждения конструкций требуют внимательного отношения к навалочникам. Большое количество катастрофических случаев эксплуатации навалочников – убедительное подтверждение этому.

Для обеспечения безопасной эксплуатации судов для перевозки навалочных грузов был разработан ряд требований к конструкциям корпуса балкеров, которые вначале появились как унифицированные требования МАКО [1, 2, 3, 4], которые затем были включены в общие Правила МАКО, являющиеся в настоящее время основным нормативным документом для проектирования / проверки прочности конструкций нефтеналивных и навалочных судов.

Ситуацию с гибелью судов и эффективность принятых мер можно оценить на основе статистической информации INTERCARGO – International Association of Dry Cargo Shipowners за периоды с 1991-2000гг [5] и 2009-2018гг [6].

Общее количество погибших судов и наиболее вероятные причины их гибели, существенно отличаются в зависимости от рассматриваемого периода. Так за 1991-2000гг. погибло 134 судна. «Постоянной и существенной» причиной этого признали разрушение конструкции.

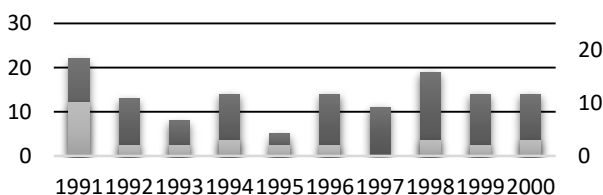
За период 2009-2018гг. погибло 48 судов. При этом, несмотря на то, что в 2018 году не было зарегистрировано потерь балкеров дедвейтом свыше 10 000 тонн, INTERCARGO призывает заинтересованные стороны сохранять бдительность, поскольку одной из основных причин потерь за прошедший период было «разжижение» груза – внезапный переход навалочного груза из твердого состояния в жидкое.

До 2000г. 15-45% судов ежегодно гибли от конструктивных разрушений, за период 2001-2018 гг. – только 1 судно было отнесено к категории погибших от конструктивных разрушений, но впоследствии, при расследовании ситуации, вероятной причиной аварии было названо столкновение.

Таблица 1 – Причины гибели балкеров за 1991-2018 гг.

| Причина гибели                          | 1991-2000 | 2000-2018 |
|-----------------------------------------|-----------|-----------|
| Посадка на мель                         | 30        | 15        |
| Конструктивные разрушения               | 29        | 1         |
| Пожар/взрыв                             | 20        | 2         |
| Затопление отсека                       | 15        | 5         |
| Столкновение с плавучим сооружением     | 15        | 3         |
| Исчезновение/неизвестно                 | 10        | 6         |
| Отказ оборудования                      | 7         | 6         |
| Грузовые операции                       | 3         | -         |
| Столкновение с неподвижным объектом     | 2         | -         |
| Пожар/взрыв груза                       | 2         | 1         |
| Опрокидывание/смещение/разжижение груза | 1         | 9         |
| Всего                                   | 134       | 48        |

### Количество потерь, вызванных повреждениями конструкции судна



|                                                              | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|--------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Количество погибших судов                                    | 22   | 13   | 8    | 14   | 5    | 14   | 11   | 19   | 14   | 14   |
| Количество судов, погибших вследствие разрушения конструкции | 10   | 2    | 2    | 3    | 2    | 2    | 0    | 3    | 2    | 3    |

Рисунок 1 – Количество потерь, вызванных повреждениями конструкции судна за 1991–2000 г.

Анализ информации о наиболее вероятных причинах гибели судов для перевозки навалочных грузов позволяет говорить, что после

внедрения в практику проектирования конструкций навалочников требований МАКО, разрушение конструкции больше не является прямой причиной гибели судов, но остается косвенной вследствие влияния особенностей груза (высокая плотность, разжижение, смещение).

В настоящей статье анализируется конструкция гофрированных поперечных переборок арктического навалочника дедвейтом 30 тыс. т. с позиции требований общих Правил МАКО. Рассматриваемое судно – навалочник «Иван Сусанин», который прошел модернизацию в 2005г., заключающуюся в удлинении корпуса на один грузовой трюм длиной 18.4 м. Судно принадлежит ко второй серии судов типа «Дмитрий Донской» проекта 743 (ГДР). Судно построено в 1981г. на судовой верфи "Warnowwerft" (Варнемюнде, ГДР). Архитектурно-конструктивный тип судна: однопалубное судно с минимальным надводным бортом, коротким баком, удлиненным ютом, кормовым расположением МКО и жилой надстройки, полуледокольной формой носовой оконечности и транцевой кормой. Расчетный анализ показал, что конструкции гофрированных переборок модернизированного (удлиненного) судна удовлетворяют требованиям действующих Правил РМРС.

Нормативные требования общих Правил МАКО, регламентирующие размеры элементов конструкций гофрированных переборок балкеров с коробчатыми гофрами (рис. 2), представлены в таблице 2.

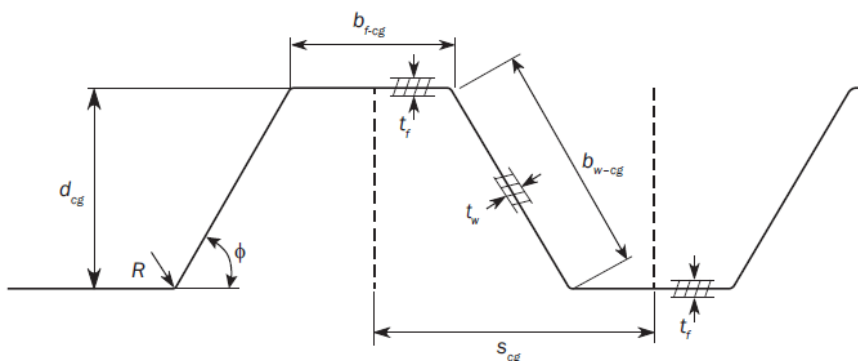


Рисунок 2 – Геометрические характеристики коробчатого гофра

Таблица 2. Ограничения, регламентирующие проектирование конструкции переборок балкеров [7]

|                                                            |                                  |                                                                                                                                                                                                               |
|------------------------------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Геометрия гофра                                            | угол наклона боковой грани гофра | $\varphi \geq 55^\circ$                                                                                                                                                                                       |
|                                                            | высота гофра                     | $d_{cg} \geq \frac{1000l_c}{C}$<br>$l_c$ – пролет гофра, м; $C$ – коэффициент, равный 15, для танков и грузовых трюмов с возможностью приёма балласта; в другом случае $C=18$ .                               |
|                                                            | эффективная ширина сжатого пояса | $b_{eff} = C_E a$<br>$C_E$ – коэффициент, принимаемый согласно [7].                                                                                                                                           |
| Требование к минимальной нетто толщине граней гофра        |                                  | $t_{\min} = 4,5 + 0,02L_2$<br>$L_2 = \min\{300, L\}$                                                                                                                                                          |
| Требование к местной прочности граней гофра                | при аварийном затоплении         | $t = 14,9 \cdot 10^{-3} s_{cw} \sqrt{\frac{1,05 P_R}{R_{eH}}}$<br>$t$ – нетто толщина полотна гофра, мм;<br>$P_R$ – результирующее давление на переборку при затоплении одного из трюмов, кН/м <sup>2</sup> . |
|                                                            | при нормальной эксплуатации      | $t = 15,8 \cdot 10^{-3} b_p \sqrt{\frac{ P }{C_{CB} R_{eH}}}$<br>$P$ – максимальное расчётное давление, действующее на переборку, кН/м <sup>2</sup> ;<br>$C_{CB}$ – коэффициент допускаемых напряжений.       |
| Момент сопротивления полусечения гофра, с учетом $b_{eff}$ |                                  | $Z = d_{cg} t_{f/w} (b_{eff} + C_{we} \frac{b_{wcg}}{3})$<br>$C_{we}$ – коэффициент эффективности стенок гофра.                                                                                               |

|                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Несущая способность переборки при изгибе               | $0,5W_{LE} + W_M \geq \frac{M \cdot 10^3}{0,95R_{eH}}$ $W_{LE}, W_M$ – нетто моменты сопротивления половины поперечного сечения гофра в нижнем опорном сечении и в середине пролёта, см <sup>3</sup> ;<br>M – изгибающий момент, кНм.                                                                                               |
| Несущая способность переборки при сдвиге               | $\tau = \frac{10Q}{A_{shr}}; \quad \tau_a \leq \frac{R_{eH}}{2}$ $Q$ – расчетная перерезывающая сила в нижнем опорном сечении гофра, кН;<br>$A_{shr}$ – площадь половины гофра в нижнем опорном сечении, работающая на срез, см <sup>2</sup> ;<br>$\tau_a$ – касательные напряжения, действующие в грани гофра, Н/мм <sup>2</sup> . |
| Устойчивость гофра в нижнем опорном сечении при сдвиге | $\tau \leq \tau_c$ $\tau_c$ – расчетные критические напряжения, МПа                                                                                                                                                                                                                                                                 |

Переборка рассматриваемого судна – бесшельфовая, с вертикальной ориентацией коробчатых гофров, имеет верхнюю и нижнюю опоры, а также симметрично расположенные шеддерные листы. Основные параметры гофрированного полотнища переборки рассматриваемого судна, соответствующие требованиям РМРС, представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Основные параметры гофрированного полотнища переборки

| Параметр | $t$  | $b_{f-cg}$ | $d_{cg}$ | $\phi$ | $b_{w-cg}$ | $2s_{cg}$ | $2Zle$          |
|----------|------|------------|----------|--------|------------|-----------|-----------------|
|          | мм   | м          | м        | °      | м          | м         | см <sup>3</sup> |
| РМРС     | 12.5 | 0.88       | 0.63     | 44     | 0.915      | 3.083     | 9332            |

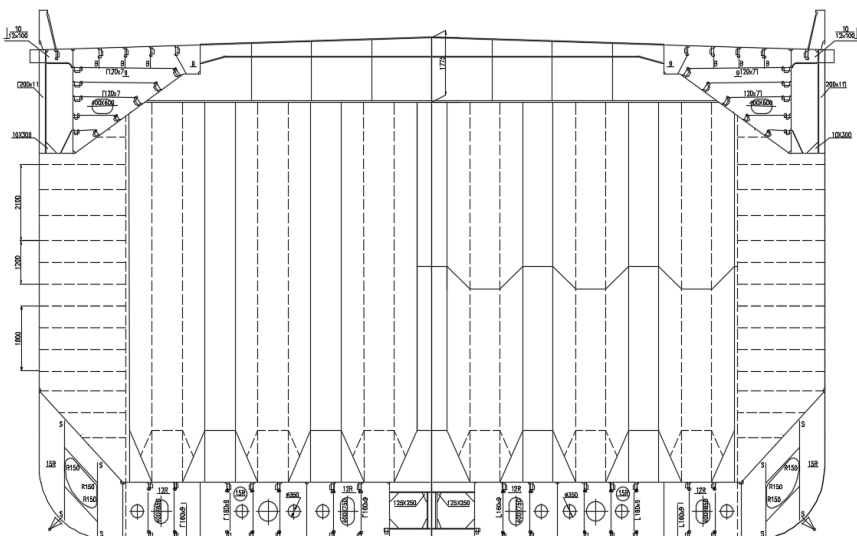


Рисунок 3 – Гофрированная поперечная переборка рассматриваемого судна для навалочных грузов

### **Проверка соответствия конструкции действующим требованиям МАКО**

Для определения требуемых размеров элементов гофрированного полотна переборки в соответствии с требованиями Правил МАКО использовался программный комплекс «ATLAS», разработанный на кафедре Конструкции и технической эксплуатации судов по заказу РМРС [8]. Одновременно с целью тестирования программного обеспечения ПК «ATLAS» выполнены аналогичные расчеты с использованием таблиц Microsoft Excel. В таблице 4 показаны результаты тестовых расчетов и результаты проверки соответствия конструкции гофрированной переборки навалочника требованиям общих Правил МАКО.

Таблица 4 – Сравнительная таблица значений параметров гофрированного элемента

| Параметр      | Ед. измерен.    | РМРС  | МАКО  | АТЛАС | 3/5  | 4/5   |
|---------------|-----------------|-------|-------|-------|------|-------|
| 1             | 2               | 3     | 4     | 5     | 6    | 7     |
| $t_p$         | мм              | 12.5  | 22.00 | 22.00 | 0.57 | 1.00  |
| $t_p$         | мм              | 12.5  | 21.00 | 21.00 | 0.60 | 1.00  |
| $b_{fcg}$     | м               | 0.88  | 0.88  | 0.88  | 1.00 | 1.00  |
| $d_{cg}$      | м               | 0.63  | 0.63  | 0.63  | 1.00 | 1.00  |
| $\varphi$     | °               | 44    | 44    | 44    | 1.00 | 1.00  |
| $b_{wcg}$     | м               | 0.915 | 0.92  | 0.92  | 1.00 | 1.00  |
| $2s_{cg}$     | м               | 3.083 | 3.08  | 3.08  | 1.00 | 1.00  |
| $2Zle(износ)$ | см <sup>3</sup> | -     | 9678  | 9720  | -    | 0.996 |
| $2Zle$        | см <sup>3</sup> | 9332  | 15279 | 15208 | 0.61 | 1.005 |

Результаты анализа расчетов позволяют сформулировать следующие выводы:

1. Полученные результаты показывают, что требования общих Правил МАКО, которые являются основным нормативным документом для проектирования конструкций балкеров длиной более 90 м, являются значительно более жесткими по сравнению с требованиями, представленными в Правилах РМРС.

2. Для обеспечения выполнения требований Правил МАКО необходимо значительно увеличить высоту и толщину гофрированного элемента, а это значит – полностью изменить конструкцию переборки.

3. Тестовые расчеты не выявили расхождений результатов расчета с использованием электронных таблиц и разработанного программного обеспечения ПК «ATLAS» в части требований к гофрированным переборкам навалочников.

Список литературы:

1. UR S19 Evaluation of Scantlings of the Transverse Watertight Corrugated Bulkhead between Cargo Holds Nos. 1 and 2, with Cargo Hold No. 1 Flooded, for Existing Bulk Carriers
2. UR S20 Evaluation of Allowable Hold Loading for Non-CSR Bulk Carriers Considering Hold Flooding - Rev.6 Apr 2014

3. UR S30 Cargo Hatch Cover Securing Arrangements for Bulk Carriers not Built in Accordance with UR S21 (Rev.3) - Rev.1 Corr.1 Mar 2019 Clean

4. UR S31 Renewal Criteria for Side Shell Frames and Brackets in Single Side Skin Bulk Carriers and Single Side Skin OBO Carriers not Built in Accordance with UR S12 Rev.1 or Subsequent Revisions - Rev.4 Apr 2007

5. Bulk Carrier Casualty Report 2000 and the previous ten years (1991-2000). INTERCARGO.

6. Bulk Carrier Casualty Report Years 2009 to 2018 and trends. INTERCARGO.

7. Common Structural Rules for Bulk Carriers and Oil Tankers 01 JAN 2018

8. В.Н.Тряскин, С.Н.Рюмин, М.А.Кутейников. Автоматизированная система «ATLAS»: Назначение и структура. Методические основы. Результаты опытной эксплуатации. Научно-технический сборник морского Регистра судоходства, №54/55. С. 106-128.



*Калагаев Александр Алексеевич*  
*студент, группа 4120*  
*ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный*  
*морской технический университет»,*  
*г. Санкт-Петербург*  
*predator-s00@mail.ru*

*Польский Валерий Дмитриевич*  
*кандидат экономических наук, доцент,*  
*доцент кафедры управления судостроительным производством*  
*ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный*  
*морской технический университет»,*  
*г. Санкт-Петербург*  
*vpolskiy@mail.ru*

**Автоматизация и роботизация.**  
**Перспективы и проблемы**

**Аннотация.** *Что дает автоматизация производства? Заменят ли роботы человека в производственном процессе? Каковы перспективы и пути развития предприятия в свете промышленной революции? Какие проблемы это вызывает? Эти вопросы освещаются в данной работе с социально-экономической точки зрения влияния автоматизации и роботизации на общество.*

**Ключевые слова:** *автоматизация, роботизация, инновационные технологии, безработица, роботы-манипуляторы, tesla, производство.*

*Kalagaev Alexandr Alexeevich*  
*Student group 4120*  
*Saint-Petersburg State Marine Technical University,*  
*Saint-Petersburg*  
*predator-s00@mail.ru*

*PolskiyValeriy Dmitrievich*  
*PhD in Economics, Associate Professor*  
*Department of Management in Shipbuilding*  
*Saint-Petersburg State Marine Technical University,*  
*Saint-Petersburg*  
*vpolskiy@mail.ru*

## **Automation and Robotics. Perspectives and Problems**

**Abstract.** *What benefits brings us manufacturing automation? Will robots substitute people in production process? What are perspectives and ways of development considering industrial revolution? What main problems does it cause? These questions are discussed in the article having accent on social and economic effect of automation and robotics for society.*

**Keywords:** *automation, robotics, innovational technologies, unemployment, robots-manipulators, tesla, production.*

Сегодня полной или частичной автоматизаций предприятия уже никого не удивить. Ускоряющееся внедрение новых прогрессивных технологий в различных отраслях промышленности, позволяет увеличивать эффективность производства, поэтому применение и распространение инновационных технологий становится очевидной необходимостью. Но одни ли только плюсы несет такое масштабное внедрение автоматизации и роботизации? Рассмотрим это более детально.

1. Что это такое? Автоматизация и роботизация производства – это процесс развития машинного производства, в котором функции рабочих в том числе с использованием механизмов, передаются автоматизированным устройствам.

2. Для чего это нужно? До того, как люди внедрили средства автоматизации и роботизации, замещение физического труда происходило путём механизации вспомогательных и основных операций производства. Внедрение средств автоматизации в производство позволяет повысить производительность, качество продукции, сократить долю рабочих и уменьшить количество брака.

3. Какие преимущества? Автоматизация производства позволяет значительно увеличить технологические параметры производимой продукции. У этого процесса есть множество плюсов, позволяющих заметно улучшить работу предприятия:

- Уменьшение количества работников приводит к снижению расходов на оплату труда.

- Высокое качество работы и снижение количества брака.

- Круглосуточное использование оборудования.

- Повышение производительности и придание продукции более совершенных технических характеристик;

- Сведение человеческого фактора к минимуму.

- Быстрая переориентация на актуальные запросы рынка.
- Уменьшение стоимости продукции за счет снижения затрат на производство.

4. Какие есть примеры автоматизации? К примеру, для автоматизации производственного процесса можно использовать роботоманипуляторов. На их основе создаются роботизированные комплексы различного назначения: лазерной резки и сварки, резки водой высокого давления, дуговой резки и сварки, воздушно-плазменной резки и сварки, погрузочно-разгрузочного назначения и др[1]. Один из подобных роботов манипуляторов это Gelios 20 отечественного производства.

5. Существуют ли сейчас полностью автоматизировано-роботизированные заводы? Конечно, да. Это завод Tesla во Фримонте, Калифорния, который является одним из немногих производств в котором вмешательство человека сведено к минимуму. На территории 49 гектаров, роботы собирают более 100 000 электромобилей в год. Для того что бы, переработать завод для выпуска другой модели нужно всего лишь произвести реконфигурацию производственной линии. Владелец Tesla – Илон Маск в 2010 году приобрел старые корпуса и внедрил в них высокотехнологичное оборудование, где теперь они и собирают электромобили.

6. Не приведет ли всеобщая автоматизация к тотальной безработице? Если изучить этапы технического развития общества, то можно понять, что новые технологии всегда приводят к отмиранию самых низкоквалифицированных профессий. Отсюда следует вывод, что после автоматизации многие профессии потеряют актуальность и людям, которые занимали эту нишу придется переучиваться. Скорее всего в будущем сотни миллионов людей будут вынуждены переучиваться так как роботы и автоматизированные комплексы их полностью заменят. Будут заменены большинство профессий, связанных с компьютерами и физическим трудом, с рабочими специальностями и не только.

Помимо безработицы, одним из возможных последствий массового внедрения роботов в различные профессиональные сферы может стать постепенная утеря знаний. Вложив в электронных помощников весь накопленный багаж знаний, сделав из них совершенных заменителей, мы сами постепенно начнём терять научные кадры и профессионалов-практиков. В условиях, когда за нас что-то хорошо будут делать роботы, а людям той же профессии придётся переучиваться, то просто

нарушится преемственность передачи знаний. Развитие наук станет уделом горстки людей, чувствующих своё призвание.

#### Список литературы:

1. Туричин Г.А., Гоголюхина М.Е., Мамедова Л.Э. Инновационные лазерные технологии на судостроительном производстве: экономические, технологические и организационные аспекты внедрения // «Азимут научных исследований: экономика и управление», 2018, Т.7. №4(25)
2. [popmech.ru/technologies/364052-5-samyh-sovremennyh-zavodov-mira/](http://popmech.ru/technologies/364052-5-samyh-sovremennyh-zavodov-mira/)
3. [habr.com/ru/company/asus/blog/237917/](http://habr.com/ru/company/asus/blog/237917/)
4. вторая индустриализация.пф/[avtomatizaciya-i-robotizaciya-proizvodstva](http://avtomatizaciya-i-robotizaciya-proizvodstva/#avtomatizaciya-i-robotizaciya-proizvodstva)
5. [rekord-eng.com/avtomatizaciya/robotizaciya\\_proizvodstva/](http://rekord-eng.com/avtomatizaciya/robotizaciya_proizvodstva/)
6. [ru.wikipedia.org/wiki/Технологическая\\_безработица](http://ru.wikipedia.org/wiki/Технологическая_безработица)
7. [ru.wikipedia.org/wiki/Автоматизация\\_производства](http://ru.wikipedia.org/wiki/Автоматизация_производства)

*Калюзная Ксения Владимировна*  
*магистрант 1 курса,*  
*ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный*  
*морской технический университет»,*  
*г. Санкт-Петербург*  
*kaluzhnayakv@gmail.com*  
*Чистяков Александр Юрьевич*  
*научный руководитель*  
*к.т.н. доцент*  
*ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный*  
*морской технический университет»,*  
*г. Санкт-Петербург*  
*e-mail: glucker2000@mail.ru*

**Анализ технического состояния траулеров России.**  
**Проблематика действующих**

***Аннотация.** В статье проанализировано количество траулеров официально зарегистрированных в Российском Морском Регистре. Проанализирован срок их эксплуатации и основная проблематика.*

***Ключевые слова:** траулер, международные экологические стандарты, ГФХУ, срок эксплуатации судна.*

*Kalyuzhnaya Ksenia Vladimirovna*  
*1 year undergraduate*  
*kaluzhnayakv@gmail.com*  
*Chistyakov Aleksander Vladimirovich*  
*docent, Candidate Sci. Tech.*  
*Saint-Petersburg State Marine Technical University,*  
*Saint-Petersburg*  
*e-mail: glucker2000@mail.ru*

**Analysis of the technical condition of Russian trawlers.**  
**Problems of existing units and possible solutions**

***Abstract.** the article analyzes the composition of trawlers officially registered in the Russian Maritime Register. The term of their operation and the main problems are analyzed.*

***Key words:** trawler, international environmental standards, GFHU, ship life.*

Рыбодобывающая отрасль является одной из наиболее значимых на мировом рынке. Доля экспорта на продукты животного происхождения составляет 11% от общего [1]. Среди основных стран экспортеров (именно рыбы) данного вида продукта Россия занимает лидирующие позиции [1].

В Российском Морском Регистре судоходства 2019 г. зарегистрировано 877 рыболовных судов, 25 из которых – траулеры различного тоннажа [2].

Траулер считается наиболее эффективным рыбопромысловым видом судна в основном из-за универсального способа лова тралением и возможности принятия большого объема рыбы за один вылов. Так же при различной конфигурации такой тип судна может включать в себя следующие элементы, позволяющие сделать его наиболее эффективным: наличие рефрижераторов, обрабатывающей техники, техники для консервации и создания рыбной муки. Т.е. обычное рыболовное судно становится рефрижераторным плавучим заводом. При этом нет необходимости в дополнительных судах, осуществляющих выгрузку продукции, заводов по ее переработке (плавучих или стационарных) и рефрижераторах. Но при таком составе дополнительного оборудования размеры судна ощутимо увеличатся и увеличится потребление энергии, т.е. потребление топлива, что является для судовладельцев нежелательным с точки зрения экономичности фактом. Но тем не менее, в развитых странах мира, таких как Норвегия, Дания, Китай, Корея и др. – выпускаются крупнотоннажные траулеры (супер траулеры) и они имеют ряд своих преимуществ. Однако, в России количество и техническое совершенство действующих единиц далеко от идеала.

При оценке процентного соотношения количества судов, приобретенных у разных стран, среди которых Россия занимает первое место со значением в 32 процента. Остальные 68 процентов – перекупленные иностранные суда. Срок эксплуатации на момент приобретения таких единиц лежит в диапазоне от 7 до 35 лет. Т.е. данный параметр у некоторых из них превышен уже во время покупки. Это говорит о том, что судовладельцам гораздо выгоднее купить уже эксплуатируемое (порой списанное) зарубежное судно, чем производить затраты на абсолютно новое и, с технической точки зрения, совершенное в России. Именно поэтому период с 2004г. до 2019 г. отечественные траулеры не занимали место в рядах рыболовного флота РФ. Технический прогресс позволил некоторым странам создать

пропасть между собой и странами-конкурентами на рынке судостроения и судового оборудования. Однако, Федеральное агентство по рыболовству Министерство сельского хозяйства Российской Федерации разработали план по улучшению положения рыбодобывающей промышленности. В данной стратегии, под углом зрения влияния на флот, интереснейшими целями являются: инвестиции в развитие рыбной отрасли, доля высококвалифицированных кадров в общем количестве работающих в отрасли, соответствие международным экологическим стандартам, обновление мощности рыбопромыслового флота [3].

Многим из действующих траулеров необходимо обновление. Средний срок эксплуатации составляет 27 лет; нижний порог - 13 лет, а верхний – 46 лет. Оценка срока эксплуатации дала следующие результаты: 80% судов находятся в режиме работы больше 20 лет, что выше нормативного срока. Это нецелесообразно по ряду возможных причин: низкие показатели надежности систем, высок риск возникновения аварийных ситуаций; неремонтопригодность оборудования, так как его производителей может не быть на рынке, соответственно и возможно отсутствие запасных частей и персонала; наличие на рынке более современного высокотехнологичного оборудования для данного вида промысла, что делает судно неконкурентоспособным и т.д.

Что касается энергетической установки, а именно главного двигателя (ГД), то в некоторых зарубежных траулерах он все же был обновлен после приобретения. На некоторых судах ГД не подлежит замене, так как это невозможно с точки зрения реализации процесса замены, на остальных же замена не производится, так как помимо замены ГД, замена потребует и еще ряду элементов в пропульсивном комплексе.

Это приводит к таким вопросам как: соответствие международным экологическим стандартам. Многие крупные компании уже подвергли свою продукцию модернизации по улучшению показателей экологичности, что соответствует требованиям IMO TIER 3. Данные требования распространяются на выбросы веществ: CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O [5]. Следовательно, двигатели со сроком эксплуатации 30-40 лет не могут обеспечить выполнение требуемых условий, только если не использовать более экологичные аналоги топлива, что иногда невозможно.

Стоит отметить, что основная доля добычи для экспорта и внутреннего обеспечения, как правило, приходится на крупнотоннажные и среднетоннажные единицы. Малые и маломерные суда служат для внутреннего обеспечения определенной небольшой области, поэтому они являются, скорее, добавочной мерой, но равно необходимой.

Полученным результатом в ходе исследования являются следующие значения количества траулеров разного тоннажа: маломерные – 12 %, малые – 12%, средние – 60%, большие – 16%, супер – 0%. Таким образом, можно увидеть, что преимущество осталось за среднетоннажными судами. На них так же, как и на крупнотоннажных, могут размещаться холодильные установки. В малых и маломерных судах порой нет возможности и смысла устанавливать рефрижераторы, которые занимают много места и расходуют топливо. В качестве хладагента в 19 единицах из 25 траулеров используется R-22 (гидрохлорфторуглероды – ГХФУ), в двух – R-717(аммиак). Но с 01 января 2020 г. производство ГХФУ прекращается [6]. Это означает, что необходимо произвести переход с данного вида хладагента на аналоги с потенциалом разрушения озонового слоя равным нулю.

#### Список литературы:

1. Аналитический отчет Тенденции общего и несырьевого экспорта России в 2018 г. // Москва, 2019.
2. «Регистровая книга судов» // Российский морской регистр судоходства. 2019.
3. «Стратегия развития рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года» // Федеральное агентство по рыболовству Министерство сельского хозяйства Российской Федерации. 2017.
4. IMO Marine Engine Regulations // <https://www.dieselnets.com/standards/inter/imo.php>, 2018г. (дата обращения 13.10.2019).
5. Цветков О.Б., Бараненко А.В. «Озонабезопасные хладагенты» // Научный журнал НИУ ИТМО, том № 3, 2014.



*Карпова Ксения Сергеевна*  
студент  
Санкт-Петербургский государственный университет  
гражданской авиации  
e-mail: [karpova110899@gmail.com](mailto:karpova110899@gmail.com)  
*Рубцов Евгений Андреевич*  
кандидат технических наук,  
доцент кафедры «Радиоэлектронные системы»  
Санкт-Петербургский государственный университет  
гражданской авиации  
e-mail: [Rubtsov.spb.guga@rambler.ru](mailto:Rubtsov.spb.guga@rambler.ru)

### **Вопросы защиты данных при использовании АЗН-В в арктической зоне Российской Федерации**

**Аннотация.** Произведен анализ особенностей применения АЗН-В в арктической зоне Российской Федерации. Описаны уязвимости линии передачи данных. Предложены пути обеспечения защиты данных АЗН-В путем применения квантовой криптографии для обеспечения безопасности полетов.

**Ключевые слова:** безопасность полетов, АЗН-В, линия передачи данных, защита данных, квантовая криптография арктическая зона Российской Федерации.

### **Data protection issues when using ADS-B in the arctic zone of Russian Federation**

*Karpova Ksenia Sergeevna*  
Student  
Saint-Petersburg state University of civil aviation  
e-mail: [karpova110899@gmail.com](mailto:karpova110899@gmail.com)  
*Rubtsov Evgeny Andreevich*  
PhD in Engineering, Associate Professor,  
Department "Radio-Electronic systems"  
Saint-Petersburg state University of civil aviation  
e-mail: [Rubtsov.spb.guga@rambler.ru](mailto:Rubtsov.spb.guga@rambler.ru)

**Abstract.** *The article analysis the features of use of ADS-B in the Arctic zone of the Russian Federation. Data link vulnerabilities are described. Ways are proposed to ensure ADS-B data protection by using quantum cryptography to ensure flight safety.*

**Key words:** *flight safety, ADS-B, data link, protecting data, quantum cryptography, arctic zone of Russian Federation.*

Для обеспечения наблюдения за воздушными судами в гражданской авиации применяют автоматические радиопеленгаторы, радиолокаторы, станции автоматического зависимого наблюдения вещательного типа (АЗН-В) и многопозиционные системы наблюдения. В настоящее время основным средством наблюдения продолжают оставаться радиолокаторы, однако применение их в арктической зоне Российской Федерации (АЗРФ) затруднено в связи с трудностями по выбору позиции размещения и необходимостью проведения регулярного технического обслуживания. Кроме того, радиолокаторы имеют высокую стоимость, что не позволяет развернуть радиолокационную сеть вдоль северного побережья страны.

Сравнительно недорогим и перспективным средством наблюдения являются станции АЗН-В. Основной их недостаток, заключается в уязвимости линии передачи данных 1090ES [1]. Согласно принятому стандарту при передаче данных применяют помехоустойчивое кодирование (код Рида Соломона), что позволяет на приемной стороне обнаружить ошибки, а также исправить ошибки в том случае, если их число не превышает 3. Основная проблема заключается в том, что данный вид кодирования защищает лишь от помех, но не от отправки ложного сообщения и прослушивания [2].

В контексте безопасности при передаче данных необходимо рассматривать так называемую spoofing attack (англ. *spoofing* – подмена) – ситуацию, в злоумышленник может «прослушать» передаваемую информацию или передать ложное сообщение. Для ГА это вмешательство может привести к инциденту или авиакатастрофе [3].

В системе АЗН-В применяется открытая передача, это позволяет отслеживать данные всех самолетов в режиме реального времени. Также отсутствуют механизмы криптоподписи. Самое главное в этой уязвимости – возможность посылать в эфир фальшивые данные или же подменивать информацию в настоящих пакетах, а также то, что сторона, принимающая данные пакеты, не имеет возможности быть уверенной в подлинности пакета. В системе АЗН-В отсутствует

криптование на пакетном уровне. Это было сделано, поскольку возможности АЗН-В недостаточны для ресурсоемких криптоопераций, а также существуют издержки на уровне менеджмента криптоключей. В случае если система будет применять один ключ по системе «shared secret», то его будет довольно просто определить, так как длина пакета небольшая и основную массу данных в пакете можно предсказать [4].

Для решения данной проблемы в системе АЗН-В, в особенности для применения в АЗРФ, предлагается применять квантовую криптографию. На данный момент ее разработкой и реализацией занимается Российский Квантовый Центр (РКЦ), его дочерняя компания QRate, а также группы сотрудников МГУ совместно с ОАО «ИнфоТекС», и петербургского ИТМО (компания «Кванттелеком»). МГУ и «Инфотекс» представили предсерийный образец системы голосовой связи, где шифрование данных обеспечивается за счет квантового распределения ключей. QRate разработала установку для квантовой криптографии, которую можно интегрировать в существующую стандартную телекоммуникационную инфраструктуру и адаптировать для работы с криптографическими протоколами [4, 5].

Развитие данной технологии поможет защитить систему АЗН-В от незаконного вмешательства. Это позволит устранить или значительно уменьшить уязвимость линий передачи данных и применять станции АЗН-В как основное средство наблюдения в АЗРФ.

#### Список литературы:

1. Радиотехническое обеспечение полетов воздушных судов и авиационная электросвязь [Текст]: учебное пособие / С.А. Кудряков [и др.]. - Санкт-Петербург, 2019. - Том 2. - 167 с. ISBN 978-5-6041020-5-3.
2. Радиотехническое обеспечение полетов воздушных судов и авиационная электросвязь [Текст]: учебное пособие / С.А. Кудряков [и др.]. - Санкт-Петербург, 2019. - Том 3. - 152 с. ISBN 978-5-6043133-4-3.
3. Спуфинг в воздухе [Электронный ресурс] / Дистанционная система поддержки квалификации – Режим доступа: [http://dspk.cs.gkovd.ru/library/data/spufling\\_v\\_vozduhe.pdf](http://dspk.cs.gkovd.ru/library/data/spufling_v_vozduhe.pdf)
4. Справочная: квантовая криптография на пальцах [Электронный ресурс] / habr – Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/460165/>.
5. Действительно ли надёжна квантовая криптография? [Электронный ресурс] / habr – Режим доступа: <https://habr.com/ru/company/toshibarus/blog/444502/>.

*Каишфуллин Артур Андреевич  
магистр,  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
морской технический университет»,  
г. Санкт-Петербург  
e-mail: Lobanuks@yandex.ru*

### **Электронная картографическая навигационная информационная система SAVENAV-3**

***Аннотация.** В статье описаны особенности и принцип работы  
электронной картографической навигационной системы SAVENAV-3.*

***Ключевые слова:** электронная, картографическая, навигационная  
информационная система.*

*Kashfullin Arthur Andreevich  
master;  
Saint-Petersburg State Marine Technical University,  
Saint-Petersburg  
e-mail: Lobanuks@yandex.ru*

### **Electronic cartographic navigation and information system SAVENAV-3**

***Abstract.** The article describes the features and principle of operation of  
the electronic cartographic navigation system SAVENAV-3.*

***Key words:** electronic, cartographic, navigation information system*

Электронная картографическая навигационная информационная  
система SAVENAV-3

Электронные картографические навигационные информационные  
системы (ЭКНИС) являются исключительно эффективным средством  
навигации, существенно сокращающим нагрузку на вахтенного  
помощника и позволяющим уделять максимум времени наблюдению за  
окружающей обстановкой и выработке обоснованных решений по  
управлению судном. Именно высокая автоматизация работы штурмана  
и, как следствие, повышение безопасности судовождения, является

основным мотивом закупки картографических систем судоходными компаниями.

Электронные картографические системы являются уникальным средством навигации в отношении автоматической подачи сигнала тревоги при обнаружении опасных объектов, обозначенных на карте. Учитывая, что навигационные причины аварийности флота составляют около 50% всех аварий (для разных районов этот показатель сильно различается), статистическая окупаемость картографических систем ни у кого не вызывает сомнения. В ряде случаев, когда судоходной компании приходится конкурировать за фрахты на престижных и высокооплачиваемых линиях, установка картографических систем, в числе других мер по повышению надежности морских перевозок, способствует повышению конкурентоспособности судна для получения выгодных фрахтов. Основная цель инвестиций судоходных компаний в электронные картографические системы - снижение интегральных рисков благодаря снижению нагрузки на вахтенного помощника и наиболее эффективному представлению навигационной информации.

Система SAFENAV-3, разработанная на основе векторных карт фирмы C-MAP, является бортовой системой.

Основные возможности и свойства ЭКНИС:

- Проведение предварительной прокладки;
- Проверка маршрута на безопасность;
- Ведение исполнительной прокладки;
- Автоматическое управление судном;
- Отображение «опасной изобаты» и «опасной глубины»;
- Запись информации в электронный журнал с возможностью дальнейшего проигрывания;
- Ручная и автоматическая (через Internet) корректура;
- Подача сигнала тревоги при приближении к заданной изобате или глубине;
- Дневная, ночная, утренняя и сумеречная палитры;
- Электронная линейка и неподвижные метки;
- Базовая, стандартная и полная нагрузка дисплея;
- Обширная и дополняемая база морских объектов;
- База приливов более чем в 3000 точек Мирового Океана

Пример работы системы представлен на рисунке 1.

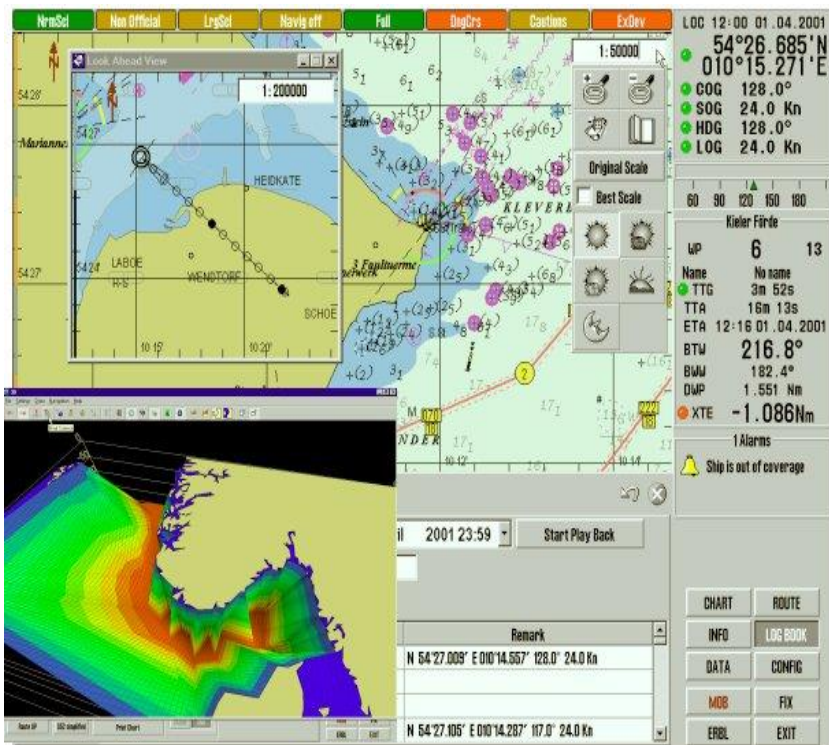


Рисунок 1 – Пример графического интерфейса системы

На борту система устанавливается как в специальной стойке, так и в компьютере морского исполнения. Система обрабатывает информацию, поступающую от САРП, а также от:

- GPS в форматах RMC, GLL и VTG;
- систем Loran C;
- магнитного и гирокомпасов;

В моменты совершения манёвра необходимые данные из системы поступают на авторулевую. Помимо карт фирмы С-MAP система использует электронные навигационные карты, поставляемые государственными гидрографическими службами в формате S-57/3.

ЭКНИС SAFENAV-3 обеспечивает:

- прямое чтение с компакт-диска и отображение электронных карт CM-93/3 без предварительного конвертирования во внутренний формат;

- автоматическую подзагрузку карт соответствующего масштаба при его изменении;
- многооконный режим отображения с возможностью назначения ориентации и масштаба карты для каждого окна в режимах предварительной и исполнительной прокладок;
- ориентацию карты как по северу, так и по курсу в реальном масштабе времени;
- выполнение предварительной прокладки в режиме планирования в отдельном окне без потери визуального контроля за общей картиной маршрута судна;
- оперативное изменение нагрузки, быстрый просмотр карты, её легенды, вызов в любой момент информации о приливах, предупреждения об опасностях, находящихся вне зоны, покрываемой дисплеем.
- отображение параметров электронных карт в системе координат WGS-84, что делает возможным автоматическую смену карт при ведении предварительной и исполнительной прокладок. В необходимых случаях приводятся поправки по широте и долготе.

#### Список литературы:

1. IEC 62320-1:2009 Оборудование и системы морской навигации и радиосвязи. Автоматические системы идентификации (AIS).
2. Резолюция ИМО MSC.74(69) Приложение 3 «Рекомендации по эксплуатационным требованиям к универсальной судовой АИС».
3. Резолюция ИМО MSC.74(69) «Эксплуатационные требования к комбинированному судовому приёмному оборудованию системы ГЛОНАСС/GPS».
4. Рекомендации МСЭ-Р М.1371-1 «Технические характеристики универсальной судовой автоматической идентификационной системы (АИС), использующей множественный доступ с временным разделением в УКВ полосе частот морской подвижной службы».

*Кирюшкина Александра Евгеньевна  
начальник отдела ТУ САПР*

*АО «СНСЗ»,*

*e-mail: kiryushkina.ae@gmail.com*

*Котова Ирина Сергеевна*

*Ковалевская Юлия Валерьевна*

*студент*

*ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
морской технический университет»,*

*г. Санкт-Петербург*

*АО «СНСЗ», инженер-конструктор*

*e-mail: irinka\_kotova29@mail.ru*

*Ковалевская Юлия Валерьевна*

*СПбГМТУ, студент*

*АО «СНСЗ», инженер-конструктор*

*e-mail: julia081997@mail.ru*

**Интегрирование специальных покрытий в структуру  
композиционного материала как способ повышения  
технологичности сборки изделия и увеличения  
надежности эксплуатации**

**Аннотация.** В представленной работе рассматривается методика внедрения композиционного материала в производство, его виды и свойства. Задачи работы: рассмотрение видов композитных материалов, определение физико-технологических характеристик конструкционного материала.

**Ключевые слова:** композит, лакокрасочное покрытие, наформовка, стеклопластик, радиопоглощающее покрытие, матрица, композиционный материал, радиопоглощающие материалы, наноструктурированные пленки, стеклоткань.

*Kiryushkina Alexandra Evgenievna*

*АО «SNSZ», Head of the Department of Technology Management CAD*

*e-mail: kiryushkina.ae@gmail.com*

*Kotova Irina Sergeevna*

*Student*

*Saint-Petersburg State Marine Technical University,*

*Saint-Petersburg*

*АО «SNSZ», design engineer*



e-mail: [irinka\\_kotova29@mail.ru](mailto:irinka_kotova29@mail.ru)  
Kovalevskaya Yulia Valeryevna  
SPbGMTU/SMTU, student  
AO "SNSZ", design engineer  
e-mail: [julia081997@mail.ru](mailto:julia081997@mail.ru)

## **Integration of special coatings in the structure of composite materials as a way to increase the technological assembly of the product and increase the reliability of operation**

**Abstract.** *The article represents consider the methodology for introducing composite material into production, its types and properties. Article's objectives: consideration of types of composite materials, determination of physical and technological characteristics and structural material.*

**Key words:** *composite, paint and varnish coating, forming, fiberglass, radar absorbing coating, matrix, composite material, nanostructured material.*

Говоря о современных, новых материалах, в первую очередь стоит всегда об их назначении и применении. Для судостроения основным всегда является судно, корабль, объект морской техники. И какой бы инновационной не была технология или материал мы обязаны помнить о разумности и уместности её применения для судна. Главная задача морского инженера, проектанта, завода строителя – построить и сдать в срок заказанный корабль, с теми характеристиками, которые требуются судовладельцу для выполнения его задач: боевых, либо коммерческих на весь срок эксплуатации: 20, 30, 50 лет.

Поэтому всё, что инженер предполагает к применению на судно должно отвечать требованиям надёжности в эксплуатации и, к сожалению, для завода строителя, несущего гарантийные обязательства по обслуживанию и ремонту сданного объекта, не всегда надёжность узлов и элементов зависит от квалификации рабочих судосборщиков и монтажников.

Наиболее ярким примером сказанному может служить лакокрасочное покрытие (далее – ЛКП), наносимое на корпус, надстройку и палубы корабля. Не секрет, что по различным причинам команда своими силами производит подкрашивание элементов

судовых конструкций зачастую по несколько раз за рейс. Если же повреждено специальное ЛКП, т.е. обладающее не только декоративными свойствами, но и, в частности, экранирующими (радиоотражающими или радиопоглощающими), то нарушение его целостности влечёт за собой не только частичную потерю судном заданных свойств, но и, как в нашем примере, прямой ущерб здоровью и жизни экипажа. Специальные ЛКП наносятся на конструкции только в особых микроклиматических условиях со строгим соблюдением технологических режимов.

Придание корабельным конструкциям экранирующих свойств служит не только для скрытности, как элемент стелс-технологии для военных кораблей, но и как средство противодействия электромагнитному терроризму и для защиты от электромагнитных помех, создаваемых собственными РЛС и станциями связи на гражданских судах.

В 2017 году впервые АО «СНСЗ» и ПАО «СЗ «Северная верфь», по проекту АО «ЦМКБ «Алмаз» и совместно с разработчиком покрытия АО «НИИ «Феррит-Домен» провели работу по установке широкодиапазонных корабельных радиопоглощающих покрытий (РПП-К) на основе наноструктурированных плёнок на надстройку из трехслойного полимерного композиционного материала (ТС ПКМ) с последующей установкой (наформовкой) укрывного слоя из стеклопластика, призванного защитить РПП-К от возможных повреждений во время эксплуатации. Применять РПП-К без укрывного слоя нецелесообразно, поскольку помимо повреждения открытой рабочей поверхности покрытия появляется так же и дополнительное протяжённое по длине клеевое соединение между конструкцией и покрытием, которое со временем может разрушиться под воздействием окружающей среды.

При этом, существенно выиграв в надёжности и стабильности характеристик, как видно из сравнения блок-схем рис. 1 и рис. 2, мы потеряли во времени, значительно удлинив технологический процесс и неизбежно сделали его более материалоёмким и трудоёмким.



Рисунок 1 – Блок-схема технологического процесса нанесения ЛКП на конструкцию из ТС ПКМ



Рисунок 2 – Блок-схема технологического процесса монтажа РПП-К на конструкцию из ТС ПКМ

На основании полученного опыта в 2018 г мы подошли к решению задачи с иной стороны, а именно, оттолкнулись от определения основного конструкционного материала изделия, которому необходимо придать нужные свойства:

**Композитный материал (КМ), композит** – многокомпонентные материалы, состоящие, как правило, из пластичной основы (матрицы), армированной наполнителями, обладающими высокой прочностью, жёсткостью и т. д. Сочетание разнородных веществ приводит к созданию нового материала, свойства которого количественно и качественно отличаются от свойств каждого из его составляющих. Варьируя состав матрицы и наполнителя, их соотношение, ориентацию наполнителя, получают широкий спектр материалов с требуемым набором свойств. Многие композиты превосходят традиционные материалы и сплавы по своим механическим свойствам и в то же время

они легче. Использование композитов обычно позволяет уменьшить массу конструкции при сохранении или улучшении её механических характеристик. [1]

Исходя из того, что ТС ПКМ состоит из несущих слоев из винилэфирного, либо полиэфирного стеклопластика и среднего слоя из стеклопластиковых гофрированных панелей был сделан вывод об интегрировании свойств РПП-К в структуру композиционного материала.

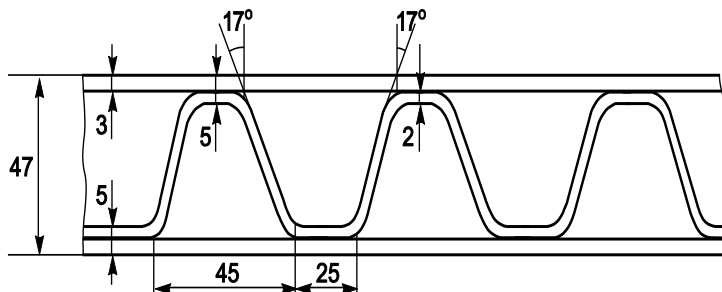


Рисунок 3 – ТСПКМ в разрезе. Размеры указаны в мм



Рисунок 4 – Нанесение РПМ

Наноструктурированные радиопоглощающие пленки получили методом ионно-плазменного магнетронного напыления в вакуумной камере при варьировании времени напыления и мощности, подаваемой на катоды. Подложками для плёнок послужили стеклоткани тех же марок из которых формируются несущие слои ТС ПКМ.

Для интегрирования тонкопленочных радиопоглощающих материалов (РПМ) часть чистых слоев стеклоткани в несущем слое ТСПКМ была замещена на слои стеклоткани с нанесёнными тонкими плёнками. Проведены необходимые прочностные испытания.

То есть, мы получили основной конструкционный материал, обладающий, помимо необходимых для строительства судна физико-механических характеристик, радиопоглощающими свойствами, монтаж которого не требует дополнительного технологического этапа или операции. С точки зрения завода строителя это та же стеклоткань, получаемая с поставки, не требующая особого обращения при укладке и пропитке в соответствии со схемой армирования в рабочей конструкторской документации.

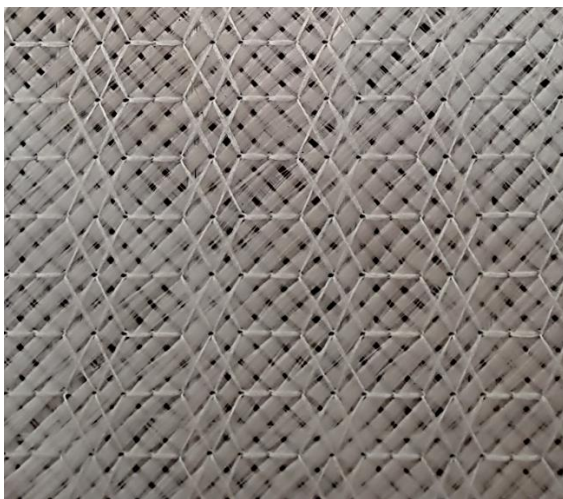


Рисунок 5 – Конструкционная биаксиальная стеклоткань

Повредить с потерей свойств при эксплуатации палубу, переборку или стенку надстройки из такого материала достаточно затруднительно.

Список литературы:

1. Перепелкин К.Е. Армирующие волокна и волокнистые полимерные композиты / СПб.: Научные основы и технологии, 2009.– 380 с.
2. Кербер М.Л., под ред. академика Берлина А.А. Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технология (4-е издание) / СПб, Профессия, 2008, с.24-30, с.222-239.

3. Машков Ю.К. Полимерные материалы: Учеб. пособие. Омск: Изд-во ОмПИ, 1993. - 103 с.
4. Промышленные полимерные композиционные материалы. Пер. с англ. / Под ред. П.Г. Бабаевского. – М.: Химия, 1980. - 472 с.
5. Евстифеев Е.Н. Полимерные нанокоспозиционные материалы / Саратов: Ай Пи Эр Медиа, 2018. – 218 с.
6. Высоцкая М.А. Наномодифицированные композиты для строительной отрасли / Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2016. – 165 с.
7. Поциус А. Клеи, Адгезия, Технология склеивания / Пер. с англ. под ред. Комарова Г. В. – СПб.: Профессия, 2007. – 376 стр.
8. Горение, деструкция и стабилизация полимеров / ред.: Заиков Г.Е. – СПб.: Научные основы и технологии, 2008 . – 422 с.
9. Васильев В. В., Механика конструкций из композиционных материалов. – М.: Машиностроение, 1988. – 272 с
10. Армирующие химические волокна для композиционных материалов / Под ред. Г.И. Кудрявцева. М.: Химия, 1992. - 236 с.
11. Fraser W.A., Ancker F.H. A computer modeled single filament technique for measuring coupling and sizing agent effects in fiber reinforced composites. // Proc. Conf. on reinforced plastics, SPI, 1975. Sect. 22A. - p. 1 -4.
12. Miller B., MuriP., Rebenfeld L. Microbond method for determination of the shear strength of a fiber-resin interface. // Composites Sci. Tech., 1987. -Vol.28, №1. P. 17-32.
13. Narkis M., Chen E.J.H., Pipes R.B. Review of metods for characterisation of interfacial fiber-matrix interaction. // Polimer composites. -1988.-Vol.9, №4.-P.254-261.
14. V. Shtrauss. Structure evaluation of materials by electrical methods // Механика композиционных материалов, 1996. Т.32, №1. - на англ. яз-р. 124-134.
15. Theocariss P.S., Spathis G., Kefales B. The adhesion coefficient fiber-reinforced polymers evaluated by dynamic measurements. // Colloid a. Polymer Sci., 1982, V.260, №9. p.837-841.

*Киселев Антон Юрьевич*  
*магистрант 2 курса*  
*ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный*  
*морской технический университет»,*  
*г. Санкт-Петербург*  
*e-mail: kiselev-auch@mail.ru,*  
*Погодин Юрий Михайлович*  
*к.т.н., доцент*  
*ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный*  
*морской технический университет»,*  
*г. Санкт-Петербург*  
*e-mail: yu\_pogodin@mail.ru*

**Математическая модель паровой турбины средней мощности  
для использования на стадии проектирования атомной  
энергетической установки**

***Аннотация.** Создана формальная математическая модель двух-  
проточной реактивной паровой турбины в упрощенной постановке с  
ограниченным числом варьируемых параметров.*

***Ключевые слова:** паротурбинная установка, однокорпусная  
турбина, двухпроточная реактивная турбина, метод математи-  
ческого планирования эксперимента, формальная математическая  
модель.*

*Kiselev Anton Yur'evich*  
*2 year undergraduate*  
*Saint-Petersburg State Marine Technical University,*  
*Saint-Petersburg*  
*e-mail: kiselev-auch@mail.ru*  
*Pogodin Yuriy Mihaylovich*  
*Associate Professor*  
*Saint-Petersburg State Marine Technical University,*  
*Saint-Petersburg*  
*e-mail: yu\_pogodin@mail.ru*

## **A mathematical model of steam turbine of average power for applying at the design phase of a nuclear power plant**

**Abstract.** *There has been created a formal mathematical model of a double-flow reactive steam turbine. The model is designed in a simplified formulation with a limited number of variable parameters.*

**Key words:** *Steam turbine, steam turbine installation, single-shell turbine, double-flow reactive turbine, method of mathematical planning of an experiment, formal mathematical model.*

Для правильного выбора внешних параметров элементов паротурбинных энергетических установок на стадии проектирования установки в целом, желательно иметь достаточно точные простые формальные модели этих элементов, необходимо использовать и модель турбины. Желательно, чтобы подобная модель без проектирования турбины позволяла достаточно достоверно предсказывать некоторые внешние параметры турбины по заданным внешним варьируемым параметрам.

Подобные модели разрабатывались ранее для турбин, работающих в составе морских паротурбинных установок на органическом топливе. Например, в [1] приведены графические зависимости эффективного и механического КПД ГТЗА от мощности, давления и температуры пара на входе. В настоящее время в морских установках чаще применяются атомные паропроизводящие устройства с водо-водяным реактором. Для вышеупомянутых установок характерны другие начальные и конечные параметры пара, поэтому появилась необходимость расширить область применения зависимостей из [1].

В настоящей работе задача построения формальной математической модели турбины решается в ограниченной постановке. На основе анализа выполненных ранее агрегатов для морских атомных энергетических установок зафиксирован ряд параметров турбоагрегата:

- конструктивный тип – однокорпусный реактивный двухпроточный паровой турбоагрегат с радиальной регулировочной ступенью для морской атомной энергетической установки.

- параметры пара на входе и выходе: температура 295°C; давление 3,0 МПа; давление в конденсаторе 0,005 МПа.

Частота вращения ротора 3000 об/мин.

Для обеспечения унификации с возможностью применения в качестве механического привода, турбина проектируется с жестким ротором с запасом до первой критической частоты вращения.



Варьируемые параметры и диапазоны их изменения: мощность 9 – 41 МВт; веерность (отношение D/L) последней ступени 2,7 – 4,3; угол выхода потока из последней ступени в относительном движении 22 – 38 град.; скоростная характеристика регулировочной ступени 0,326 – 0,454.

При проектировании каждого варианта агрегата выполняются следующие ограничения. Число однотипных ступеней проточной части с учетом обеспечения требуемого коэффициента запаса до первой критической частоты вращения (равного 1,23-1,25) или разумного прироста КПД проточной части (0,2%) при добавлении очередной ступени. Корневой диаметр ротора принимается постоянным. Фиксируется соотношение среднего диаметра последней ступени и диаметра за сопловым аппаратом радиальной регулировочной ступени из условия обеспечения благоприятной компоновки этих элементов проточной части. Фиксируется значение угла выхода потока из последней ступени в абсолютном движении на среднем радиусе.

В качестве определяемых (целевых) параметров формальной математической модели турбоагрегата приняты следующие величины: внутренний КПД проточной части группы однотипных ступеней; внутренний КПД всей проточной части с учетом регулировочной ступени; внутренний КПД турбоагрегата с учетом утечек в концевые уплотнения; напряжения в рабочих лопатках последней ступени; диаметр турбины.

Формальная математическая модель создана на основе модели концептуального проектирования парового турбоагрегата, созданного на кафедре Судовых турбин и турбинных установок СПбГМТУ (ЛКИ) в период с 1985 по 2015 годы [2]. Программный комплекс СПбГМТУ обеспечивает удовлетворительную точность определения основных параметров турбин и их элементов, достаточную для концептуального уровня проектирования.

Формальная математическая модель построена в виде обобщенного полинома второго порядка в функции четырех (для КПД) и трех параметров (для диаметра и напряжений в лопатках последней ступени), имеющего вид соответственно:

$$Y(X_1, X_2, X_3, X_4) = a_1 + a_2X_1 + a_3X_2 + a_4X_3 + a_5X_4 + a_6X_1X_2 + a_7X_1X_3 + a_8X_1X_4 + a_9X_2X_3 + a_{10}X_2X_4 + a_{11}X_3X_4 + a_{12}X_1^2 + a_{13}X_2^2 + a_{14}X_3^2 + a_{15}X_4^2$$

$$Y(X_1, X_2, X_3) = a_1 + a_2X_1 + a_3X_2 + a_4X_3 + a_5X_1X_2 + a_6X_1X_3 + a_7X_2X_3 + a_8X_1^2 + a_9X_2^2 + a_{10}X_3^2$$

где  $Y$  – целевая функция,  $X_{1...4}$  – вышеуказанные варьируемые параметры,  $a_{1...15}$  – коэффициенты обобщённого полинома.

Для построения модели использован метод математического планирования вычислительного эксперимента, позволяющий минимизировать количество экспериментов или расчётов по более сложной модели за счёт рационального размещения точек в многомерном пространстве варьируемых параметров [3].

Для проведения численного эксперимента используется полный центральный композиционный план, который обеспечивает надлежащее определение коэффициентов полинома.

В соответствии с планом выполнено проектирование 41 турбоагрегата с оптимизацией степени ряда параметров с использованием модели концептуального проектирования парового турбоагрегата СПбГМТУ. В ходе проектирования определяются параметры наиболее важных узлов турбоагрегата, последняя ступень, первая ступень, группа однотипных ступеней, формируется ротор с проверкой прочности, обеспечения нормальных условий работы подшипников, критической частоты вращения ротора, оценкой утечек в концевые уплотнения. Формируются геометрические параметры меридианного сечения проточной части и осуществляет проектировочный расчет всех ступеней по одномерной модели с оценкой общих характеристик проточной части.

По данным спроектированных агрегатов методом наименьших квадратов определены параметры формальной математической модели паровой турбины.

Оценена точность модели. Проверка точности описания аппроксимационной моделью выполнялась по точкам исходного плана по трем критериям: СКВО, статистика  $R^2$  и  $R^2_{пр}$ .

Для повышения точности описания зависимости КПД от мощности создана корректирующая функция, позволившая уточнить значения КПД, вычисляемые по формальной модели в области мощностей больше 25 МВт.

С учетом корректирующих функций точность полученной формальной модели соизмерима с точностью исходной модели. Формальная модель может использоваться на стадии проектирования паротурбинной установки в целом для оценки параметров турбоагрегатов.

Создана компьютерная программа в продукте Excel, реализующая формальную математическую модель двухпроточной реактивной паровой турбины в упрощённой постановке. В дальнейшем целесообразно продолжить работу по созданию модели, включив в нее больше число влияющих параметров.

Список литературы:

1. Зайцев Ю.И. Основы проектирования судовых паровых турбоагрегатов, 2-е изд., перераб. и доп. - Л.: Судостроение, 1974.
2. Погодин Ю.М. Пшеничная К.В. Математическое обеспечение эскизного проектирования судового парового турбоагрегата. Учебное пособие. Л.: Изд. ЛКИ, 1985, 101 с.
3. Шенк Х. Теория инженерного эксперимента. – М.: Мир, 1972.

*Коробицына Дарья Матвеевна*  
магистр,  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
морской технический университет»,  
г. Санкт-Петербург  
e-mail: korobitsina.dasha@yandex.ru  
*Кузнецова Александра Дмитриевна*  
зав.лабораторией  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
морской технический университет»,  
г. Санкт-Петербург  
e-mail: ch1fa@mail.ru  
*Пальникова Оксана Викторовна*  
ст. преподаватель  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
морской технический университет»,  
г. Санкт-Петербург  
e-mail: okss\_p@mail.ru

### **Акустическая долговечность жестких вибродемпфирующих конструкций**

**Аннотация.** В статье рассматриваются вопросы оценки акустической долговечности жестких вибродемпфирующих конструкций, которые широко используются на судах. Данная оценка, безусловно, важна для того, чтобы спрогнозировать снижение эффективности противοшумового комплекса с течением времени в нормируемых помещениях.

Авторами проведены измерения коэффициента механических потерь образцов пластин, выполненные с разницей в 5, 7 и 17 лет. При анализе измерений проверялась статистическая нулевая гипотеза о равенстве математических ожиданий для того, чтобы подтвердить или опровергнуть статистическое совпадение величин коэффициентов механических потерь, измеренных в разное время.

На примере разработанной модели судна с использованием энергостатистического метода расчета шума и вибрации получены оценки влияния вибродемпфирующих покрытий жесткого типа на шум в судовых помещениях.

**Ключевые слова:** коэффициент механических потерь, вибродемпфирующая мастика, пластины, акустическая долговечность.

Korobitsyna Daria Matveyevna  
master,  
Saint Petersburg State Marine Technical University,  
Saint-Petersburg  
e-mail: korobitsina.dasha@yandex.ru  
Kuznetsova Alexandra Dmitrievna  
head of the laboratory  
Saint Petersburg State Marine Technical University,  
Saint-Petersburg  
e-mail: ch1fa@mail.ru  
Palnikova Oksana Viktorovna  
senior lecturer  
Saint Petersburg State Marine Technical University,  
Saint-Petersburg  
e-mail: okss\_p@mail.ru

### **Acoustic durability of rigid vibration damping structures**

**Abstract.** *The article deals with the assessment of acoustic durability of rigid vibration damping structures, which are widely used on ships. This assessment is certainly important in order to predict the decrease in the effectiveness of the anti-noise complex over time in normalized premises.*

*The authors carried out measurements of the coefficient of mechanical losses of plate samples, performed with a difference of 5, 7 and 17 years. In the analysis of the measurements, the statistical null hypothesis of the equality of mathematical expectations was tested in order to confirm or deny the statistical coincidence of the values of the mechanical loss coefficients changed at different times.*

*On the example of the developed ship model with the use of the energy-statistical method of noise and vibration calculation, estimates of the effect of vibration-damping coatings of rigid type on noise in ship premises are obtained.*

**Key words:** *mechanical loss coefficient, vibration damping mastic, plates, acoustic durability.*

### **Введение**

Простое и эффективное мероприятие по снижению шума и вибрации на судах – применение вибропоглощающих покрытий (ВПП).

Среди известных типов покрытий наиболее распространены жесткие вибропоглощающие покрытия (ЖВПП), которые представляют собой слой специальной пластмассы. ЖВПП, изготовленные на

основе мастики изменяют свои характеристики с течением времени, что приводит к изменению диссипативных характеристиках судовых конструкций, которые эксплуатируются в течение нескольких десятков лет.

Испытания вибропоглощающих свойств мастики как правило, производятся на образцах в виде пластин, реверберационным методом на основе ударного воздействия [0]. Коэффициент механических потерь (КМП) энергии изгибных колебаний измеряется в частотном диапазоне 63Гц – 8000Гц.

### **Экспериментальные исследования КМП образцов, облицованных жестким ВПП**

В 2013 г. были произведены серии измерений КМП на образцах пластин, облицованных с одной стороны вибродемпфирующей мастикой МАВИП, предоставленных производителем. В 2018 г. серии измерений производились повторно. [0]. После проведения повторных измерений значения КМП измеренные в 2018 г. были сопоставлены с значениями КМП, измеренными в 2013 г. Результаты сопоставления представлены на рисунке 1. Как видно из сопоставления, снижение значений КМП за 5 лет наблюдается во всем рассматриваемом частотном диапазоне.

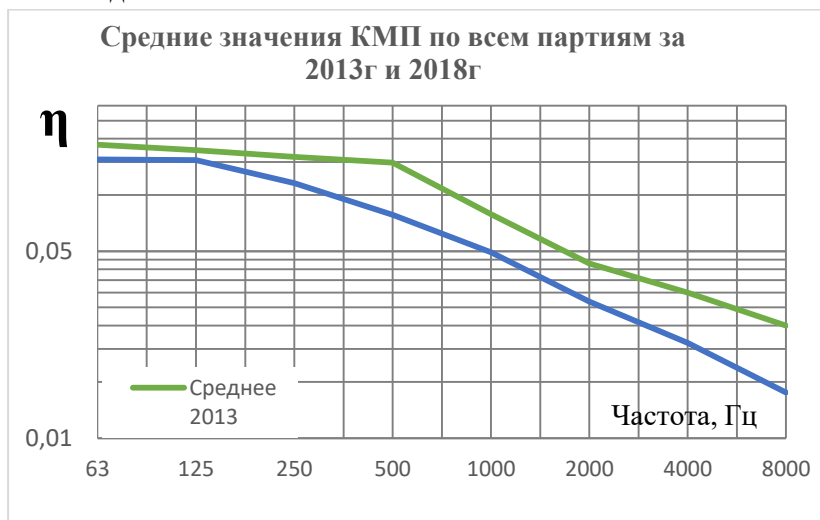


Рисунок 3 – Средние значения КМП за 2013г и 2018г

Для определения достоверности измерений выполнена оценка погрешности измерений. В Таблице 1 представлены результаты вычисления случайной погрешности измерений  $\delta\eta$ , а также среднее – квадратичного отклонения (СКО) результатов измерений.

Величина  $\delta\eta$  связана со случайной погрешностью метода измерений и определена на основании  $\frac{1}{2}$  временного шага записи (0,0025мс) и шага снятия уровня вибрации (1дБ) с реверберограммы. Величина СКО определяется случайной погрешностью измерений и естественным разбросом параметров КМП от образца к образцу и от одной точки измерения к другой.

Согласно таблице 1 погрешность измерений много меньше естественного разброса параметров КМП [0].

Таблица 1 – Оценка погрешности измерений

| Параметр     | Частота, Гц |        |        |        |        |        |        |        |
|--------------|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|              | 63          | 125    | 250    | 500    | 1000   | 2000   | 4000   | 8000   |
| $\delta\eta$ | 0,0052      | 0,0058 | 0,0069 | 0,0066 | 0,0081 | 0,0093 | 0,0091 | 0,0091 |
| СКО          | 0,0572      | 0,0588 | 0,0364 | 0,0139 | 0,0076 | 0,0164 | 0,0211 | 0,0241 |

В 2002 г. были произведены серии измерений КМП на образцах пластин, облицованных с одной стороны вибродемпфирующей мастикой АДЕМ. Мастика АДЕМ относится также к типу жестких покрытий, имеет аналогичный состав, что и мастика МАВИП. Отличие заключается лишь в производителе и торговой марке.

В 200 г. и в 2019 г. серии измерений были произведены повторно.

На рисунке 2 представлены средние значения коэффициента механических потерь для каждой из 6 партий, измеренных в 2019 г.

После проведения повторных измерений, средние значения КМП, измеренные в 2019 г., сопоставлены с КМП, измеренными в 2002 г. и в 2009 г., и представлены на рисунке 3.

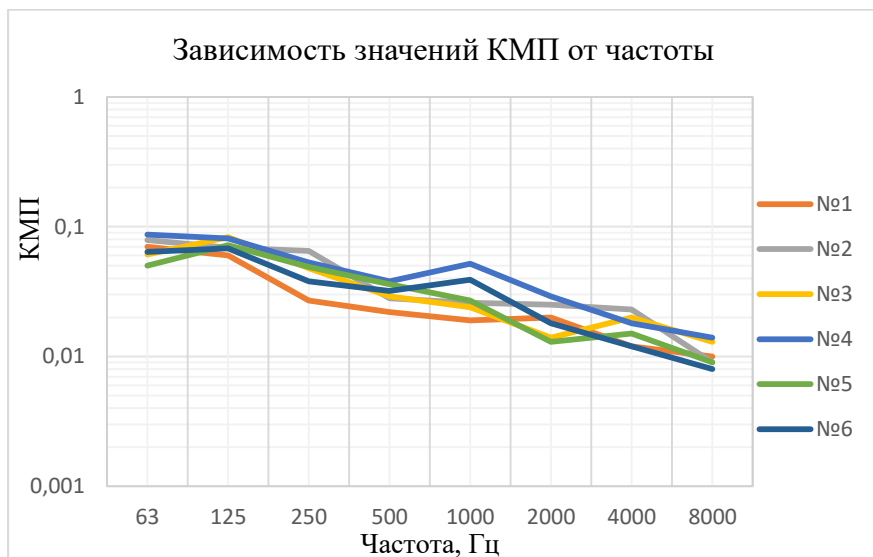


Рисунок 4 – Частотная зависимость значений КМП для 6 партий пластин

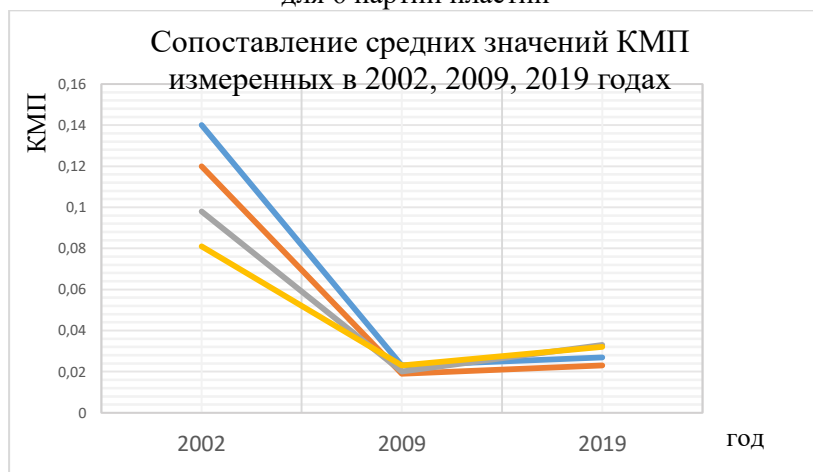


Рисунок 5 – Средние значения КМП по всем партиям за 2002, 2009, 2019 годы

Из полученных результатов видно, что значения КМП значительно уменьшается только за первые 7 лет, в последующие годы изменение значений КМП носят незначительный характер.



## Статистическая обработка результатов измерения

Для того чтобы подтвердить или опровергнуть статистическое совпадение величин КМП, измеренных в 2013 г. и в 2018 г., проверялась статистическая нулевая гипотеза о равенстве математических ожиданий [0].

По результатам проверки нулевой гипотезы о равенстве математических ожиданий выяснилось, что значения КМП, измеренные в 2018 г., статистически не совпадают со значениями КМП, измеренными в 2013 г.

При повторных измерениях использована та же аппаратура, которой проводились измерения в 2013г., и та же методика, основанная на относительных измерениях. При этом хранение образцов происходило в помещении без кардинальных изменений параметров микроклимата.

Для того чтобы ответить на вопрос статистического совпадения/несовпадения значений КМП, измеренных на протяжении ряда лет, была, проведена статистическая проверка гипотез.

Результаты проверки нулевой гипотезы о равенстве математических ожиданий приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты проверки гипотез

| Пар-р              | АДЕМ        |             | МОВИП       |
|--------------------|-------------|-------------|-------------|
|                    | 2002г/2009г | 2009г/2019г | 2013г/2018г |
| t                  | 3,27        | -0,63       | 4,49        |
| z (1- $\alpha$ /2) | 1,91        | 1,91        | 1,91        |

Из таблицы 2 видно, что полученные результаты для 2002/2009 годов не удовлетворяют заявленному условию  $|t| < z(1-\alpha/2)$ . Следовательно, выявленные отличия значимы.

При сопоставлении итогов статистической обработки 2013/2018 и 2002/2009 годов выяснилось, что в обоих случаях выявленные отличия значимы, т.е. значения КМП, измеренные в 2018 году, статистически не совпадают со значениями КМП, измеренными в 2013 году, и значения КМП, измеренные в 2002 году, статистически не совпадают со значениями КМП, измеренными в 2009 году. Главным образом это связано с значительным изменением свойств исследуемого покрытия за первые 5-7 лет эксплуатации (Рисунок 3).

Однако, результаты, полученные для 2002/2009 годов, удовлетворяют заявленному условию  $|t| < z(1-\alpha/2)$ , что говорит о

статистическом совпадении значений КМП, измеренных в 2009 и 2019 годах. Изменение свойств исследуемого покрытия после 5-7 лет эксплуатации носит незначительный характер (рисунок 3).

### **Оценка влияния демпфирующих свойств судовых конструкций на уровень шума в судовых помещениях**

Для количественной оценки влияния «старения» ЖВП на уровень шума в судовых помещениях, разработана расчетная виброакустическая модель судна для проведения подводно-технических и водолазных работ, на основании проектно-технической документации. Расчет выполнен на основе энергостатистического метода. На рисунке 4 представлен общий вид судна, на рисунке 7 приведена расчетная модель судна в виде связанных акустических объемов, перекрытий и переборок.

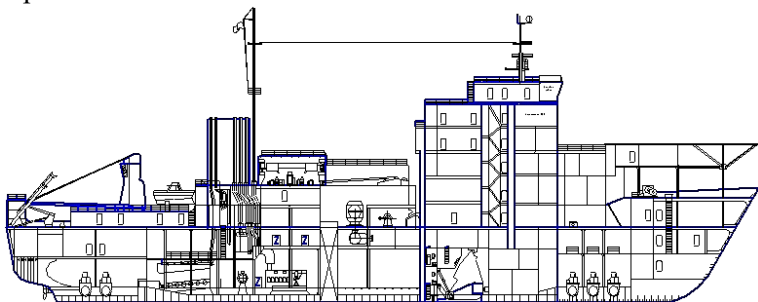


Рисунок 6 – Общий вид судна

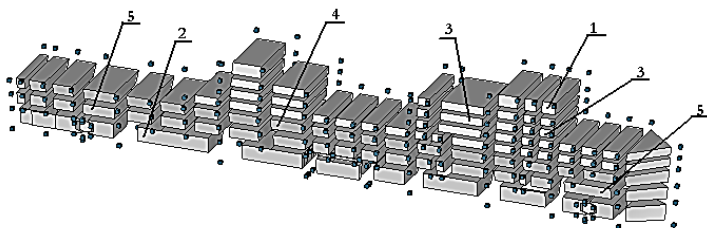


Рисунок 7 – Расчетная модель судна:

- 1 – ходовая рубка; 2 – машинное отделение; 3 – жилые помещения;  
4 – радиорубка; 5 – производственные помещения

Для снижения шума в судовых помещениях, палубы и переборки судна в машинном отделении и в производственных помещениях облицованы ВПП АДЕМ. В разработанную модель поочередно

вносились значения КМП для 2009 года и значения КМП для 2019 года, соответственно.

Для примера, результаты сравнения уровней шума, для производственного помещения № 2 представлены на рисунке 6.

Полученные результаты показывают, что, если пренебречь статистическим совпадением значений КМП в 2009 г. и в 2019 г., то различие в уровнях звукового давления в судовых помещениях лежит в пределах 1,5–2 дБ, что ниже точности прогнозных оценок шума на стадии проектирования.

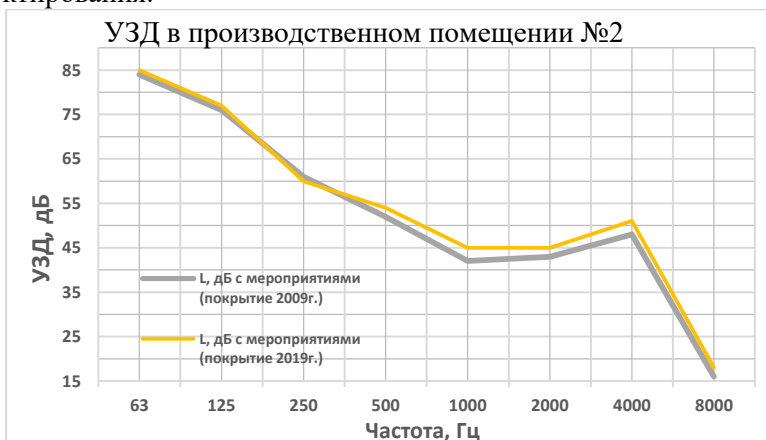


Рисунок 8 – Сравнение УЗД в производственном помещении №2 при различных значениях КМП, соответствующих данным за 2009 г. и 2019 г.

## Заключение

На основании испытаний 10 партий облицованных образцов в виде стальных пластин, с нанесённой вибродемпфирующей мастикой жесткого типа МАВИП, и 6 партий в виде стальных пластин, с нанесённой вибродемпфирующей мастикой жесткого типа АДЕМ, определен КМП. Измерения производились реверберационным методом путем ударного воздействия по необлицованной части пластины.

При сравнении результатов измерений 2002, 2009 и 2019 годов установлено, что значительное снижение КМП наблюдается за первые 5-7 лет, в дальнейшем, изменение КМП носит незначительный характер.

Для оценки статистического совпадения значений КМП проверена статистическая гипотеза о равенстве математических ожиданий. В ходе проверки установлено, что полученные значения для 2002/2009 годов статистически не совпадают, что доказывает уменьшение величины КМП со временем. А для 2009/2019 годов полученные значения статистически совпали. Это говорит о том, что изменение значений КМП через 5-7 лет незначительно.

На основе энергостатистического метода построена модель судна для определения количественной оценки снижения эффективности шумозащитных мероприятий при длительной эксплуатации. В предположении, что для снижения шума в судовых помещениях палуба судна в районе ходовой рубки, машинного отделения, жилых помещений, радиорубки и производственных помещений облицованы ВПП АДЕМ.

Разница в уровнях звукового давления в производственном помещении №2 составляет не более 2дБ на средних и высоких частотах.

Таким образом, можно сделать вывод о значимости изменений КМП для шума в судовых помещениях за первые 5-7 лет и последующей стабилизации вклада структурного шума во все нормируемые помещения судна.

#### Список литературы:

1. Наумов В.Н. Элементы имитационного моделирования систем: учеб. пособие. – СПб., 2016. – С. 305–306.
2. Кузнецова А.Д., Коробицына Д.М. Оценка влияния акустической долговечности вибродемпфирующих покрытий на шум в судовых помещениях// Труды Крыловского государственного научного центра. Специальный выпуск 2, СПб, 2019. – с. 104-109.

*Коротицкий Евгений Викторович*  
доцент кафедры МИСиТ,  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
морской технический университет»,  
г. Санкт-Петербург  
e-mail: [korotitsky@mail.ru](mailto:korotitsky@mail.ru).

*Кузьменко Александр Владимирович*  
асистент кафедры МИСиТ,  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
морской технический университет»,  
г. Санкт-Петербург  
e-mail: [kav0221@mail.ru](mailto:kav0221@mail.ru)

*Сутормин Василий Владимирович*  
инженер(аспирант) кафедры МИСиТ,  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
морской технический университет»,  
г. Санкт-Петербург  
e-mail: [sutormin\\_vasya@mail.ru](mailto:sutormin_vasya@mail.ru)

### **Лазерный гироскопас ЛГК-1Р**

**Аннотация.** В данной статье представлен один из вариантов использования лазерных гироскопов (ЛГ) в качестве курсоуказателя. Рассматриваются основные виды погрешностей лазерного гироскопа и их влияние на точностные характеристики статического лазерного гироскопа.

**Ключевые слова:** гироскопас, лазерный гироскоп, дрейф, частотная подставка

*Korotitsky Evgeny Viktorovich*  
Head of the Department of MIS&T  
Saint Petersburg State Marine Technical University,  
Saint-Petersburg  
e-mail: [korotitsky@mail.ru](mailto:korotitsky@mail.ru)

*Kuzmenko Alexander Vladimirovich*  
Head of the Department of MIS&T  
Saint Petersburg State Marine Technical University,  
Saint-Petersburg  
e-mail: [kav0221@mail.ru](mailto:kav0221@mail.ru).

## Laser gyrocompass

**Abstract.** This article presents one of the options for using laser gyroscopes as a direction indicator. The main types of a laser gyroscope errors and their influence on the accuracy characteristics of a static laser gyrocompass are considered.

**Key words:** gyrocompass, laser gyroscope, drift, frequency stand.

Статический гироскопас на основе лазерного гироскопа (ЛГ), является прибором аналитического типа, т.е. по показаниям ЛГ и акселерометра (АК) рассчитывается величина азимута, как правило, вектора оси чувствительности (ОЧ) ЛГ[1].

Общепринятая конструкция ЛГК показана на рисунке 1. Несущей частью ГК, является основание (п.1), которое позволяет однозначным образом устанавливать ГК на объекте. На основании установлена платформа (п.2), которая может поворачиваться вокруг оси перпендикулярной основанию и останавливаться в ряде фиксированных положений. На платформе жестко крепится ЛГ и датчик угла наклона платформы, роль которого выполняет АК, ОЧ ЛГ и АК перпендикулярны оси вращения платформы.

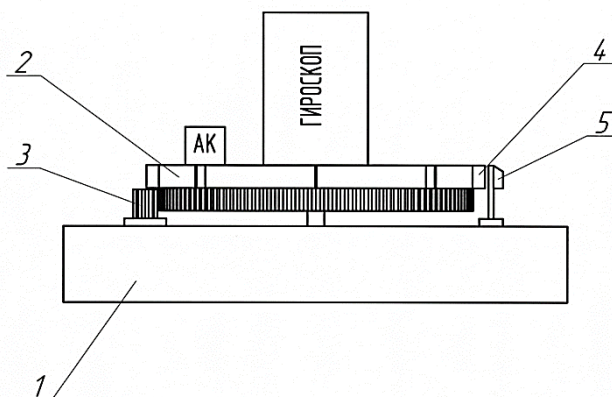


Рисунок 1 – Схема измерительной системы

Процесс определения азимута состоит из нескольких измерений в ряде фиксированных статических положений платформы относительно основания.

Количество положений фиксации выбирается кратным 4-м и равно 16.

По показаниям ЛГ и АК, строится временная последовательность проведения всего измерения, заключающаяся в выборе рабочих положений фиксации и времени измерения в каждом из них. Последовательность зависит от ряда начальных условий и определяется необходимостью введения широты места и предварительным горизонтированием ЛГК. Режим измерения определяется на основе теории ЛГК[2, 3, 4]. Если известно, в какой полуплоскости восточной или западной производятся измерения и известна широта места, то задачу определения его азимута можно решить с помощью ЛГК, состоящего из одноосного лазерного гироскопа (ЛГ), АК и часов. При этом оси чувствительности (ОЧ) ЛГ и АК должны совпадать и быть направлены вдоль вектора наблюдения. Азимут при одном измерении не определяется однозначно и может принимать два значения в зависимости от направления наблюдения:

$$\theta_{1,2} = 2 \cdot \pi \cdot (N - 1) - (-1)^N \cdot \text{Arc} \cos \left( \frac{x - y \cdot \sin \phi}{z \cdot \cos \phi} \right), \quad (1),$$

где  $x = \frac{\Omega}{\Omega_E}$ ,  $y = \frac{a}{g}$ ,  $z = \sqrt{1 - \frac{a^2}{g^2}}$ ,  $\frac{\Omega}{\Omega_E}$  – отношение измеренной

скорости вращения к скорости вращения Земли;  $\Omega_E \approx 15,0407 \frac{\circ}{\text{час}}$ ;

$\frac{a}{g}$  – отношение измеренного ускорения к ускорению свободного

падения  $g \approx 9,8 \frac{M}{c^2}$ ;  $\phi$  – широта местности,

$N = 1$ , если ОЧ направлена на Восток и  $N = 2$ , если ОЧ направлена на Запад. Для определения в какую сторону, на Восток или на Запад, направлена ОЧ ЛГК измерения проводятся в 2-х ортогональных направлениях. Минимальное число точек фиксации платформы, с учетом реверса, при одном полном цикле измерения равно 4-м.

По показаниям ЛГ и АК в 2-х перпендикулярных направлениях может быть рассчитана широта местности:

$$\phi = A \sin \left( \frac{a_1 \cdot \Omega_1 + a_2 \cdot \Omega_2 \pm \sqrt{g^2 - a_1^2 - a_2^2} \cdot \sqrt{\Omega_E^2 - \Omega_1^2 - \Omega_2^2}}{g \cdot \Omega_E} \right). \quad (2)$$

Ошибка измерения азимута с помощью такого ЛГК при наличии погрешности измерений угловой скорости и ускорения, а также неточности задания широты и ускорения свободного падения равна:

$$\Delta \theta_M = \frac{1}{\sin \theta \cdot \cos \phi \cdot \cos \beta} \cdot \left( \begin{aligned} & -229 \cdot \Delta \Omega + \frac{351 \cdot \sin \phi \cdot \Delta a}{\cos \beta} + \frac{\sin \beta \cdot \Delta \phi_M}{\cos \phi} + \\ & + \frac{0,1 \cdot \sin \beta \cdot (\sin \phi - 0,0665 \cdot \sin \beta \cdot \Omega) \cdot \Delta g}{\cos \beta} \end{aligned} \right) \quad (3)$$

Из выражения (2) следует, что погрешность значительна, вблизи Северного или Южного Полусов  $\cos \phi \rightarrow 0$ , что ограничивает широты их использования. Также погрешность велика, если ОЧ ЛГК направлена на Север или Юг  $\sin \theta \rightarrow 0$ . В этом случае имеется простое решение преодоления проблемы, разворот поворотной платформы на известный угол таким образом, чтобы ОЧ ЛГ и АК была бы направлена в направлении близком к направлению Запад-Восток. В этом положении П2, проводится измерение азимута. Для определения искомого азимута из азимута в П2 вычитается величина изменения азимута при повороте платформы. Конечное выражение для азимута в П1 имеет вид:

$$\begin{aligned} \theta_1 = \theta_2 + \Delta \theta_{12} = 2 \cdot \pi \cdot (N - 1) - (-1)^N \cdot \text{Arc cos} \left( \frac{x_2 - y_2 \cdot \sin \phi}{z_2 \cdot \cos \phi} \right) + \\ + \text{Arc cos} \left( \frac{\cos \phi_{12} - y_1 \cdot y_2}{z_1 \cdot z_2} \right), \end{aligned} \quad (4)$$

где  $\phi_{12}$  – угол поворота платформы.

В большом количестве применений ОЧ ЛГК имеет небольшой угол к горизонту, т.е.  $a \approx 0$ . Анализ выражения (4) показывает, что при малых наклонах ОЧ ЛГК ошибка измерения азимута описывается так же, как и ошибка измерения азимута в положении платформы П2. Оценим погрешность измерения азимута на широте Санкт-Петербурга ( $\phi \approx 60^\circ$ , т.е.  $\cos \phi \approx 0,5$ ) для случая, когда ЛГК расположен горизонтально и его ОЧ направлена по оси Запад-Восток, т.е.  $a = 0$ ,



$\theta = \frac{\pi}{2}$ . Кроме того, учтем, что ЛГ – это измеритель угла поворота.

Поэтому погрешность измерения азимута следует связать с погрешностью показаний ЛГ, т.е. с погрешностью измеренного им угла. Тогда ошибка измерения азимута составит:

$$\Delta\theta_m \approx \frac{6880}{\sin \theta} \cdot \left( -\frac{\Delta\Omega}{\Omega_E} + \frac{\Delta a}{g_0} \right) \approx -\frac{410}{\sin \theta} \cdot \frac{\Delta\alpha}{t} + \frac{700}{\sin \theta} \cdot \Delta a, \quad (5)$$

где величина  $\Delta a$  – погрешность измерения угла, выраженная в угловых секундах.

Из выражения (5) следует, что точность ЛГК в первом приближении зависит от точностных характеристик чувствительных элементов, а также от неточности исполнения механических узлов, из-за чего также происходит неточное измерение угловых скоростей и ускорений.

Погрешность измерения угла ЛГ обусловлена 3-мя факторами[5]: алгоритмически не вычитаемой постоянной в процессе измерения погрешностью измерения скорости вращения, остающейся после реверса ОЧ ЛГ; случайным дрейфом ЛГ; дискретностью поступающей информации и неточным знанием положения, колеблющегося ЛГ относительно основания в момент съема информации (ошибка вычитания подставки).

Существует несколько причин возникновения некомпенсируемой реверсом ошибки измерения скорости вращения. Прежде всего, это неперпендикулярность ОЧ ЛГ и оси вращения платформы. Другой причиной является дрейф нуля, обусловленный магнитным полем. Данная ошибка измерения угла поворота ЛГ увеличивается пропорционально времени измерения:  $\Delta\varphi_D = D \cdot t$ . Эта дрейфовая составляющая дает постоянную в запуске погрешность измерения

азимута  $\Delta\theta_D \approx -\frac{410}{\sin \theta} \cdot \frac{D \cdot t}{t} = -\frac{410}{\sin \theta} \cdot D$  (на широте Санкт-

Петербурга при  $D = 0,01 \frac{0}{ч}$  и  $\theta = \pm 90^\circ$  ошибка измерения азимута равна  $\Delta\theta_D \approx 4,1^\circ$ ).

С учетом еще ряда факторов дрейф нуля с реверсом у современных ЛГ находится на уровне  $0,0003 \div 0,001$  °/ч, из-за чего у ЛГК имеется систематическая погрешность на уровне  $10'' \div 30''$ . Эта погрешность может быть уменьшена несколькими способами, в первую очередь, путем увеличения числа положений фиксации и измерения азимута в

каждом из них. При этом имеется возможность точно определить изменение азимута только с помощью АК. Одновременно азимут определяется и с помощью ЛГ. Т.о. проводится измерение изменения азимута двумя независимыми методами. Анализ показывает, что таким путем можно вычислить и учесть дрейф нуля, вызываемый магнитным полем. Этот метод удлиняет процесс измерения, но таким путем систематическую погрешность определения азимута удастся уменьшить до единиц угловых секунд.

Другой причиной погрешности измерения азимута является случайный дрейф ЛГ. Случайный дрейф – это погрешность, возникающая вследствие случайных процессов в ЛГ. К случайному дрейфу приводят такие явления как захват частот встречных волн, шумы в плазме активной среды, шумы электронных устройств. Случайный дрейф определяется величиной  $s$ , СКО 1-секундных показаний ЛГ (в “) при измерении постоянной скорости вращения (например, скорости

вращения Земли), величина  $s$  имеет размерность [  $\frac{''}{\sqrt{c}}$  ]. У современных

ЛГ с резонатором 70x70 мм СКО 1-секундных показаний имеет значение  $0,015'' \div 0,04''$ . Погрешность измерения угла из-за случайного дрейфа увеличивается пропорционально корню из времени, т.е. при произвольном времени измерения (осреднения)  $t$  СКО показаний равно

$\sigma(t) = s \cdot \sqrt{t}$  (поэтому  $s$  придается размерность [  $\frac{''}{\sqrt{c}}$  ]). СКО 100-се-

кундных показаний в 10 раз больше  $s$ :  $\sigma(100) = \sqrt{100} \cdot s$ ; СКО часовых показаний больше  $s$  в 60 раз:  $\sigma(h) = \sigma(3600) \approx \sqrt{3600} \cdot s = 60 \cdot s$ . Часто случайный дрейф определяют величиной  $D_h$  равной СКО часовых

измерений выраженной в градусах и имеющей размерность [  $\frac{^\circ}{\sqrt{час}}$  ].

Теоретически обе характеристики случайного дрейфа и связаны между собой соотношением:  $D_h = \frac{\sigma(h)}{3600} = \frac{s}{60}$ , которое для ЛГ на виброподставке хорошо выполняется. Например,

$$\text{при } s = 0,06 \left[ \frac{''}{\sqrt{c}} \right] \quad D_h = 0,001 \left[ \frac{^\circ}{\sqrt{час}} \right].$$

Ошибка измерения угла из-за случайного дрейфа увеличивается со временем как  $\sqrt{t}$ , измеряемый угол поворота Земли увеличивается пропорционально  $t$ . Поэтому относительная погрешность измерения угловой скорости, определяющая точность нахождения азимута, со

временем уменьшается  $\sim \frac{1}{\sqrt{t}}$ . У современных ЛГ на виброподставке

именно случайный дрейф определяет необходимое время измерения.

Случайный дрейф может быть уменьшен путем совершенствования технологии изготовления зеркал. Величина случайного дрейфа (при одинаковом качестве зеркал) обратно пропорциональна площади резонатора ЛГ. Поэтому наиболее простым методом уменьшения случайного дрейфа является увеличение площади резонатора.

К отдельному виду погрешности ЛГ следует отнести ошибку, возникающую при съеме информации. К этой ошибке ( $\xi_0$ ) приводит, в первую очередь, естественная ширина линии лазерного излучения, дискретность снимаемой информации и погрешность измерения и учета углового положения колеблющегося относительно основания ЛГ в моменты съема информации (погрешность вычитания подставки). На первый взгляд эта ошибка выглядит как случайный дрейф. Однако она не возрастает с увеличением времени осреднения. В одном измерении данная ошибка возникает дважды – в начале и в конце счета. Статистически суммарная ошибка из-за дискретности в одном цикле измерения будет равна  $\xi = \sqrt{2} \cdot \xi_0$ . В ЛГК СКО показаний от этой ошибки составляет  $\xi \approx 0,03'' \div 0,05''$ .

Таким образом, суммарная погрешность ЛГ складывается из 3-х составляющих.

СКО измерений угла можно представить как:

$$\sigma(t) = \sqrt{(D_0 \cdot t)^2 + s^2 \cdot t + \xi^2} \text{ ["} \quad (6)$$

СКО измерения азимута, вызванное ошибками ЛГ, имеет вид:

$$\begin{aligned} \sigma_\theta &= 3440 \cdot \frac{1}{\sin \theta \cdot \cos \phi \cdot \sqrt{1 - \frac{a^2}{g_0^2}}} \cdot \frac{\sqrt{(D_0 \cdot t)^2 + s^2 \cdot t + \xi^2}}{\Omega_E \cdot t} = \\ &= \frac{\sqrt{(D_0 \cdot t)^2 + s^2 \cdot t + \xi^2}}{K \cdot t} \end{aligned} \quad (7)$$

на широте Санкт-Петербурга

$$\sigma_{\theta} \approx 457 \cdot \frac{\sqrt{(D_0 \cdot t)^2 + s^2 \cdot t + \xi^2}}{t}, \quad (K \approx 2,2 \cdot 10^{-3}).$$

Из формулы (7) следует, что каждый из 3-х членов, входящих в подкоренное выражение является доминирующим при определенных временах измерения.

Из выражения (7) можно оценить необходимое время измерения азимута с заданной точностью при идеальных показаниях акселерометра и точном задании широты:

$$t = \frac{s^2 + \sqrt{s^4 + 4 \cdot (K^2 \cdot \sigma_{\theta}^2 - D_0^2) \cdot \xi^2}}{2 \cdot (K^2 \cdot \sigma_{\theta}^2 - D_0^2)} \quad (8)$$

при условии, что  $K \cdot \sigma_{\theta} - D_0 > 0$  (в противном случае дрейф нуля приводит к большим погрешностям, чем заданная величина  $\sigma_{\theta}$ ).

Чтобы измерить азимут с погрешностью  $\sigma_{\theta}$ , дрейф нуля должен быть заведомо меньше, чем  $D_0 < 2,5 \cdot 10^{-3} \cdot \sigma_{\theta}$ , т.е. чтобы погрешность измерения азимута была порядка 1' у ЛГ дрейф нуля должен быть меньше, чем 0,0025°/ч.

При времени измерения порядка одной или нескольких минут погрешностью вычитания подставки можно пренебречь, тогда требуемое время измерения азимута можно оценить с помощью соотношения:

$$t = \frac{s^2}{\left(\frac{\sigma_{\theta}}{400}\right)^2 - (D_0)^2}. \quad (9)$$

Необходимое время измерения пропорционально квадрату случайного дрейфа, поэтому в тех случаях, когда возможен реверс оси чувствительности, случайному дрейфу уделяется первостепенное внимание. У лучших ЛГ, используемых в ЛГК, случайный дрейф  $s \approx 0,015$ . Для разработанного гирокомпаса типичная величина СКО значений азимута 1'÷1,5' при 1-й минуте измерения.

Для разработанного ЛГК полученная эмпирическая формула СКО результатов измерения азимута:

$$\sigma_s \approx \frac{1,2}{\cos \varphi \cdot \cos \beta \cdot \sqrt{t_m - 0,8}} + \frac{4 \cdot \tan \beta}{\cos \varphi \cdot \sqrt{t_m - 0,8}} + 0,1, \quad (10)$$

где  $\beta$  – угол наклона ЛГК;  $t_m$  – время в минутах (м).

### Выводы:

Точностные параметры ЛГК в основном определяются характеристиками ЛГ: систематической погрешностью «дрейфом нуля» и точностным шумом.

В представленной статье не рассмотрены погрешности акселерометров, влияние которых может быть достаточно существенным. Из выражения (4) следует, что для измерения курса с приемлемой точностью относительная точность измерения ускорения должна быть на уровне  $(1 \div 2) \cdot 10^{-4}$ . Если ось ЛГК располагается с угловой погрешностью  $\delta$  к горизонту и отсутствует коррекция акселерометром то погрешность составит:  $\Delta \theta_m \approx 1,7 \cdot \delta$ , т.е. ошибка определения курса в минутах будет в 1,7 раза больше, чем погрешность горизонтирования, выраженной в минутах.

### Список литературы:

1. Лазерный гирокомпас / Руководство по эксплуатации: ГЕКН.401233.033РЭ. – М.: Геодезия, 2012. – 35 с.
2. Чернов Иван Владимирович. Совершенствование методики определения азимутов с использованием лазерных гирокомпасов. ФГБВОУ ВО «Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского» МО РФ, г.Санкт-Петербург.
3. Теория ошибок лазерных гирокомпасов ЛГК  
<http://alfacasa.ru/stati/teoriya-oshibok-lazernykh-girokompasov-lgk>  
<http://alfacasa.ru/stati/korrektirovka-algoritma-vystavki-bins>
4. Аналитический гирокомпас для квазистатических измерений. Романов Александр Викторович (RU), Романов Дмитрий Александрович (RU), патент RU2408843.
5. Ароновиц Ф. Лазерный гироскоп: В кн. Применение лазеров / Под ред. В.П. Тychинского. – М.: Мир, 1974.

*Коротких Мария Геннадьевна*  
*студентка гр.1160*  
*ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный*  
*морской технический университет»,*  
*г. Санкт-Петербург,*  
*e-mail: korotkikh.mariya@list.ru*

### **Особенности проектирования буровых судов**

**Аннотация.** *Представлено обоснование концепции оффшорного бурового судна, отвечающего требованиям задания на данную работу. По судну дано компоновочное решение, комплектация необходимым функциональным оборудованием и, в частности, комплексом для добычи нефти, получены размерения, нагрузка масс, выполнены проверочные расчеты основных свойств и характеристик.*

**Ключевые слова:** *буровое судно, общее расположение, безопасность, буровая вышка.*

*Korotkikh Mariia Gennadyevna*  
*Student*  
*Saint-Petersburg State Marine Technical University,*  
*Saint-Petersburg*  
*e-mail: korotkikh.mariya@list.ru*

### **Design features of drilling ships**

**Abstract.** *The paper reviews design features and engineering concept of an offshore drillship fit for well drilling. It was attempted to consider drilling vessel as an object of engineering design. Basic design solutions, general structure, development, and oil production devised machinery development were examined.*

**Key words:** *drillship, general structure, fail-safety, derrick.*

Нефть и природные газы занимают ведущее место в топливно-энергетическом балансе практически всех стран мира. Глядя на карту мест выхода нефти и природного газа, нетрудно заметить, что значительная их часть сосредоточена в море. Россия у себя на шельфе практически всех своих 14 морей обладает огромным количеством

разведанных и ожидаемых запасов углеводородов. Их разведка и добыча на таких залежах требует использования современных буровых судов, которыми в данное время Россия не располагает. В связи с этим актуально исследование моделей функционирования этих судов, их комплектации энергетическим и функциональным оборудованием, компоновочных решений и обоснования главных размеров и формы судовой поверхности.



Рисунок 1 – Карта выходов нефти

Главное в представленной работе – это, в первую очередь, формулирование особенностей проектирования и эксплуатации оффшорных буровых судов, предназначенных для бурения и обустройства разведочных и добычных скважин.

Очевидно, что такая работа предполагает изучение опыта проектирования, постройки и эксплуатации лучших современных образцов подобных сооружений со сбором и анализом ТТХ судов-прототипов, с тем, чтобы сформировать их характерный архитектурно-конструктивный тип, их облик, перечень функционального комплектующего оборудования, обосновать компоновку, номенклатуру и местоположение помещений, оборудования, систем и устройств, а также главные размеры и целесообразную форму судовой поверхности.

Для судна рассматриваемого типа из-за поступления на него из формируемых им скважин, добываемых углеводородных взрывоопасных субстанций особую роль, играет обеспечение безопасности и для его экипажа, и для судна в целом, и для окружающей среды.

*Буровое судно* – судно технического флота, специально построенное или переоборудованное для проведения морского бурения скважин.

Обычно буровые суда работают автономно (без привлечения судов снабжения) в удаленных от баз районах. Они высокоманевренны, что делает их незаменимыми при бурении на нефть и газ, когда должны быть добыты ресурсы на обширных участках континентального шельфа, расположенных в удаленных от баз районах при достаточно больших глубинах моря (более 300 м).

По архитектурно-конструктивному типу буровые суда – это, в основном, однокорпусные суда с носовой и кормовой надстройками и с буровой вышкой, располагаемой в его средней части. Бурение производят через специальную шахту в корпусе судна.

Задание на разработку представленного далее концептуального проекта оффшорного бурового судна, предназначенного для бурения и обустройства скважин, предполагает выполнение им следующих основных задач:

- бурение в удаленных районах в диапазоне глубин моря до 3500 м;
- производство подводно-технических работ, связанных, в первую очередь, с назначением судна.

В связи с этим выполнен анализ обширного комплекса ТТХ ранее существовавших отечественных и зарубежных буровых судов с целью выявления их характерных проектных особенностей в части их облика, архитектурно-конструктивного типа, компоновки и комплектации.

Создаваемому судну обеспечить:

- скорость хода не менее 13 узлов;
- дальность плавания не менее 10 000 миль;
- неограниченный район плавания;
- автономность плавания судна – до 90 суток.

На судне предусмотреть использование следующего функционального оборудования для бурения разведочных или добычных скважин для нефти и газа:

- палубные краны;
- буровая вышка;
- райзер;
- факельная стрела;
- противовыбросовое оборудование (ПВО).

Следует констатировать, что определить основные классификационные признаки БС затруднительно, поскольку для этих судов характерен относительно традиционный архитектурно-конструктивный тип, и потому обозначение класса отражает лишь некоторые принципиальные решения.



Самоходные буровые суда строятся однокорпусными или двухкорпусными (катамараны). В России до сих пор использовались однокорпусные. Буровые суда в СССР создавались на базе готовых проектов корпусов после их переоборудования.

На рисунке 2 и 3 представлены отечественные буровые суда проекта 05031, такие как «Диорит», «Кимберлит», эксплуатировавшиеся в производственных экспедициях ВМНПО «Союзморинжгеология»



Рисунок 9 – Буровое судно «Диорит» проект 05031



Рисунок 10 – Буровое судно «Кимберлит» проект 05031

Они оснащены якорной системой стабилизации, буровыми станками шпиндельного типа и технологическим оборудованием для проведения инженерно-геологических изысканий при малых глубинах воды от 15 до 100 м.

Опыт бурения с этих судов выявил ряд их конструктивных недостатков, основными из которых являются:

- ненадежная система стабилизации на скважине;

- малые размеры буровой площадки;
- ограниченное число мест для обслуживающего персонала из-за использования для указанного переоборудования серийных корпусов рыболовных судов, не отвечающих требованиям к БС даже при работах на столь малых глубинах.

С этих судов можно производить лишь ограниченные исследования, основным видом которых является – прессиометрия.

На рассматриваемых судах не предусмотрено использование райзера (водоотделяющей колонны). Изучение отечественных судов дало основание констатировать, что специализированных судов для бурения скважин на глубинах морей свыше 300 м в России в настоящее время нет.

В этой связи в соответствии с ТЗ собрана информация по значительному количеству современных зарубежных буровых судов постройки после 1995 г. Их основные ТТХ приведены в таблице 1.

Таблица 1 – ТТХ судов-прототипов постройки с 1995 года

| № | Проектант                | L, м  | B,м  | H,м  | D, тыс.<br>т | T, м | $\delta$ | v, узл. |
|---|--------------------------|-------|------|------|--------------|------|----------|---------|
| 1 | Discoverer               | 245.5 | 38.1 | 19.5 | 66           | 11.9 | 0.578    | 12      |
| 2 | Huisman<br>Globe trotter | 189.1 | 32   | 15   | 54           | 12   | 0.791    | 12      |
| 3 | Maersk<br>Valiant        | 228   | 42   | 19   | 98           | 12   | 0.509    | 13      |
| 4 | Samsung<br>S10000        | 228   | 42   | 19   | 96           | 12   | 0.815    | 11.5    |
| 5 | Gusto<br>P10000          | 229.6 | 36   | 18.3 | 76           | 12   | 0.748    | 12      |
| 6 | Samsung<br>GF-12000      | 230   | 36   | 18.5 | 78           | 11   | 0.792    | 10      |
| 7 | Daewoo<br>10000          | 238   | 42   | 19   | 96           | 12   | 0.824    | 11.5    |
| 8 | Daewoo<br>12000          | 238   | 42   | 19   | 96           | 12   | 0.781    | 12      |
| 9 | MPF-10000                | 291.4 | 50   | 27   | -            | 10   | -        | -       |

Анализ данных из этой таблицы позволяет сделать выводы:

1). если у большинства транспортных судов В/Т колеблется в диапазоне 2,5...3, то для БС оно оказывается в более широких границах 2,13...3,53,

2). отношение длины к ширине (характеризующее ходкость судна) у БС несколько меньше по сравнению с транспортными судами, поскольку БС большую часть времени проводят на точке бурения скважины, не имея хода, и весьма важно при этом иметь большую ширину палубы для организации буровых работ. Отношение L/V колеблется у БС в интервале 5,43...6,44.

3). Отношение длины к высоте борта L/H у БС колеблется в диапазоне 12,00 ... 12,59.

4). Отношение H/T у БС составляет 1,36...1,68.

5). Диапазон изменения  $\delta$  у БС составляет 0,509...0,824.

Учитывая все признаки гидродинамического типа буровых судов, отмеченные выше, решено принять судовую поверхность и конструктивные и технологические решения уже существующего судна, удовлетворяющего требованиям достаточности площадей и объемов при его переоборудовании в буровое судно. В качестве такого переоборудуемого судна было выбрано судно проекта 23010 «Карск», разработанного в ЦМКБ «Алмаз».

Далее приведены характерные особенности общего расположения бурового судна, которые связаны, в первую очередь, с обеспечением максимальной степени безопасности обслуживающего персонала в самом опасном режиме эксплуатации – при бурении скважины.

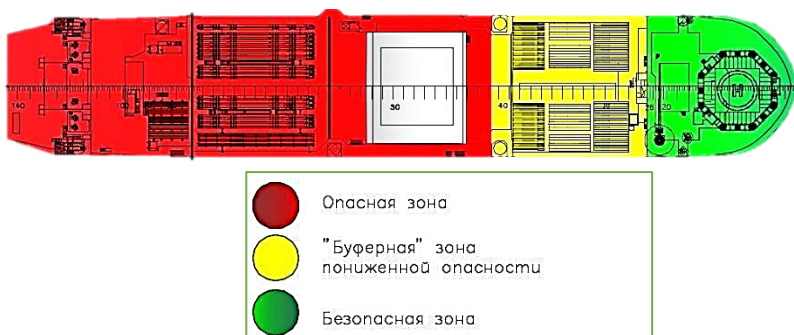


Рисунок 4 – «Светофор безопасности», изображенный на проектируемом судне

При разработке схемы общего расположения действительно следует придерживаться своеобразного «светофора безопасности», в

котором заложена линейная и зональная концепция обеспечения безопасности по направлению от кормы к носу БС.

Наглядно своеобразный «светофор безопасности» можно увидеть на экране. Четко видны границы зон безопасности.

При этом необходимо:

- Максимально удалить места проживания и отдыха персонала от бурового и другого опасного оборудования, соответственно жилой комплекс необходимо располагать в носу судна.

- Стенку ЖК, обращённую в сторону «опасности производства», такие как буровая вышка, факельное устройство и т.п., целесообразно выполнять по типу «брандмаура» (глухая противопожарная стена) или предусматривать отдельную аналогичную конструкцию.

- За «зеленой» зоной целесообразно располагать буферную, «желтую» зону, в которой уже может располагаться оборудование, представляющее некоторую опасность, но в которой не следует размещать буровое оборудование.

- Все пространство за «желтой» зоной д.б. в полном распоряжении буровиков. Это «красная» зона, представляющая наибольшую опасность, поскольку в ней находится буровая вышка, через которую осуществляется связь со скважиной, факельные стрелы и т.п. Буровая вышка по длине и ширине располагается в середине БС над шахтой в корпусе судна – месте, наименее подверженном бортовой и килевой качке.

Создаваемое буровое судно – с комплектацией основного оборудования и компоновкой, аналогичной принятому на современном судне «MAERSK VALIANT». Весь этот функциональный комплекс установлен в корпусе уже упомянутого существующего отечественного судна пр. 23010 после незначительных аффинных перестроек теоретического чертежа.

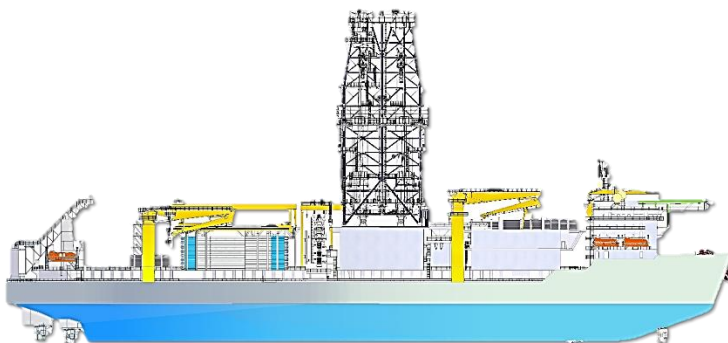


Рисунок 5 – Вид сбоку проектируемого судна

Основные тактико-технические характеристики данного судна приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Основные тактико-технические характеристики проектируемого судна

| Наименование элемента           | Величина |
|---------------------------------|----------|
| Водоизмещение порожнем, т       | 34 887   |
| Полное водоизмещение, т         | 53 623   |
| Длина наибольшая, м             | 238      |
| Длина между перпендикулярами, м | 204,4    |
| Ширина наибольшая, м            | 42       |
| Высота борта, м                 | 19       |
| Полная скорость судна, уз       | 13       |

Далее было проработано общее расположение судна, ниже приведены виды на соответствующие палубы, отражающие общее расположение судна и его основных помещений.

К примеру, на первой палубе расположены, в основном, помещения для отдыха и обеспечения комфортного проживания. Там имеется также раздевалка и прачечная (рисунок 6).

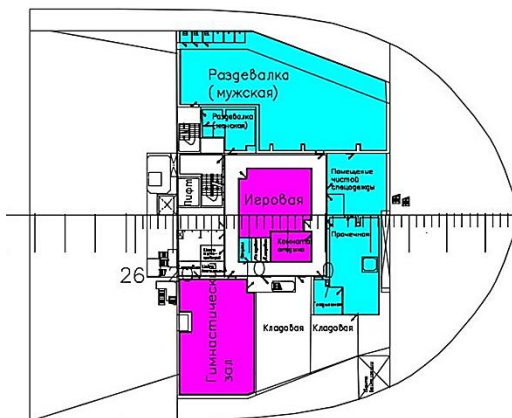


Рисунок 6 – Общее расположение: первая палуба  
(бирюзовый – санитарно-бытовые помещения,  
сиреневый – общественные помещения)

На верхней палубе (рисунок 7) сосредоточены общественные помещения: камбуз, столовая и продовольственные помещения, включающие в себя кладовые для хранения продуктов. В средней части судна – составные части противовыбросового оборудования, а также отсеки для хранения райзера.

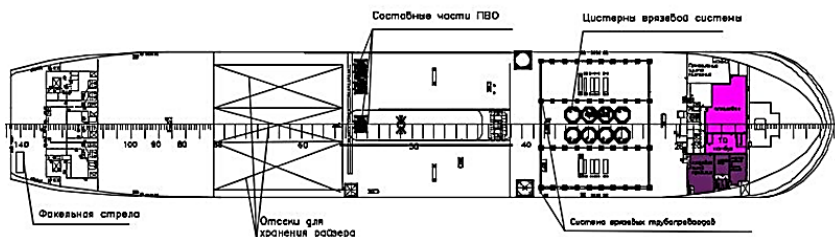


Рисунок 7 – Общее расположение: верхняя палуба (сиреневый цвет – продовольственные помещения, розовый – общественные помещения)

На палубе полубака на рисунке 8 – медицинский блок и общественные помещения, такие как: IT-кафе, помещение для отдыха, с разделением зон для курящих и не курящих и библиотека, а также буровое оборудование: секции райзера, противовыбросовые превенторы, система грязевых трубопроводов, факельная стрела и трубы (бурильные и обсадные).

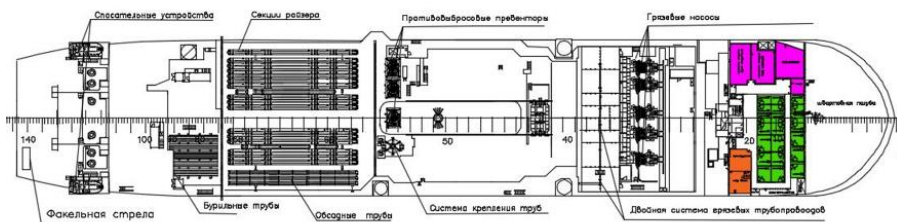


Рисунок 8 – Общее расположение: палуба полубака (сиреневый цвет – общественные помещения, зеленый – жилые помещения, оранжевый – медицинский блок)

Все жилые помещения расположены на палубе полубака и палубах рубок 1-го, 2-го, 3-го и 4-го ярусах (рисунок 9).

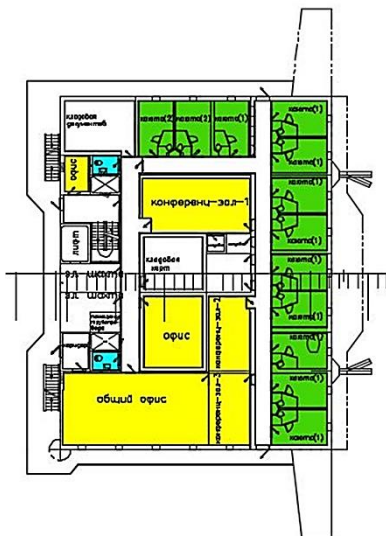


Рисунок 9 – Общее расположение: палуба рубки 4-го яруса  
(зеленый цвет – жилые помещения, желтый – офисные помещения,  
голубой – санитарно-бытовые помещения)

Отличительной особенностью общего расположения является наличие как жилых помещений, так и общественных помещений специального назначения, такие как офисы, it-кафе, разделение зон отдыха, предусматривающее наличие на судне курящих людей и обеспечение комфорта. 6-ой ярус сосредоточил на себе вертолетную площадку, которая расположена в самой носовой части судна, что обеспечивает:

- полное отсутствие помех полёту вертолета с носовых и, частично, с кормовых углов
- достаточно короткие пути перемещения пассажиров в ЖК и обратно,
- большую сохранность ЖК на тот случай, если вертолёт, терпящий аварию, упадёт на неё. В этом случае может разрушиться только конструкция, поддерживающая площадку, а люди в ЖК не пострадают

Судно оборудовано сдвоенной буровой вышкой башенного типа компании «CAMERON» с талевой системой, буровой лебедкой, ротором/верхним приводом и породоразрушающим инструментом, грузоподъемностью до 1 600 т.

В кормовой части судна располагается райзер «Load King» компании «CAMERON», отвечающая требованиям сверхглубоководного бурения на глубине моря 2 133,6 м и более. Соединители райзера «Load King» выпускаются с номинальной прочностью на натяжение 1800 т.

На рисунке также изображен инструмент «Robo-Spider» компании «Cameron», который представляет собой автоматическую систему для затяжки болтов фланца райзера. Она позволяет до 70% сократить время затяжки болтов фланца райзера и повысить уровень безопасности на буровой площадке.

Судно оборудовано также гидравлическим устройством для подвески и развинчивания труб, системой направления труб для свинчивания (STICS) компании «Cameron», обеспечивающей дистанционную установку гибких муфт на телескопическое соединение. Это сокращает время и уменьшает риски, которые могут возникнуть при присоединении линий дросселирования, глушения и других вспомогательных линий.

Оборудование для опробования, включая факельное устройство компании «Cameron» осуществляет определение «количества и качества» пластового продукта при достижении продуктовых горизонтов.

На палубе расположены 4 крана (по два с каждого борта) для осуществления грузовых операций с поворотной стрелой компании «Cameron», грузоподъемностью до 150 т.

Для перемещения противовыбросового оборудования на палубе предусмотрен порталый кран компании «Cameron», грузоподъемностью до 540 т.

Спасательные шлюпки располагаются по бортам как носовой, так и кормовой надстройки. На случай аварии, при которой потребуются немедленно покинуть БС, электромеханикам не придется бежать порядка 200 м через опасную зону к шлюпкам.

Судно оснащено также спасательными плотами, по 12 с каждого борта в носу и по 3 в корме.

### **Заключение и выводы**

За последние годы буровые суда существенно усовершенствованы. Их отличает значительная автономность, высокая мобильность и очень насыщенная комплектация сложнейшим специализированным оборудованием.



Подводя итог проделанной работы, можно констатировать формулирование признаков, определяющих буровое судно, как объект проектирования, что получено на основе:

- проведённого анализа ТТХ судов-прототипов, позволившего определить его архитектурно-конструктивный и гидродинамический типы, компоновочное решение, обеспечивающее безопасность его функционирования, номенклатуру функционального и традиционного судового оборудования;
- обоснования размеров и формы судовой поверхности с использованием конструктивных и технологических решений существующего судна для его переоборудования в разрабатываемое буровое судно,
- определения типичного состава комплектующего оборудования и оптимальной схемы компоновочного решения.

В первом приближении в соответствии с ТЗ получены главные размерения судна; нагрузка масс, водоизмещения: порожнем, с 10% запасов, с 50% запасов и с полными запасами.

Определены необходимые площади для размещения экипажа, проработаны санитарные блоки, офисы, медицинский блок, места для приёма пищи и отдыха, а также площади продовольственных кладовых.

Весь функциональный комплекс оборудования бурового судна установлен в корпусе существующего отечественного судна пр. 23010, что ускорит и удешевит проектные работы по созданию нового современного отечественного БС, поскольку позволит воспользоваться всеми инженерными решениями в отношении конструкции корпуса, технологии постройки и комплектации многих элементов судовых устройств, систем и энергетического оборудования.

Результаты представленной работы по формированию концепции БС показали, что предложенное судно способно решать задачи, обозначенные в задании.

#### Список литературы:

1. Булатов А.И., Проселков Ю.М. Морские нефтегазовые сооружения. Техника и технология разработки и эксплуатации морских нефтегазовых месторождений, Краснодар: Просвещение-Юг, 2006. – 412 с.

2. Новые проекты судов технологического флота были презентованы специалистами Крыловского государственного научного центра в рамках третьей международной конференции по развитию портов и судоходства. [Электронный ресурс]: отраслевой портал–

Российское судоходство. Режим доступа: <http://www.rus-shipping.ru/ru/stats/?id=124> (дата обращения: 7.12.2018) (Российские ученые разрабатывают арктический флот будущего).

3. Жорницкий И. Д., Самарский В. Н. Отечественные и зарубежные буровые суда, ч. 1-3, Баку, 1973-74

4. Булатов А. И. Техника и технология бурения нефтяных и газовых скважин. – М.: Недра, 2003 – 1007 с.

5. Буровые суда | DRILLING VESSELS.[Электронный ресурс]:onlinejournal–оффшорный флот. Режим доступа: <http://www.offshore-industry.net/fleet/drilling.htm>(дата обращения: 5.12.2018) (Буровые суда).

6. Симоненко А.С. Устройства плавучих буровых установок. СПб.: Изд. центр СПбГМТУ, 1994. - 371 с. 1993

7. Самоподъемные плавучие буровые установки: история, современность, перспективы. Аналитический обзор. – СПб: ФГУП «Крыловский научный центр», 2013. – 206с.

8. Буровые суда: история, современность, перспективы. Аналитический обзор. –СПб: ФГУП «Крыловский научный центр», 2015. – 87с.

9. Технический проект «23010» ОАО «ЦМКБ «Алмаз».

10. Булатов А.И., Долгов Г.В. Спутник буровика: справочное пособие: в 2 кн. –М: ООО «Недра – Бизнесцентр», 2006 –книга 1 – 379 с.

*Косточкина Мария Сергеевна*  
*магистрант 2 курса*  
*ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный*  
*морской технический университет»,*  
*г. Санкт-Петербург*  
*e-mail: m.kostochkina@yandex.ru*  
*научный руководитель*  
*Нифонтов Юрий Аркадьевич,*  
*зав. кафедрой ЭПЗиА, д.т.н., профессор*  
*ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный*  
*морской технический университет»,*  
*г. Санкт-Петербург*  
*научный руководитель*  
*e-mail: nifontov@yandex.ru*

## **Перспективы развития и совершенствования атомной энергетики**

**Аннотация.** *Атомная энергетика – широко известная отрасль, использующая атомную энергию для снабжения электроэнергией и теплом, путем преобразования атомной энергии в электрическую и тепловую. В статье рассмотрены современные тенденции развития мировой атомной энергетики.*

**Ключевые слова:** *атомная энергетика, ядерная энергетика, атомные электростанции.*

*Kostochkina Maria Sergeevna*  
*Student*  
*Saint-Petersburg State Marine Technical University,*  
*Saint-Petersburg*  
*email: m.kostochkina@yandex.ru*  
*Nifontov Yuriy Arkadyevich*  
*head of Ecology of Industrial Zones and Areas Department,*  
*doctor of technical science, professor*  
*Saint-Petersburg State Marine Technical University,*  
*Saint-Petersburg*  
*scientific advisor*  
*e-mail: nifontov@yandex.ru*

## Prospects of nuclear power development and improvement

**Abstract.** *Nuclear power is well-known industry that uses nuclear energy to supply electricity and heat by converting nuclear energy into electricity and heat. The article deals with the current trends in the development of the world nuclear energy.*

**Key words:** *nuclear power, nuclear power plants.*

Атомная энергетика обладает всеми необходимыми качествами для постепенного замещения большей части энергетики на ископаемом топливе, становясь при этом доминирующей технологией. Способность ядерной энергетики производить электричество без эмиссий двуокиси углерода и кислых газов приведет к росту ее использования, при условии, что будут преодолены препятствия, лежащие вне сферы экономики.

Перспективы атомной энергетики по миру имеют разнонаправленный характер, однако количество стран, где эксплуатируются атомные электростанции (АЭС), будет возрастать [3].

Вследствие сознательно проводимой политики доля ядерной энергетики в общем объеме мирового производства электроэнергии сокращалась. И на новые источники энергии уже приходится больший совокупный объем установленной мощности, их доля в фактическом производстве электроэнергии составляет менее одной трети объема, производимого на ядерных установках [2].

Перспективы ядерной энергетики следует рассматривать в контексте трех политических проблем: устойчивость поставок и использования энергии, озабоченность по поводу воздействия энергопотребления на природную среду и приход конкуренции на рынки электроэнергии.

Очевидно, что ядерная энергетика располагает потенциалом конкуренции на рынках электричества на базе экологической устойчивости, но при условии решения ключевых вопросов:

Принятие обществом новых ядерных установок и идеи продления срока службы действующих АЭС;

Создание эффективных и дешевых установок по удалению высокоактивных отходов и переработке отработанного топлива;

Обеспечение расширения программы гражданской ядерной энергетике без увеличения риска распространения ядерного оружия [1].

Только так человечество сможет обеспечить возрастающие потребности населения и промышленности в энергии и сделает атомную энергетику самым безопасным масштабным производителем энергии.

Список литературы:

1. Бекман И.Н. Курс лекций «Ядерная индустрия», лекция 7, «Ядерная индустрия, ядерный топливно-энергетический комплекс и атомная энергетика», Москва-2015
2. IAEA. Генеральная конференция «Международное состояние и перспективы ядерной энергетики – 2017», доклад Генерального директора
3. Перспективы атомной энергетики в мире и России, [Электронный ресурс] URL: <http://www.proatom.ru/> (дата обращения 11.10.2019)

*Красовская Инна Петровна*  
профессор, д.э.н.,  
заведующий кафедрой «Международные  
экономические отношения»,  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
морской технический университет»,  
г. Санкт-Петербург  
Krasovskaya\_inna@list.ru

*Счисляева Елена Ростиславовна*  
профессор, д.э.н.,  
проректор по образовательной деятельности  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
морской технический университет»,  
г. Санкт-Петербург  
Schislyaeva@mail.ru

*Шамрай Феликс Анатольевич*  
директор Департамента развития судостроения  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
морской технический университет»,  
г. Санкт-Петербург  
Shamrai@mail.ru

**Научно-практические основы оценки экономической  
эффективности инноваций в промышленности:  
теория, приоритеты, инструментарий**

***Аннотация.** В данной работе изучены теоретические и практико-прикладные аспекты расчета и анализа эффективности мероприятий в промышленности, их экономические и социальные приоритеты, исследован инструментарий определения абсолютной и относительной эффективности научно-технических инноваций в промышленности.*

***Ключевые слова:** инновации, экономика, промышленность, эффективность, наука, практика, инструментарий.*

*Inna P. Krasovskaya*  
professor, doctor of economics,  
St. Petersburg State Marine Technical University, head of the  
Department of International Economic Relations

*Saint-Petersburg State Marine Technical University,  
Saint-Petersburg  
Krasovskaya\_inna@list.ru  
Elena R. Schislyaeva  
professor, doctor of economics,  
vice-Rector for Educational Activities  
Saint Petersburg State Marine Technical University,  
Saint-PetersburgSchislyaeva@mail.ru  
Felix A. Shamrai  
director of Shipbuilding Development Department  
Saint-Petersburg State Marine Technical University,  
Saint-Petersburg  
Shamrai@mail.ru*

### **Scientific and practical principles for evaluating the economic efficiency of innovations in industry: theory, priorities, tools**

**Abstract.** *In this article, theoretical and practical-applied aspects of calculating and analyzing the effectiveness of measures in industry, their economic and social priorities are studied, tools for determining the absolute and relative effectiveness of scientific and technological innovations in industry are investigated.*

**Key words:** *innovation, economics, industry, efficiency, science, practice, tools.*

Эффективность научно-производственной инновации, как основополагающее теоретико-эмпирическое понятие неоклассической экономической школы, представляет собой многокритериальную инструментально-методическую категорию, в равной степени интегрирующую как финансово-инвестиционные, так и общественно значимые приоритеты производственно-хозяйственной деятельности. В этой связи содержательную сущность решения возможно определить тем, чтобы посредством абсолютных и относительных индикаторов исследовать не только экономические, но и социальные, общественно-политические, культурно-исторические, ментальные и иные аспекты реализуемых на альтернативной основе программ устойчивого развития хозяйствующих субъектов, интерпретировать их посредством денежных эквивалентов и, таким образом, унифицировать функ-

ционально-стоимостную процедуру установления максимально результативного варианта капиталовложений в экономике промышленности [1].

Функционально-стоимостной метод, положенный в основу предлагаемого расчетно-аналитического алгоритма оценки эффективности инновационного социально-экономического развития промышленных хозяйствующих субъектов, как итерационно-вычислительный инструментарий неоклассического маржинального анализа, представляет собой группировку затрат в соответствии со структурой связей в научно-производственной программе с последующим сопоставлением эффектов этой программы с обусловленными ими издержками.

Предметом анализа является поиск резервов, исключающих неоправданные затраты и, тем самым, стимулирующих социально-экономическую эффективность научно-производственной программы. В процессе производственно-хозяйственной деятельности промышленных предприятий функционально-стоимостной анализ может применяться для анализа эффективности: научно-исследовательских, опытно-конструкторских, проектно-изыскательских, инженерно-консалтинговых и иных проектов; инновационных технологий, используемых на предприятиях; комплексных целевых программ, реализуемых в экономике промышленности и связанных с разработкой, производством и реализацией высокотехнологичной наукоемкой продукции [2].

Основная особенность применения методики функционально-стоимостного анализа инновационного социально-экономического развития промышленных хозяйствующих субъектов заключается в том, что оценка эффективности осуществляется по двум направлениям: по показателям экономической эффективности, отражающим окупаемость издержек производственно-хозяйственного назначения; по показателям программно-целевой или социально-экономической эффективности, характеризующим результативность распределения затрат исходя из конечных результатов инновационного социально-экономического развития промышленного предприятия.

Эффективность производственно-хозяйственных инноваций, реализуемых в контексте стратегии социально-экономического развития промышленных хозяйствующих субъектов, является системным понятием, включающим два основных инструментарно-методических компонента: экономический, отражающий окупаемость инвестиций в



процессе реализации научно-производственной программы; программно-целевой, характеризующий социально-экономическую эффективность распределения инвестиций в рамках научно-производственной программы.

Для характеристики экономической эффективности применяются абсолютные и относительные показатели, определяемые за жизненный цикл производственно-хозяйственной программы, – временной период от начала проектирования и реализации научно-технического мероприятия до окончания срока полезного использования его результатов.

Абсолютным показателем экономической эффективности является величина чистого дохода за жизненный цикл научно-производственного нововведения, приведенная к начальному моменту времени. В качестве относительного показателя рекомендуется использовать внутреннюю норму доходности нововведения, равную процентной ставке, способной обеспечить эквивалентный размер чистого дохода.

Программно-целевая эффективность определяется, исходя из структуры программы инновационного социально-экономического развития хозяйствующего субъекта и важности ее итоговых научно-производственных результатов.

Структура программы представляется в виде иерархической системы, включающей три основных расчетно-аналитических уровня: основные цели, соответствующие конечным результатам программы устойчивого социально-экономического развития промышленных хозяйствующих субъектов; вспомогательные цели, отражающие пути достижения основных производственно-хозяйственных целей; научно-производственные мероприятия, обеспечивающие реализацию вспомогательных целей программы.

Связи между основными и вспомогательными научно-производственными целями, а также между вспомогательными целями и мероприятиями характеризуют следующие расчетно-аналитические параметры: коэффициенты относительной важности, определяющие относительный вклад элементов нижнего уровня в реализацию элемента верхнего уровня; коэффициенты нагрузки, отражающие степень поддержки элементом нижнего уровня различных элементов верхнего уровня. Коэффициенты являются величинами безразмерными и определяющимися на основе экспертных оценок.

В качестве показателей программно-целевой или социально-экономической эффективности программы используются следующие расчетно-аналитические показатели: коэффициенты социально-экономической значимости, характеризующие вклад научно-производственных мероприятий и вспомогательных целей в основные цели программы устойчивого развития предприятия; коэффициенты социально-экономической эффективности, определяющие соотношение «вклад в достижение основных научно-производственных целей – инвестиционные затраты».

Анализ эффективности научно-производственных мероприятий программы инновационного развития производится в следующей последовательности: определение структуры программы; расчет показателей экономической эффективности по элементам программы; расчет программно-целевой (социально-экономической) эффективности по элементам программы; общий анализ полученных результатов.

В данном случае гарантом достижения объективных, лишенных противоречий оценок социального и экономического аспектов научно-производственных нововведений представляется симбиоз абсолютных (доходные и затратные составляющие эффективности) и относительных (социально-экономические коэффициенты) индикаторов.

Необходимо также отметить тот факт, что представленный инструментально-методический алгоритм является варибельным и в зависимости от специфики ведения исследований в экономике промышленности может быть дополнен иными менее традиционными расчетно-аналитическими характеристиками, позволяющими углубить предоставляемую социально-экономическую информацию, разнообразить процесс принятия инновационных программ и верифицировать полученный научно-производственный результат.

Восприимчивость расчетно-аналитического инструментария к инновационным преобразованиям и достижениям экономической науки возможно признать ее несомненным эвристическим достоинством. Параметрическая оптимизация расчетно-аналитического инструментария позволит ему выступить в качестве универсального теоретико-эмпирического механизма исследований, эксплицирующего финансово-инвестиционные и общественно значимые доминанты,

формирующего рыночно-институциональную этику поведения промышленных предприятий [3] и синхронизирующего социальный и экономический векторы научно-технического прогресса экономики промышленности.

Список литературы:

1. Красовская И.П. Функционально-стоимостной анализ эколого-экономических решений в сфере российского природопользования // Вестник МГУ. Серия. 6. Экономика. № 5. 2001.
2. Счисляева Е.Р. и др. Гибкий подход управления проектами в современном бизнесе // Аудит и финансовый анализ, № 4, 2014.
3. Титенберг Р. Многокритериальные методы оценки эффективности экономических решений // Экономика, № 4, 2017.

- Кривая Агнесса,  
студент  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
морской технический университет»,  
г. Санкт-Петербург  
agnessa.k.15.03.98@gmail.com  
Косенко Валерия Евгеньевна,  
студент  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
морской технический университет»,  
г. Санкт-Петербург  
2409218@gmail.com  
Фляжникова Дарья Михайловна,  
студент  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
морской технический университет»,  
г. Санкт-Петербург  
dashaasper@gmail.com  
Горбунова Вера Сергеевна,  
студент  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
морской технический университет»,  
г. Санкт-Петербург  
vera.veragorbunova2014@yandex.ru  
Осинцева Татьяна Николаевна,  
доцент кафедры иностранных языков,  
научный руководитель  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
морской технический университет»,  
г. Санкт-Петербург  
veter.65@mail.ru*

### **Морское юридическое право в системе высшего образования Великобритании: Саутгемптонский университет**

***Аннотация.** Высшее образование в Англии считается одним из самых престижных и котируемых в мире. Так как мы рассматриваем морскую сферу деятельности, мы коснемся такой отрасли, как морское право.*

**Ключевые слова:** высшее образование, юридическое морское образование, Саутгемптонский университет.

Krivaya Agnessa,  
student  
Saint-Petersburg State Marine Technical University,  
Saint-Petersburg  
agnessa.k.15.03.98@gmail.com  
Kosenko Valeria Evgenievna,  
student,  
Saint-Petersburg State Marine Technical University,  
Saint-Petersburg  
2409218@gmail.com  
Flyazhnikova Daria Mikhailovna,  
student  
Saint-Petersburg State Marine Technical University,  
Saint-Petersburg  
dashaasper@gmail.com  
Gorbunova Vera Sergeevna,  
student  
Saint-Petersburg State Marine Technical University,  
Saint-Petersburg  
vera.veragorbunova2014@yandex.ru  
Osintseva Tatiana Nikolaevna,  
assistant professor,  
scientific adviser  
Saint-Petersburg State Marine Technical University,  
Saint-Petersburg  
veter.65@mail.ru

### **Maritime Law in Higher Education of the UK: University of Southampton**

**Abstract.** *Higher education in England is one of the most prestigious and quoted in the world. In this work we are considering the Maritime Law education.*

**Key words:** *University of Southampton, higher education, maritime law.*

Система образования, которая предоставляется в Англии, отличается от образования в России. Во-первых, в Англии большая часть материала изучается самим студентами, а в России материал начитывают

преподаватели. Во-вторых, на бакалавра студенты Англии учатся 3 года. Окончившим курс студентам присваивается степень First Degree. Магистратура предполагает обучение 9/12 месяцев.

В Англии существует несколько университетов, которые предоставляют возможность получить юридическое образование в морской отрасли.

| Университеты                           | Год основания | Кол-во студентов первого курса | Число выпускников                         | % трудоустроенных |
|----------------------------------------|---------------|--------------------------------|-------------------------------------------|-------------------|
| CITY University of London(London)      | 1894          | 3780                           | 2324<br>1456 – пост-дипломное образование | 65                |
| University of Southampton(Southampton) | 1862          | 7500                           | 4700<br>2800 – постдипломное образование  | 80,5              |
| Swansea University(Swansea)            | 1920          | 2700                           | 1821<br>879 – постдипломное образование   | 69                |

Одним из них является Саутгемптонский университет.

Юридический факультет Саутгемптонского университета является одним из центров Великобритании по изучению морского права. Этот университет позволяет получить степень бакалавра в области юриспруденции с возможностью специализироваться на морском праве. Обучение длится три года, два из которых студенты изучают общие дисциплины в области юриспруденции и права. На третьем курсе студенты могут выбрать один из модулей, связанный с морским правом. Дополнительные модули позволяют студентам изучить те области морского права, которые их интересуют. В конце обучения они защищают диссертацию на выбранную тему. Выпускники данного

факультета могут связать свою карьеру с международным морским правом, торговлей и другими близкими областями.

Этот университет интересен тем, что в 1952 году он получил от Елизаветы II королевскую грамоту, которая дала право присуждения научных степеней университету. Саутгемптонский университет входит в топ-20 лучших вузов Великобритании и топ-100 мира. Студенты более чем из 135 стран мира учатся в нем.

На основании всего вышеизложенного мы пришли к выводу, что отрасль морского права занимает важное место в системе юридического образования. Также в ходе исследования удалось выяснить, что студентам желательно иметь степень магистра, поскольку это является важным для многих работодателей. Кроме того, подавляющее большинство студентов находит работу по специальности, что свидетельствует о широкой востребованности данных специалистов в Великобритании. Изучая систему высшего образования в Великобритании, мы пользовались источниками, которые вы сможете увидеть ниже. Информацию об Саутгемптонском университете мы получили, связавшись с кураторами данного университета, которые любезно предоставил подробную информацию про университет и прислали нам брошюру про юридическое образование в данном учебном заведении.

#### Список литературы:

1. Swansea University [electronic resource]. URL: <https://vk.com/away.php?utf=1&to=https%3A%2F%2Fwww.swansea.ac.uk%2F>
2. Welcome to City / City, University of London [electronic resource] URL: <https://www.city.ac.uk/>
3. University of Southampton [electronic document] UG\_Law\_Subject\_Brochure

*Кузнецова Нина Александровна*  
*магистрант группы 2267*  
*ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный*  
*морской технический университет»,*  
*г. Санкт-Петербург*  
*e-mail: kuznecova-nina@list.ru*  
*Нифонтов Юрий Аркадьевич*  
*доктор технических наук,*  
*профессор, заведующий кафедрой ЭПЗ и А*  
*ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный*  
*морской технический университет»,*  
*г. Санкт-Петербург*  
*e-mail: nifontov@yandex.ru*

**Утилизация вторичных энергоресурсов  
в электрохимических энергоустановках на судах**

**Аннотация.** *Выполнен анализ результативности утилизации вторичных энергоресурсов в судовых электрохимических энергетических установках на примере твёрдотопливных топливных элементов. Сделаны выводы для потенциального количества энергетических ресурсов для обеспечения судовых потребностей, которые можно получить путем утилизации пара или горячей воды на выходе из топливных элементов.*

**Ключевые слова:** *вторичные энергоресурсы, теплогенератор, твердотопливные топливные элементы, электрохимический генератор, электрохимическая энергетическая установка.*

**Disposal of secondary power resources in electrochemical  
power plants in ships**

*Nina Kuznetsova*  
*Graduate student of group 2267*  
*Saint-Petersburg State Marine Technical University,*  
*Saint-Petersburg*  
*e-mail: kuznecova-nina@list.ru*  
*Nifontov Yuri Arkadevich*  
*Dr.Sci.Tech., professor,*  
*the head of the department of ship ecology of industrial*  
*zones and water areas*  
*Saint-Petersburg State Marine Technical University,*  
*Saint-Petersburg*  
*e-mail: nifontov@yandex.ru*



**Abstract.** *The analysis of the efficiency of the marine electrochemical power plants secondary energy resources using solid fuel cells as an example has been carried out. Conclusions are drawn for the potential amount of energy resources to meet ship needs, which can be obtained by utilizing steam or hot water at the output of the fuel cells.*

**Key words:** *secondary energy resources, heat generator, solid fuel cells, electrochemical generator, electrochemical power plant.*

Электрохимические энергоустановки (ЭХЭУ) на базе топливных элементов (ТЭ) на сегодня применяются не только для стационарных электростанций, но и на транспорте, в частности и для различных типов судов в качестве основных или вспомогательных источников энергии вместо традиционных дизельных двигателей. ЭХЭУ намного меньше загрязняют окружающую среду. Основными преимуществами применения ТЭ на судах по сравнению с дизельными двигателями являются: экологичность, высокий КПД, компактные размеры и более низкий уровень шума [1].

Проблема применения ТЭ: наличие значительного количества тепловыделений при работе электрохимической установки. Решение данной задачи – это использование утилизационного оборудования.

Целью данной статьи является рассмотрение утилизации вторичных энергоресурсов в электрохимических энергоустановках.

Топливные элементы – разновидность электрохимических элементов, существенным преимуществом которых является то, что в отличие от гальванических элементов и аккумуляторов, топливо и окислитель подаются в ТЭ в момент его работы и не входят в состав электродов. Схема обеспечения реагентами ТЭ: прямое преобразование химической энергии топлива в электрическую. Основными продуктами реакции ЭХЭУ на основе топливных элементов в зависимости от рабочей температуры являются: горячая вода, водяной пар (насыщенный или перегретый), парогазовая смесь. Наряду с этим, из топливных элементов отводятся непрореагировавшие синтез-газ, водород, воздух или кислород, температура которых также зависит от типа топливных элементов. Образовавшиеся энергетические потоки можно использовать для технологических нужд самой электрохимической энергоустановки или утилизировать (полностью или частично). Если ЭХЭУ работает на чистом водороде, «выхлоп» будет состоять только из воды, при подаче синтез-газа – из воды и углерода. Наиболее перспективные

варианты утилизации получаемой низко- и высокопотенциальной энергии в судовых условиях:

- газовые смеси, подавать в приводные газовые турбины компрессоров или в газотурбогенераторы для выработки дополнительного количества электрической энергии;

- насыщенный или слабо перегретый водяной пар можно направлять в паровые приводы судовых насосов, утилизационные паровые турбины для привода электрогенераторов или теплообменные аппараты для подогрева тяжёлого топлива, либо нагрева рабочей среды в системах парового или водяного отопления;

- горячую воду можно использовать для опреснения морской воды в адиабатных опреснительных установках, для подогрева горячей воды хозяйственно-бытового назначения в системах воздушного отопления, для обработки балластных вод, используя технологию подогрева.

В статье рассмотрены варианты утилизации вторичных энергоресурсов ЭХЭУ на базе высоко- и низкотемпературных твердотопливных топливных элементов, работающих на водороде и входящих в состав судовой энергетической установки (СЭУ). В зависимости от типа судна топливные элементы могут частично или полностью заменять дизельные двигатели. Утилизация тепловой энергии ЭХЭУ в виде насыщенного или слабо перегретого пара может снизить тепловую мощность судовых котлов, послужит к упрощению схем и снижению расхода топлива. Утилизация тепловой энергии ЭХЭУ в виде горячей воды позволит отказаться от электрических подогревателей, снизив тем самым расход топлива за счет снижения потребления электрической энергии.

#### Список литературы:

Коровин Н.В. Топливные элементы и электрохимические энергоустановки [Текст] / Н. В. Коровин. – М.: МЭИ, 2005. – 208 с.

*Куровский Роман Викторович*  
*магистр,*  
*ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный*  
*морской технический университет»,*  
*г. Санкт-Петербург*  
*e-mail: romanscteyn@yandex.ru*

**Моделирование режимов адаптивной модуляции в программной среде планирования радиорелейных линий связи**

***Аннотация.** В статье приведены различные программные средства моделирования режимов адаптивной модуляции в планировании радиорелейных линий связи как зарубежные, так и отечественные. Более подробно описано отечественное программное средство ONEPLAN RPLS-DB.*

***Ключевые слова:** адаптивная модуляция, программная среда планирования, радиорелейные линии связи.*

*Kurovsky Roman Viktorovich*  
*master,*  
*Saint Petersburg State Marine Technical University,*  
*Saint-Petersburg*  
*e-mail: romanscteyn@yandex.ru*

**Modeling of adaptive modulation modes in the software environment of radio relay communication lines planning**

***Abstract.** The article presents various software tools for modeling adaptive modulation modes in the planning of radio relay communication lines both foreign and domestic. The domestic software tool ONEPLAN RPLS-DB is described in more detail.*

***Key words:** adaptive modulation, planning software environment, radio relay communication lines.*

***Введение.** В настоящее время во многих странах ведется интенсивное внедрение различных видов беспроводной связи, наблюдается стремительное развитие беспроводных сетей, одной из разновидностей которой является радиорелейная связь.*

Сложное влияние условий распространения радиоволн (РРВ) на качество беспроводной связи обуславливает необходимость предварительного расчета пригодности мест размещения и режимов работы оборудования на этапе планирования развертывания радиорелейных линий связи (РРЛ). Для проведения указанных достаточно трудоемких расчетов используются специальные программные средства, реализующие специальные методики расчетов, которые постоянно совершенствуются, публикуются и рекомендуются соответствующими международными и Российскими руководящими документами. В связи с вышесказанным становится актуальной задача совершенствования специальных программных средств планирования РРЛ в соответствии с новыми рекомендованными методиками расчетов.

**Зарубежные программные продукты.** К наиболее известным в России импортным системам следует отнести программные продукты следующих фирм:

AIRCOM Int. (Великобритания, <http://www.aircom.co.uk>) предлагает программное обеспечение ASSET Enterprise, состоящее из основных модулей ASSET3G – радиопланирования, ILSA – автоматизированного распределения частот, CONNECT – планирования радиорелейных интервалов, DIRECT – планирования транспортной сети, ADVANTEG – автоматизированного планирования сот;

ERICSSON (Швеция, <http://www.ericsson.com>) предлагает на рынке программные продукты TEMS CellPlannerUniversal – радиочастотное планирование, TEMS LinkPlanner – планирования радиорелейных интервалов, Planet EV – планирования и оптимизации радиорелейных сетей;

Forsk (Франция, <http://www.forsk.com>) предлагает многофункциональный программный продукт радиочастотного планирования и расчета радиорелейных интервалов AtollCore;

AgilentTechnologies (США, <http://www.agilent.com>) предлагает программные продукты WIZARD – радиопланирования, CellOpt AFP – радиочастотного планирования, CellOpt ACP – планирования сот и OPAS32 – сетевой анализатор;

Nokia (Финляндия, <http://www.nokia.com>) предлагает программный продукт NokiaNetActPlanner, позволяющий решать задачи расчета покрытия, радиочастотного планирования и расчета интервалов радиорелейной связи.

**Отечественные программные продукты.** Среди отечественных программных продуктов, ориентированных на операторов сотовой связи, следует отметить разработки следующих организаций:

ЛОНИИР (Санкт-Петербург) предлагает САПР Балтика, включающая подсистемы радиочастотного планирования сетей подвижной связи Балтика-СПС с дополнительным модулем Балтика-ЭМС, расчета радиорелейных линий связи Балтика-РРЛ;

Центр компьютерных технологий “Силикон-Телеком Софт” (г. Зеленоград, Московской обл.) предлагает систему RPS-2, позволяющую выполнить расчеты покрытия сети мобильной связи и радиорелейных интервалов;

Информационный космический центр “Северная Корона” (<http://www.spacecenter.ru/>) предлагает программный комплекс «Территория» предназначен для расчета наземных радиолиний (цифровых радиорелейных линий ЦРПЛ, технологической радиосвязи и т.д.).

Центр Телекоммуникационных технологий (<http://www.ctt-group.ru/>) предлагает программный комплекс DRRL 6.0 для расчета показателей РРЛ и линий радиодоступа.

Научно-Производственная фирма по разработке и внедрению технологий системной интеграции “НПФ ЯР” (<http://npfyar.ru/>) предлагает программу для проектирования и расчета цифровых радиорелейных линий диапазона 3,4 ГГц – 40,5 ГГц в соответствии с ГОСТ Р 53363-2009.

ИнфоТел (Санкт-Петербург) представляет на рынке версии программного комплекса планирования подвижной связи ONEPLAN RPLS (рабочее наименование ONEGA), обеспечивающего расчет покрытия, автоматическую калибровку моделей расчета по данным измерений, автоматизированное формирование частотного плана и расчет радиорелейных интервалов, ONEPLAN RPLS-CDMA для планирования сетей связи с кодовым разделением каналов, ONEPLAN RPLS-DB Link для планирования радиорелейных интервалов, линий и сетей связи;

Компания Metrix (г. Минск) предлагает <http://www.metrex.org/pics/nfps1.jpg> программный комплекс частотно-<http://www.metrex.org/pics/nfps1.jpg> территориального планирования радиосетей (ПК ЧТПР) предназначен для проектирования систем и сетей сухопутной подвижной службы (сотовых, радиотранкинга, радиопейджинга,

ведомственных систем радиосвязи) фиксированной, радиовещательной, радионавигационной и других служб.

Одним из известных отечественных программных средств планирования ССПС с ЧРК, используемым во многих сотовых компаниях России, является программный комплекс ONEPLAN RPLS, разработанный в компании ООО «ИнфоТел». Данный ПК предназначен для повышения оперативности и обоснованности решений, принимаемых при проектировании, развитии и эксплуатации сотовых сетей подвижной радиосвязи и радиорелейных линий. Самая распространенная версия ПК ONEPLAN RPLS XML включает следующие основные функциональные программные модули.

При помощи функционального модуля *EnergyPlan* выполняется расчет энергетических параметров сети сотовой связи. Расчет ведется на основе использования моделей в соответствии с Рекомендацией МСЭ №567 (модель Окамура-Хата), COST 231, Уолфиш-Икегами, модифицированных моделей расчета дифракции на клиновидном препятствии и дифракции на сферическом препятствии.

Функциональный модуль *FrequencyPlan* предназначен для создания частотного плана сети сотовой связи в соответствии с заданными параметрами частотного распределения.5

Функциональный модуль *InterferencePlan* предназначен для расчета тематических карт оценки внутрисистемных помех по различным критериям.

Функциональный модуль *RRLPlan* предназначен для выполнения энергетического расчета цифровых и аналоговых радиорелейных интервалов и линий с рабочей частотой до 60 ГГц.

Создание, хранение и редактирование проектов, сценариев и районов моделирования, а также исходных пространственно-технических характеристик сети осуществляется при помощи функционального модуля *BasePlan*.

Функциональный модуль *DirectoryPlan* представляет собой справочную систему. Справочная система предназначена для хранения и редактирования основных технических характеристик стандартов и оборудования подвижной радиосвязи, радиорелейных станций, в том числе диаграмм направленности антенн (имеет встроенный антенный редактор – рисунок 1).

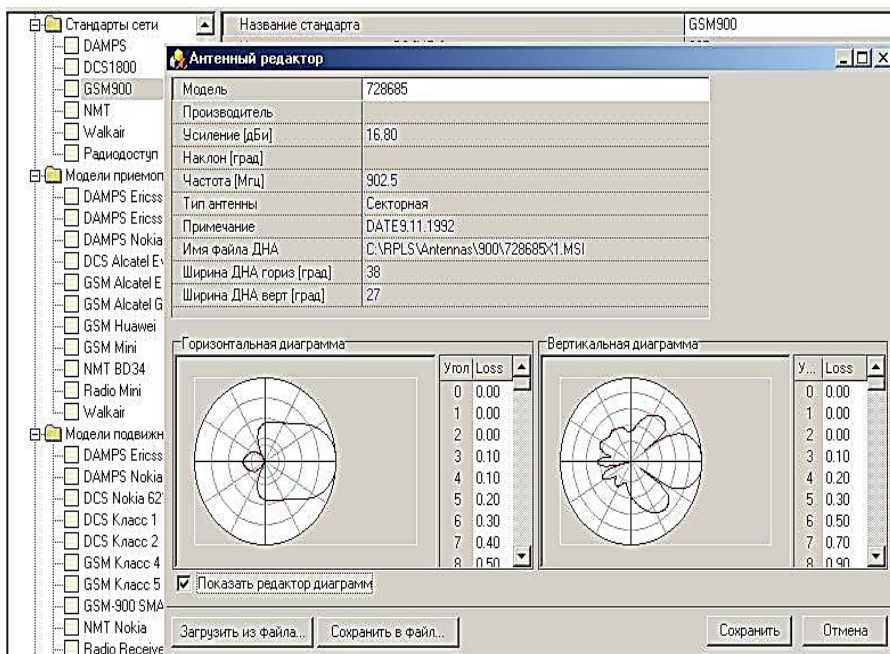


Рисунок 1 – Диалоговое окно антенного редактора

Функциональный модуль *OCX Neva* представляет собой визуальный компонент системы планирования. Он предназначен для отображения и масштабирования карты местности и тематических карт, создания, отображения и редактирования пространственных характеристик сети, а также формирования на основе векторной карты местности растровой расчетной матрицы.

Функциональный модуль *TrafficPlan* предназначен для оценки трафика сценария проектирования или совершенствования сети сотовой связи с целью определения потребного количества частотных каналов для каждого сектора в отдельности и сети в целом.

Функциональный модуль *ReportsPlan* обеспечивает формирование отчетов по полученным результатам расчета.

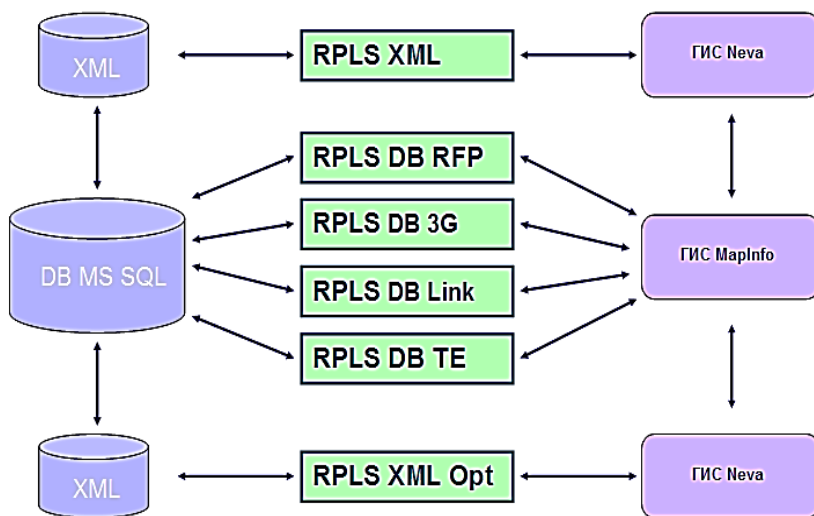


Рисунок 2 – Функциональная архитектура ПК ONEPLAN RPLS

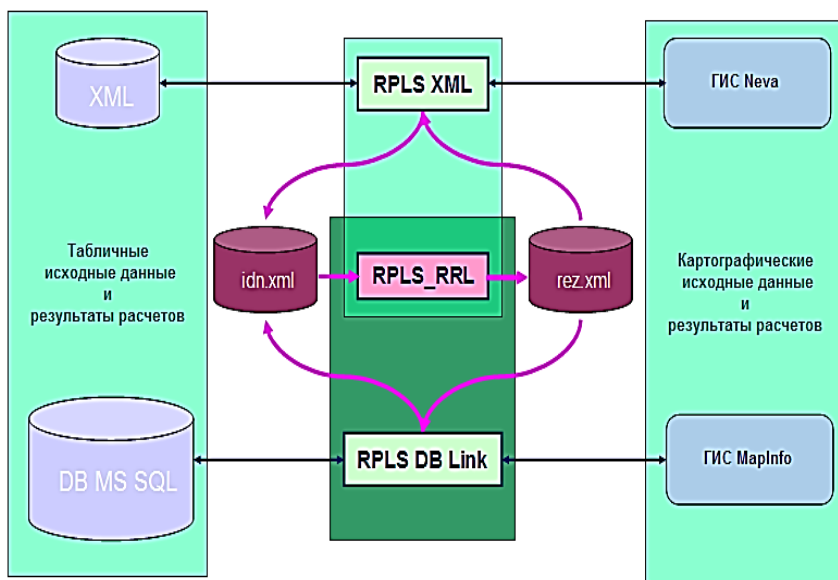


Рисунок 3 – Обмен данными между программными модулями ПК ONEPLAN RPLS при расчете радиорелейных интервалов (ПРИ)



## **Заключение.**

Данная статья была посвящена ознакомлению с программными средствами для моделирования режимов адаптивной модуляции в планировании радиорелейных линий связи. В ней были рассмотрены различные ПС зарубежного и отечественного производства для решения задач планирования и оптимизации радиорелейных линий связи. Более подробно рассмотрена программа ONEPLANRPLS-DB, приведена функциональная архитектура и более подробно рассмотрены функциональные модули.

### **Список литературы:**

1. ООО «ИнфоТел» Программный комплекс ONEPLANRPLS-DB планирования и оптимизации сетей подвижной и фиксированной связи – 2013 г.
2. Широких Д. УИР на тему: Обзор ПО для радиопланирования». – 2016 г.
3. Одоевский С.М., Степанец В.А. Программные средства планирования и оптимизации сетей беспроводной связи. – 2010 г.

*Лебедева Анастасия Олеговна*  
*магистрант 2 курса*  
*ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный*  
*морской технический университет»,*  
*г. Санкт-Петербург*  
*e-mail: burkevich.nastya@yandex.ru*  
*Черкаев Георгий Владимирович*  
*к.т.н., доцент*  
*научный руководитель*  
*ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный*  
*морской технический университет»,*  
*г. Санкт-Петербург*  
*e-mail: gcherkaev@mail.ru*  
*Чихонадских Елена Александровна*  
*доцент, к.т.н.*  
*ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный*  
*морской технический университет»,*  
*г. Санкт-Петербург*  
*e-mail: hel.60@mail.ru*

**Использование растительных и пищевых отходов для  
изготовления альтернативных видов судового топлива**

**Аннотация.** В статье рассмотрены вопросы, связанные с производством альтернативного вида судового топлива – биодизеля, получаемого из отходов сельского хозяйства и пищевой промышленности.

**Ключевые слова:** биодизель, альтернативное топливо, растительные отходы, судовое топливо.

*Lebedeva Anastasia Olegovna*  
*2 year undergraduate*  
*Saint-Petersburg State Marine Technical University,*  
*Saint-Petersburg*  
*e-mail: burkevich.nastya@yandex.ru*  
*Cherkaev Georgiy Vladimirovich*  
*docent, Candidate Sci. Tech,*  
*Saint-Petersburg State Marine Technical University,*  
*Saint-Petersburg*  
*e-mail: gcherkaev@mail.ru*

Chihonadskih Elena Alexandrovna  
docent, Candidate Sci. Tech.  
Saint-Petersburg State Marine Technical University,  
Saint-Petersburg  
e-mail: hel.60@mail.ru

## **The use of plant and food waste for the manufacture of alternative types of marine fuel**

**Abstract.** *The article discusses issues related to the production of an alternative type of marine fuel – biodiesel, obtained from agricultural and food waste.*

**Key words:** *biodiesel, alternative fuel, vegetable waste, marine fuel.*

Практически 90% механической энергии, которая используется для нормального обеспечения жизнедеятельности людей, вырабатывается двигателями внутреннего сгорания (ДВС). Двигатели относятся к основным потребителям депонированных энергоресурсов, запасы которых на планете существенно ограничены. В связи с вышесказанным, достаточно актуальными являются научные исследования, связанные с поисками альтернативных видов топлив, способов их получения и эффективного использования. Кроме того, постепенно ухудшающаяся экологическая обстановка, существенные климатические изменения, связанные с выбросами парниковых газов, заставляют более взвешенно подходить к решению поставленных задач.

В настоящее время более 860 млн. т углекислого газа ( $\text{CO}_2$ ) в год, или 2,4% от общего объема в мире, поступает от ДВС морских судов и эта доля, при условии, что сложившаяся ситуация не изменится, будет расти. Согласно прогнозам Европейского парламента ожидается, что к 2050 году на долю морских выбросов будет приходиться до 17% общего объема парниковых газов, произведенных во всем мире [1].

Принятие новых стандартов, касающихся вопросов выбросов от судовых ДВС, открыли путь к серьезным изменениям, касающимся морских технологий и применяемых видов топлив. Вводимые экологические нормы, ограничивающие выбросы  $\text{SO}_x$  и  $\text{NO}_x$  в пределах 200 мильной береговой зоны, вынуждают судовладельцев на переход, пусть пока кратковременный (до тех пор, пока все суда не будут оснащены средствами контроля выбросов) от используемого в настоящее время тяжелого нефтяного топлива к его альтернативам.

Одним из путей решения описанных проблем является использование на судах биотоплива, являющегося одним из основных видов возобновляемых энергоресурсов, и которое можно получить из отходов сельского хозяйства и пищевой промышленности.

Например, на предприятиях пищевой промышленности России ежегодно образуется около 30 млн. тонн отходов. Рациональное использование этого сырья может стать основной задачей ресурсосбережения и повышения экологизации производства [2].

Однако замена традиционного топлива на биологическое сталкивается с некоторыми существенными препятствиями. Так, тяжелое топливо традиционно на 20-30% дешевле бензина или дизельного топлива. Энергия, получаемая от биотоплива также зачастую значительно ниже, чем у нынешних видов топлива, в силу чего требуются большие его объемы. Приходится признать, что оно может быть использовано только при морских перевозках на короткие расстояния, портовыми судами и паромными. Также такие топлива особенно подходят для использования на внутренних водных путях и в прибрежных районах из-за их меньшего воздействия на окружающую среду при сжигании или возможных проливах / разливах при авариях. Кроме того, биодизели существенно свободны от серы и ароматических веществ.

Проблему больших объемов можно попытаться решить, смешивая биодизель с судовым дизельным топливом, и тяжелыми нефтяными топливами, так как не потребуется никаких изменений в существующих двигательных системах и инфраструктуре.

Как правило, для производства биодизеля используют растительные жиры и масла, полученные из сои (занимают первое место в мире по удельному весу в производстве масленичных культур), хлопка или рапса. Также эффективной возобновляемой культурой, обладающей наибольшим потенциалом с точки зрения выработки энергии являются водоросли, которые не требуют увеличения пахотных земель на суше и, в тоже время, позволяют получить в 10 раз больше масел в одной и той же площади, по сравнению с рапсом или соей [3].

#### Список литературы:

1. Bauer L. Ocean Going Vessels Going Green. [Электронный ресурс] – <http://www.biofuelsdigest.com/bdigest/2016/11/22/ocean-going-vessels-going-green/> (дата обращения 09.10.19).

2. Федоренко В.Ф. Инновационные технологии получения энергии из отходов сельского и лесного хозяйств. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2012.

3. Стюфляева А.С, Черкаев Г.В. Применение вихревых аквареакторов для выращивания микроводорослей для производства судового биодизеля // 8-я Всероссийская межотраслевая НТК «Актуальные проблемы морской энергетики». СПб.: Изд-во СПбГМТУ, 2018. С. 314 - 316.

*Липис Алексей Викторович  
к.т.н., заведующий кафедрой вычислительной техники и  
информационных технологий  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
морской технический университет»,*

*г. Санкт-Петербург  
e-mail: alipis@smtu.ru*

*Липис Дмитрий Алексеевич  
заведующий лабораторией  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
морской технический университет»,*

*г. Санкт-Петербург  
email: dlipis@smtu.ru*

*Панова Евгения Александровна  
старший преподаватель  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
морской технический университет»,*

*г. Санкт-Петербург  
e-mail: panova@corp.smtu.ru*

*Шамрай Феликс Анатольевич  
директор департамента развития судостроения  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
морской технический университет»,*

*г. Санкт-Петербург  
e-mail: engineer25@mail.ru*

### **Цифровые технологии и постройка крупными насыщенными блоками**

**Аннотация.** Статья посвящена проблеме взаимодействия производственной технологии постройки судов крупными насыщенными блоками и современных цифровых технологий

**Ключевые слова:** крупные блоки, насыщенные блоки, постройка судов, цифровые технологии, цифровизация, крупноблочное строительство.

*Lipis Alexey Viktorovich*  
*Ph.D., Head of the Department of Computer Engineering and*  
*Information Technology*  
*Saint-Petersburg State Marine Technical University,*  
*Saint-Petersburg*  
*e-mail: alipis@smtu.ru*  
*Lipis Dmitrii Alekseevich*  
*Head of laboratory*  
*Saint-Petersburg State Marine Technical University,*  
*Saint-Petersburg*  
*email: dlipis@smtu.ru*  
*Panova Evgeniia Aleksandrovna*  
*Senior Lecturer*  
*Saint-Petersburg State Marine Technical University,*  
*Saint-Petersburg*  
*e-mail: panova@corp.smtu.ru*  
*Shamray Felix Anatolyevich*  
*Director of Department of Shipbuilding Development*  
*Saint-Petersburg State Marine Technical University,*  
*Saint-Petersburg*  
*e-mail: engineer25@mail.ru*

### **Digital technologies and large saturated blocks construction**

**Abstract.** *The article is focused on problem of interaction between building ships by large saturated blocks production technology and modern digital technologies*

**Key words:** *digital technologies, digitalization, large blocks, saturated blocks, shipbuilding, large block construction*

В отечественном судостроении, во многом благодаря усилиям известного отечественного судостроителя Евгения Викторовича Игошина, набирает популярность идея организации постройки судов крупными насыщенными блоками. Реализация этой технологии в её современном виде стала возможной благодаря развитию цифровых технологий в судостроении. Именно цифровые и информационные технологии дали импульс развитию и широкомасштабному использованию блоков с высокой степенью насыщения при постройке судов.

В мировой же практике строительство крупными насыщенными блоками успешно реализовано такими верфями, как Hundai, Samsung,

Mauger и другими. Современный российский опыт крупноблочного строительства фактически ограничивается постройкой кораблей типа «Мистраль» [2, с.30], при реализации этого проекта использовались блоки без насыщения, большинство работ выполнялось на верфи DCNS/STX (Франция). Балтийский Завод (Россия) осуществлял постройку кормовой оконечности с последующей ее доставкой во Францию.

Если рассматривать развитие технологий, то в 60-70х годах 20-ого века в цехах осуществлялось изготовление секций, подавляющая часть работ по достройке проводилась в доке или на плаву. В 80-е годы распространение получила технология предварительного насыщения - часть оборудования и систем устанавливалась в блоки в цехах, далее производилась досборка. Переход между такими технологиями не потребовал существенных изменений процесса проектирования, а оказал влияние лишь на организацию производства. Следующим этапом стала методология интегрированного строительства. Объект морской техники разделяется на множество модулей, из которых формируются блоки. Такой переход потребовал не только изменения производственных процессов, но существенно повлиял и на процесс проектирования, так как каждый модуль становится законченным изделием (со всем оборудованием и системами). Дальнейшим этапом является технология постройки судов крупными насыщенными блоками. Судно разделяется на небольшое число блоков (мега-блоков), формируемых в цехах (на горизонтальных построечных местах), каждый из которых содержит практически все элементы насыщения. На стапеле, в доке или на плаву осуществляется стыковка блоков с минимумом построечных операций. Основной целью такого подхода является минимизация времени нахождения судна в доке (существенная доля себестоимости постройки), общее сокращение периода постройки, снижение себестоимости, обеспечение гибкости распределения производства. Следует обратить внимание также на улучшение условий труда, что положительно сказывается на качестве продукции.

Рассматриваемый подход к организации постройки объектов морской техники стал доступен благодаря активному развитию цифровых технологий (далее – ЦТ). Современные ЦТ позволяют в едином информационном пространстве создавать и поддерживать актуальность интегрированной информационной модели «верфь-судно», благодаря чему моделировать различные варианты реализации



производственной программы с целью оптимизации, как ее состава, так и процессов, связанных с ее реализацией.

Так, современные системы моделирования (например, Dassault Systemes DELMIA [3]) позволяют создать модель функционирования верфи с разной степенью дискретизации от укрупненного размещения блоков и их перемещения, до детального моделирования ручных операций, работы грузоподъемного или станочного оборудования. Модель верфи, полностью интегрированная с моделью судна, позволяет, как оптимизировать процесс постройки с учетом текущей загрузки, имеющихся производственных мощностей, особенностей проекта судна, так и оптимизировать его с учетом дальнейшей постройки на тех или иных производственных мощностях. Таким образом, решается важнейшая задача формирования и доставки новых блоков в короткие промежутки времени стыковки предыдущих. Модель верфи позволяет оптимизировать процесс модернизации предприятия с учетом перспективной производственной программы и необходимости применения переходных технологий в период модернизации. Она же должна стать основой оценки экономической эффективности на этапе заключения контракта на постройку судна.

В случае принятия решения о целесообразности постройки судна крупными насыщенными блоками, необходимо внести серьезные корректировки в работу не только верфи, но и конструкторского бюро.

Во-первых – полная электронно-цифровая модель судна должна быть создана до начала постройки. Осуществлять постройку судна по мере выпуска рабочей конструкторской документации с неполной электронно-цифровой модели, как это сегодня делается большинством отечественных предприятий, невозможно. Модель судна должна быть полной, включать все оборудование, системы, так как практика монтажа трубопроводов, кабельных трасс и других систем «по месту» не применима.

Во-вторых – при проектировании насыщения следует учитывать необходимость разбивки на блоки не только корпуса, но также и систем. Процесс проектирования должен быть ориентирован на блоки с выделением типовых модулей, входящих в состав блоков (например, модулей оборудования, арматуры, кают, спальных мест, лифтов и т.д.). Должна быть обеспечена возможность распределенного параллельного проектирования по всем дисциплинам (от специализированных судостроительных, до общего машиностроения, электроники и т.д.), что обеспечивается применением современных информационно-

технологических решений по управлению жизненным циклом (PLM – Product Lifecycle Management) [4], включающих функционал управления данными и бизнес-процессами (PDM – Product Data Management), автоматизированного проектирования (CAD – Computer Aided Design), виртуального инженерного анализа (CAE – Computer Aided Engineering) и т.д.

В третьих – следует изменить процедуру сдачи-приемки с учетом возможности постройки блоков на различных верфях (необходимы новые нормативы на проведение испытаний (в том числе предварительных) и проверок, а также сдачи помещений, систем и т.д.).

В четвертых – необходимо изменения стратегии закупок с переходом на поставку «точно в срок» (объекты снабжения должны доставляться к тому времени, когда это необходимо по производственному процессу). Такой подход позволит минимизировать складские запасы, а также затраты на подготовку производства (например, на дробеструйную обработку листового металла после длительного хранения на складах). Для этого в рамках единой цифровой платформы необходима объединение функционала PLM и ERP (Enterprise Resource Planning). В отечественных условиях также важно учитывать законодательство в сфере закупок для государственных и муниципальных нужд, результатом применения которого, зачастую, становится поставка отличного от заложенного в проект оборудования, что приводит к необходимости корректировки проекта суда, реализация чего в сжатые сроки и с надлежащим качеством возможна исключительно при наличии полного электронно-цифрового макета судна и только с использованием ЦТ.

В пятых – необходимо изменение управления реализацией проектов в целом с переходом на принципы проектного управления. Ключевым элементом управления в этом случае становится понятие стратегии постройки, которой подчиняются проектирование, производство, закупки, планирование, обеспечение контроля качества и т.д., а центром принятия решений становится проектный офис, формируемый по профессиональному принципу, а не согласно принадлежности к тому или иному предприятию.

Моделированию подлежат также процессы транспортировки и сборки блоков с учетом работы кранового и транспортного оборудования всех верфей-участников процесса постройки. Необходимо определить и оптимальную степень насыщения блоков с учетом необходимости их транспортировки (перемещения) (включая

ограничения грузоподъемности кранового и транспортного оборудования). На верфи целесообразно вводить мониторинг в режиме реального времени движения и размещения заказов с функционалом сквозного прослеживания (например, с использованием сквозной лазерной маркировки, RFID меток и т.д.). Важно, организовать цифровую валидацию блоков и насыщения по трехмерной модели судна (решение задач судометрики с использованием ЦТ с обратной связью результатов измерений и технологических процессов).

Отдельно следует рассмотреть возможность кадрового маневра в рамках организации постройки судна крупными насыщенными блоками согласно принципам проектного управления. Мобильность трудовых ресурсов является одним из факторов, который оказывает непосредственное влияние на решение проблем кадрового дефицита предприятий. Развитие мобильности трудовых ресурсов позволяет предприятиям повышать свой трудовой потенциал и человеческий капитал, путем привлечения высококвалифицированных ресурсов из других регионов, с других предприятий. В интегрированных структурах, таких как, например, АО «ОСК», должна быть обеспечена эффективная релокация персонала, под которой понимается мобильность высококвалифицированных специалистов [1] с возможностью его оперативного перемещения между предприятиями в соответствии с производственной программой.

Эффективным организационно-техническим инструментом реализации постройки крупными насыщенными блоками может стать концепция «виртуальных судостроительных кластеров» в рамках которой осуществляется интеграция на основе единого информационного пространства (единой информационно-технологической платформы цифрового судостроения) и принципов проектного управления всех участников процесса проектирования и постройки судна вне зависимости от их местоположения и корпоративной принадлежности. Такой подход позволит повысить эффективность реализации проектов и капиталовложений в модернизацию производственных мощностей с усилением компетенций каждого отдельного предприятия в интересах своевременной и полной реализации производственной программы.

Таким образом, активное применения цифровых технологий при организации проектирования и постройке судов крупными

насыщенными блоками, не только даёт возможность широко-масштабного использования такого подхода, но и существенно повышает его эффективность.

#### Список литературы:

1. Релокация персонала в системе управления мобильностью трудовых ресурсов [Текст]: Статья / Счисляева Е.Р., Панова Е.А. - г. Москва, ВАК, Аудит и финансовый анализ, № 6.2014, 2014. с. 381 - 384.
2. Направляющие к вершине [Текст]: Статья / Шамрай Ф.А. – г. Санкт-Петербург, Вести морского Петербурга, №3.2019, 2019.с. 28-30.
3. DELMIA – важнейший элемент PLM-решений Dassault Systemes для судостроения [Текст]: Статья / Вязанкин А.С., Князев А.С., Липис А.В. – г. Санкт-Петербург, Рациональное управление предприятием, №3.2011, 2011, с.58-60.
4. Применением универсальных общемашиностроительных систем автоматизированного проектирования в судостроении [Текст]: Статья / Липис Д.А., Машин А.В. – г. Санкт-Петербург, Рациональное управление предприятием, №2.2007, 2007, с. 34-35.

Лысенко Анастасия Алексеевна  
магистр,  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
морской технический университет»,  
г. Санкт-Петербург  
e-mail: [kapitan21996@mail.ru](mailto:kapitan21996@mail.ru)

### Глобальная навигационная спутниковая система Галилео

**Аннотация.** В статье описаны цели создания, особенности и этапы развития одной из современных навигационных систем, получившей название Галилео, в честь итальянского учёного, астронома Галилео Галилея.

**Ключевые слова:** глобальная, навигационная, спутниковая система.

Lysenko Anastasia Alekseevna  
master,  
Saint Petersburg State Marine Technical University,  
Saint-Petersburg  
e-mail: [kapitan21996@mail.ru](mailto:kapitan21996@mail.ru)

### Galileo global navigation satellite system

**Abstract.** The article describes the purpose of creation, features and stages of development of one of the modern navigation systems, called Galileo, in honor of the Italian scientist, astronomer Galileo Galilei.

**Key words:** global, navigation, satellite system.

Спутниковая система навигации – это комплексная электронно-техническая система, которая состоит из совокупности наземного и космического оборудования и предназначена для определения местоположения (географических координат и высоты), а также параметров движения (скорости, направления движения и т.д.) для наземных, водных и воздушных объектов.

Вопрос определения местоположения на Земле всегда был очень важной задачей. Первые мореплаватели могли ориентироваться лишь по звёздам, определяя с их помощью направление движения. Однако затем появился компас, и задача существенно упростилась. Его изобретение стало для мореплавателей надёжным средством, позволившим ориентироваться в море в любой момент, независимо от

времени суток и от погоды. Это позволило человечеству вступить в эпоху великих географических открытий, изучить Землю, создать подробные карты. В XX веке возникла потребность в более точных методах определения координат, удовлетворить которую удалось благодаря достижениям технического прогресса во второй половине XX века, когда зародилась идея создания спутниковой навигации.

В 50-х годах в СССР был запущен первый искусственный спутник Земли. Американские учёные во главе с Ричардом Кершнером, наблюдали сигнал, который исходил от советского спутника и обнаружили, что благодаря эффекту Доплера частота принимаемого сигнала увеличивается при приближении спутника и уменьшается при его отдалении. Сущность открытия состояла в том, что если знать свои координаты на Земле, то становится возможным измерить положение спутника. Имеет место и обратная ситуация, когда, зная положение спутника, можно определить собственные координаты.

Практическую реализацию это открытие получило в 1974 году, когда США вывели первый тестовый спутник на орбиту Земли. К 1993 году были выведены уже 24 спутника. В итоге была покрыта вся планета, и благодаря этому полноценно заработала Глобальная система позиционирования (так же известная как GPS – Global Positioning System). Первоначально планировалось использовать GPS только в военных целях, однако вскоре после запуска данная система стала доступна и в гражданских целях, претерпев некоторые изменения, а именно, введение специального режима избирательного доступа (т.н. SA – Selective Availability), суть которого состоит во внесении искажений, снижающих точность позиционирования до 70-100 метров в передаваемый сигнал. В 2000 году этот режим был отключен и точность повысилась до 3-10 метров. Тем самым сильно возросла популярность GPS, ею стали пользоваться во всех областях человеческой деятельности: на море и на суше, в промышленности и в повседневной жизни. Таким образом, факт сильной зависимости экономики от GPS и, как следствие, от правительства США в условиях постоянно меняющейся и не всегда стабильной политической ситуации привёл Европу к осознанию необходимости создания собственной навигационной системы, названной Galileo.

Галилео (Galileo) – совместный проект спутниковой системы навигации Европейского союза и Европейского космического агентства, создаётся для обеспечения независимости стран-членов в сфере координатно-временного и навигационного обеспечения и является

частью транспортного проекта Трансьевропейские сети (англ. Trans-European Networks). Система предназначена для решения навигационных задач для любых подвижных объектов с точностью менее одного метра. Ныне существующие GPS-приёмники не смогут принимать и обрабатывать сигналы со спутников Галилео, хотя достигнута договорённость о совместимости и взаимодополнении с системой NAVSTAR GPS третьего поколения.

Помимо стран Европейского союза достигнуты договорённости на участие в проекте со следующими государствами: Китай, Израиль, Южная Корея, Украина и Россия. Кроме того, ведутся переговоры с представителями Аргентины, Австралии, Бразилии, Чили, Индии, Малайзии.

Европейская программа по созданию глобальной навигационной спутниковой системы (ГНСС) официально была утверждена в 1994, когда Европейский совет потребовал от Европейской комиссии предпринять шаги по развитию информационных технологий, включая и спутниковую навигацию. Было принято решение развивать два направления. Первое из них создание систем функциональных дополнений, существующих ГНСС GPS и ГЛОНАСС. Эта программа получила название European Geostationary Navigation Overlay Service (EGNOS). Второе направление заключалось в создании собственной ГНСС, предназначенной для гражданского применения и построенной на принципах государственно-частного партнёрства. В 1999 году Европейский проект по созданию ГНСС получил условное название Галилео в честь итальянского астронома Галилео Галилея.

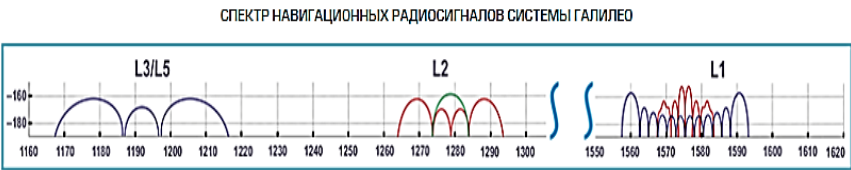
Экспериментальные спутники GIOVE-A и GIOVE-B были запущены на орбиту 28 декабря 2005 и 27 апреля 2008 соответственно. Основная задача GIOVE-A состояла в оценке точностных характеристик навигационных радиосигналов Галилео во всех частотных диапазонах, а GIOVE-B – в тестировании навигационной полезной нагрузки.

Два первых навигационных космических аппарата (КА) были запущены 20 октября 2011 с помощью ракеты «Союз-СТБ» с космодрома в Куру. Специалисты Галилео включили главную антенну L-диапазона (1,2-1,6 гигагерца), с которой был передан первый навигационный сигнал, его мощность и форма соответствовала всем спецификациям, а также совместима с американской системой GPS. 12 октября 2012 года были запущены на орбиту ещё 2 спутника проекта Галилео, стало возможным первое позиционирование из космоса, так как для него необходимо по крайней мере четыре спутника. С начала

2014 года на орбиту были выведены ещё 14 спутников, остальные к 2020 году. На рисунке 1 приведены данные об орбитальной группировке Галилео, исходя из гарантированного обеспечения требований по точности и доступности при минимальных затратах на коррекцию орбиты за время существования космического аппарата, а на рисунке 2 – технические характеристики радиосигналов Галилео.

|                       |                 |
|-----------------------|-----------------|
| КОЛИЧЕСТВО ШТАТНЫХ КА | 27 (+ 3 резерв) |
| ВЫСОТА ОРБИТЫ         | 23 222 км       |
| КОЛИЧЕСТВО ПЛОСКОСТЕЙ | 3               |
| БОЛЬШАЯ ПОЛУОСЬ       | 29 640 км       |
| ПЕРИОД                | 14 ч 4 мин 45 с |
| НАКЛОНЕНИЕ            | 56°             |

Рисунок 1 – Орбитальная группировка



ХАРАКТЕРИСТИКИ НАВИГАЦИОННЫХ РАДИОСИГНАЛОВ СИСТЕМЫ ГАЛИЛЕО

| Диапазон | Несущая частота, МГц | Сигнал        | Длительность кода ПСП, символы | Тактовая частота, МГц | Вид модуляции     | Скорость передачи ЦИ, БИТ/С |
|----------|----------------------|---------------|--------------------------------|-----------------------|-------------------|-----------------------------|
| E1       | 1 575,42             | E1A           | нет данных                     | 2,5575                | BOC (15, 2,5)     | 50/100                      |
|          |                      | E2B           | 4 096                          | 1,023                 | МВОС (6, 1, 1/11) | 125/250                     |
|          |                      | E1C (пилот)   | 4092                           | 1,023                 | МВОС (6, 1, 1/11) | нет                         |
| E6       | 1 278,75             | E6A           | нет данных                     | 5,115                 | BOC (10, 5)       | 50/100                      |
|          |                      | E6B           | 5115/1                         | 5,115                 | BPSK              | 500/1000                    |
|          |                      | E6C (пилот)   | 5115/100                       | 5,115                 | BPSK              | нет                         |
| E5       | 1 191,79             | E5a-I         | 10230/20                       | 10,23                 | AltBOC (15,10)    | 25/50                       |
|          |                      | E5a-Q (пилот) | 10230/100                      | 10,23                 | AltBOC (15,10)    | нет                         |
|          |                      | E5b-I         | 10230/4                        | 10,23                 | AltBOC (15,10)    | 125/250                     |
|          |                      | E5b-Q (пилот) | 10230/100                      | 10,23                 | AltBOC (15,10)    | нет                         |

Рисунок 2 – Технические характеристики радиосигналов



В системе Галилео используется традиционная геоцентрическая декартова система координат, которая получила название Galileo Terrestrial Reference Frame (GTRF). Эта система координат связана с международной земной системой координат ITRF и определена таким образом, что её расхождение с ITRF не превышает 3 см с вероятностью 0,95. Для поддержания GTRF создана специальная геодезическая служба, которая также обеспечивает участие международного сообщества в определении и поддержании системы координат GTRF.

Шкала времени системы Галилео (Galileo System Time – GST) – непрерывная атомная шкала времени с постоянным смещением на целое количество секунд относительно международного атомного времени TAI. Со шкалой времени UTC шкала GST имеет переменное расхождение на целое количество секунд.

Шкала GST поддерживается системой атомных эталонов частоты, основанных на активных водородных генераторах. Для корректировки GST система синхронизации наземного комплекса управления Галилео получает из Международного бюро мер и весов информацию о шкале времени TAI. Согласно техническим требованиям на систему Галилео, расхождение между GST и TAI не должно превышать 50 нс с вероятностью 95%.

Согласно проектной документации, номенклатура услуг Галилео включала в себя обеспечение коммерческой услуги на базе технологий высокоточного позиционирования PPP. Однако позднее Еврокомиссия подтвердила намерения предоставлять данную услугу потребителям на безвозмездной основе в 2018–2019гг. Европейское агентство по ГНСС выберет оператора и запустит услугу для безвозмездного использования.

В 2017 году Еврокомиссия объявила о решении реализовать коммерческую услугу на частоте E6-B с использованием зашифрованного и открытого компонентов. С новым решением о безвозмездности данной услуги все потребители Галилео, владеющие необходимой аппаратурой, уже в 2020–2021 году смогут решать навигационную задачу с точностью порядка 10 см.

Кроме базовых бесплатных услуг навигации, Галилео обеспечивает уникальную глобальную функцию поиска и спасения (SAR). Спутники способны передать сигнал бедствия с передатчика пользователя в Координационный центр обеспечения безопасности, который приступает к поисковым операциям. В это время система передает сигнал пользователю о том, что ситуация под контролем и помощь уже

в пути. Данная функция является серьезным улучшением по сравнению с существующими системами GPS и GLONASS, которые не имеют функции обратной связи.

На рисунке 3 приведена карта наземного комплекса управления навигационной системой.

- Центр управления системой в Фучино (Италия) и Оберпфaffenхофене (Германия)
- Станции закладки данных
- Глобальная сеть беззапросных измерительных станций
- Станции слежения, приема телеметрии и передачи управляющих команд
- Станции среднеорбитальной системы поиска и спасания, принимающие сигнал бедствия, ретранслируемый КА ГАЛИЛЕО



Рисунок 3 – Наземный комплекс управления

Помимо этого, для обеспечения предоставления услуг системы Галилео созданы и функционируют ряд обеспечивающих центров:

- центр летных испытаний полезной нагрузки (In-Orbit Testing – ИОТ) в Реду (Бельгия);
- два центра контроля запусков и начальных операций (Launch and Early Operations – LEO) в Тулузе (Франция) и Дармштадте (Германия);

- центр мониторинга характеристик (Galileo Reference Center – GRC) в Нордвике (Нидерланды);
- центр геодезического и временного обеспечения (Time and Geodesy Verification Facility – TGVF) в Нордвике (Нидерланды);
- два центра контроля безопасности применения услуги с регулируемым доступом PRS во Франции и Великобритании;
- центр услуг Галилео (Galileo Service Centre – GSC) в Мадриде (Испания).

### ***Вывод***

Таким образом, Галилео – это европейская глобальная навигационная спутниковая система, одной из целей которой является обеспечение высокоточной позиционной системы, на которую могут положиться страны Европы, независимо от уже существующих систем, в частности от американской системы GPS, китайской системы Compass и российской системы ГЛОНАСС, работа которых может быть прекращена во время военных действий или политического конфликта. Проект уже практически завершён и есть все основания полагать, что Галилео станет достойным конкурентом уже существующим аналогичным системам на суше и в море благодаря своей точности и функциям.

Список литературы:

1. Липкин И.А. Спутниковые навигационные системы. – М.: Вузовская книга, 2001
2. [http://www.esa.int/Our\\_Activities/Navigation/Galileo/What\\_is\\_Galileo](http://www.esa.int/Our_Activities/Navigation/Galileo/What_is_Galileo)
3. <https://www.glonass-iac.ru/guide/gnss/galileo.php>
4. <http://ppcmnic.ru/gnss/galileo>
5. <https://www.avsimrus.com/wiki/GPS>

*Майорова Ксения Сергеевна  
ассистент кафедры международных экономических отношений  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
морской технический университет»,*

*г. Санкт-Петербург  
xs-ksu123@mail.ru*

*Мамаджарова Татьяна Александровна  
студентка факультета «Международная высшая школа  
управления»*

*ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
морской технический университет»,  
г. Санкт-Петербург  
tatianagrechina22@gmail.com*

### **Актуальность внедрения цифровых технологий в судостроительную промышленность Российской Федерации**

***Аннотация.** Начало XXI века обусловлено активным внедрением процессов цифровизации в современную экономику на основе информационной и промышленной революции, а также процессов глобализации экономики. Активное внедрение цифровых технологий во внутренние и внешние бизнес-процессы предприятий необходимы для минимизирования противоречий, возникающих в инновационных процессах, направленных на совершенствование производственно-технологических систем судостроительных компаний.*

***Ключевые слова:** цифровизация, глобализация, экономика промышленности, цифровая экономика, геоинформационный портал, цифровое производство.*

*Maierova Ksenia Sergeevna  
Assistant of the Department of international economic relations  
Saint-Petersburg State Marine Technical University,*

*Saint-Petersburg  
e-mail: xs-ksu123@mail.ru*

*Mamadzharova Tatiana Alexsandrovna  
Student of the faculty "International higher school of management»  
Saint-Petersburg State Marine Technical University,*

*Saint-Petersburg  
e-mail: tatianagrechina22@gmail.com*

## **The relevance of the introduction of digital technologies in the shipbuilding industry of the Russian Federation**

**Abstract.** *The beginning of the XXI century is caused by active introduction of processes of digitalization in modern economy on the basis of information and industrial revolution, and also processes of globalization of economy. Active introduction of digital technologies into internal and external business processes of enterprises is necessary to minimize contradictions arising in innovative processes aimed at improving the production and technological systems of shipbuilding companies.*

**Key words:** *digitalization, globalization, industrial economy, digital economy, geoinformation portal, digital production.*

Судостроение является одним из важнейших секторов экономики и оказывает приумножающий эффект на развитие ряда смежных отраслей, таких, как металлургия, станкостроение, двигателестроение, металлообработка, радиоэлектроника, химическая промышленность. Распространение создаваемых в отрасли технологий способствует разработке и внедрению новых технологических решений в других секторах промышленности.

На судостроительную отрасль России оказывают существенное влияние тенденции развития мировой и российской экономики. Российский судостроительный комплекс представляет собой совокупность судостроительных и судоремонтных предприятий, а также предприятий судового машиностроения и морского приборостроения, электротехнических предприятий, научно-исследовательских и проектно-конструкторских организаций и интегрированных структур, зарегистрированных на территории страны в соответствии с законодательством Российской Федерации независимо от организационно-правовых форм и форм собственности, и обеспечивающих создание кораблей, судов и морской техники, а также комплектующего оборудования для них [1]. В настоящее время ведущим трендом и драйвером мировой экономики является переход к технологиям цифрового производства. На данный момент большинство российских судостроительных предприятий используют широкий спектр цифровых технологий, включая трехмерное компьютерное моделирование и сопутствующие продукты, системы автоматизации процессов и др. [5]. Однако существующие темпы внедрения цифровых технологий существенно ниже среднемировых. Наиболее крупные предприятия

отрасли осуществляют сквозную цифровизацию по всем направлениям деятельности, включая внедрение систем автоматизированного управления производством и электронный обмен данными технического характера. Вместе с тем, информационная инфраструктура предприятий нуждается в дальнейшей интеграции и унификации процессов [4].

В рамках цифровизации отрасли Федеральным ядерным центром (РФЯЦ-ВНИИЭФ), ФГУП «Крыловский государственный научный центр» и АО «ОСК» разработан проект «ЛОГОС-Судостроение», предусматривающий создание специализированных расчетных модулей и технологий численного моделирования физических процессов в судостроении. В 2017 г. запущен пилотный проект в целях формирования единого цифрового пространства между АО «Северное ПКБ» и АО «ПО «Севмаш», что обеспечивает разработку решений по преобразованию документации системы автоматизированного управления продукцией проектанта в аналогичную систему производителя [3].

В обеспечение развития технологического потенциала отечественного судостроения за последнее 10 лет создан либо создается ряд технологий, в том числе:

- технологии и техника для освоения шельфовых месторождений, включая комплексы и системы разведки, добычи, хранения и транспортировки углеводородов;
- обеспечение безопасности при эксплуатации объектов морской техники;
- обеспечение экологического мониторинга и контроля при освоении шельфовых месторождений;
- производственные технологии строительства и ремонта судов и технических средств, изделий судового машиностроения;
- технологии информатизации производства;
- технологии проектирования судов и морской техники, в том числе в целях обеспечения деятельности на континентальном шельфе, пассажирских судов, судов для добычи и переработки биоресурсов, научно-исследовательских судов и пр.;
- технологии создания комплексов и систем в области морского приборостроения, включая технологии создания систем навигации и е-навигации, систем управления техническими средствами и процессами, систем связи, гидроакустических систем и пр.;

– технологии создания изделий судового машиностроения, включая технологии создания перспективных энергетических установок и электроэнергетических систем, двигателей, судовых систем и устройств, оборудования для рыбопромыслового флота;

– базовые технологии, охватывающие сразу несколько направлений развития судостроения, включая технологии создания перспективных материалов и покрытий, технологии гидродинамики, технологии обеспечения прочности и надежности судов и технических средств;

– цифровые технологии в обеспечение создания систем управления жизненным циклом морской техники.

Перспективы развития научно-технологического потенциала судостроения до 2030 г. обозначены в государственной программе РФ «Развитие судостроения и техники для освоения шельфовых месторождений на 2013 - 2030 годы», реализуемой с 2016 г. [6].

Для выхода России на новый уровень в судостроении, необходим следующий ряд мероприятий.

### **Мероприятие 1. Цифровизация верфей**

поддержка разработки и закупки необходимого инженерного программного обеспечения для различных технологических процессов цифровых верфей, разработки и внедрения единого формата передачи данных, процедур конвертирования данных для доступа к производственной и технической информации в течение всего периода эксплуатации судна;

поддержка автоматизации сбора данных и их повторного использования на последующих этапах работы, в том числе через соответствующие пилотные проекты;

поддержка интеграции нормативно-справочной информации в архитектуру цифровой платформы верфи, включая экологические нормы и требования, на основе секторальных стандартов;

поддержка разработки и внедрения безопасных (доверенных) систем управления различными элементами цифровой верфи, включая управление «умным» судном, контейнерами, складом, обеспечения контроля оборудования и управления инженерными сооружениями на основе технологий криптографической защиты информации;

создание условий для интеграции корпоративных информационных систем в цифровую платформу предприятия благодаря разработке и принятию единого стандарта обмена данными на уровне отрасли.

## **Мероприятие 2. Развитие информационно-коммуникационных технологий и систем автоматизации при эксплуатации судов, цифровой навигации и безэкипажного судоходства**

поддержка реализации пилотных проектов, связанных с испытанием и апробацией перспективных технологий цифровой навигации в реальных условиях;

поддержка формирования научно-технологических заделов в области цифровой навигации;

обеспечение правовой основы для перехода к безэкипажному судоходству;

поддержка разработки и распространения стандартов подключения элементов портовой инфраструктуры к судам и контейнерам с целью улучшения управления транспортными потоками.

### **Список литературы:**

1. Тенденции развития экономики и промышленности в условиях цифровизации / под ред. д-ра экон. наук, проф. А. В. Бабкина. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2017. - 468 с.

2. Иванченко А.В. Труды Международной научно-практической конференции «Цифровой регион: опыт, компетенции, проекты» // Государственная программа «Цифровая экономика Российской Федерации» и проблемы модернизации отечественной промышленности // Брянск, 2018. – С.184.

3. Кешелава А.Е. Введение в «Цифровую» экономику» / А.В. Кешелава, В.Г. Буданов, В.Ю. Румянцев [и др.]; под общ. ред. А.В. Кешелава; гл. «цифр.» конс. И.А. Зимненко. – ВНИИГеосистем, 2017. – 28 с.

4. Russian industrial sector in the conditions of the Fourth Industrial Revolution / E.S. Balashova, E.A. Gromova // International Conference on Contemporary Research in Mechanical Engineering with Focus on "Materials and Manufacturing" (ICCRME-2018) 06-07 April, 2018, India. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2018.

5. В статье использованы материалы доклада профессора К.К. Рихтера «Цифровая экономика – инновация 21-го века: вызовы устойчивому развитию» на заседании Ученого Совета СПбГУ 27.11.2017//

[https://spbu.ru/sites/default/files/20171127\\_povestka\\_us\\_spbu\\_materials\\_richter\\_doklad.pdf](https://spbu.ru/sites/default/files/20171127_povestka_us_spbu_materials_richter_doklad.pdf).



6. Министерство промышленности и торговли Российской Федерации / Проект «Стратегия развития судостроительной промышленности на период до 2035» //, 2018.

7. Бондаренко В.М. Мировоззренческий подход к формированию, развитию и реализации «цифровой экономики» // Журнал «Современные ИТ и ИТ-образование», 2017.

8. Гасанов Г.А. Региональные проблемы преобразования экономики // Цифровая экономика как новое направление экономической теории. – 2017. - №6 – С.4-10.

*Мамедова Лейла Эльдар гызы  
кандидат экономических наук, доцент,  
заведующий кафедрой управления судостроительным  
производством  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
морской технический университет»,*

*г. Санкт-Петербург  
e-mail:maleyla@yandex.ru*

*Гоголюхина Мария Евгеньевна  
кандидат экономических наук, доцент,  
доцент кафедры управления судостроительным производством  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
морской технический университет»,*

*г. Санкт-Петербург  
e-mail:m.gogolukhina@mail.ru*

### **Влияние инновационных технологий на инвестиционную привлекательность постройки и эксплуатации малотоннажных рыбопромысловых судов**

***Аннотация.** Основные задачи, которые ставят перед собой разработчики малотоннажной морской техники в рамках повышения эффективности её строительства и эксплуатации, это снижение топливемкости и повышение износостойкости конструкций. Решением указанных задач является облегчение судов за счет использования инновационных материалов.*

***Ключевые слова:** судостроение, малотоннажные суда, управление жизненным циклом судна, инновационные технологии, инвестиционный анализ, эффективность транспортных систем, эксплуатационная эффективность*

### **Influence of Innovational Technologies Application on Investment Attractiveness of Low Tonnage Vessels Construction and Operation**

*Mamedova Leyla Eldar gysy  
PhD in Economics, Associate Professor  
Head, Department of Management in Shipbuilding  
Saint-Petersburg State Marine Technical University,  
Saint-Petersburg*

*e-mail: maleyla@yandex.ru*  
*Gogolukhina Maria Evgenevna*  
*PhD in Economics, Associate Professor*  
*Department of Management in Shipbuilding*  
*Saint-Petersburg State Marine Technical University,*  
*Saint-Petersburg*  
*m.gogolukhina@mail.ru*

**Abstract.** *The main objectives set by the developers of low tonnage vessels are decreasing fuel consumption and increasing durability of constructions, which results in enhancing general efficiency of marine engineering facilities. Decreasing construction weight due to usage of light innovative materials is a relevant solution for the aforementioned objectives.*

**Key words:** *shipbuilding, low tonnage vessels, management of lifecycle of the vessel, innovational technologies, investment analysis, transport systems effectiveness, operational effectiveness*

Развитию транспортной системы в России придается большое значение, что находит отражение в Постановлениях Правительства РФ (Постановление Правительства РФ от 15 апреля 2014г. № 319 "Об утверждении государственной программы Российской Федерации "Развитие транспортной системы"). Одной из задач, предусмотренной этой программой, является обновление парка транспортных средств, состава морского и речного флота, повышение их эффективности. Кроме того, это соответствует приоритетному направлению развития науки, технологий и техники в Российской Федерации.

Проблемы, которые стоят перед отраслями, производящими транспортные системы (авиастроение, ракетная и космическая техника, судостроение, вагоностроение, автомобильная промышленность и др.) можно сформулировать следующим образом: 1) недостаточная эффективность систем; 2) высокий уровень топливоемкости и энергоемкости; 3) низкая износостойкость. Основной путь решения данных проблем - снижение веса транспортных конструкций и систем за счет применения легких материалов, обладающих высокими прочностными свойствами, и рационального конструирования, исходя из возможностей инновационных технологий.

Эргономичность и эксплуатационная эффективность многих конструкций, в особенности транспортных средств, зависит от их веса. В том числе, необходимыми условиями создания нового поколения

судовой техники являются увеличение удельной прочности конструкций, снижение их веса, увеличение полезной нагрузки судна за счет разработки принципиально новых материалов.

Снижение веса конструкции в первую очередь достигается за счет применения легких материалов, которые зачастую характеризуются недостаточно высокими прочностными характеристиками и ограниченными методами скрепления/сварки. Как правило, повышение прочностных свойств материалов связано с введением в их состав дорогостоящих компонентов или с последующей сложной обработкой. Таким образом, одной из проблем является то, что применение легких высокопрочных, но дорогостоящих, материалов является экономически нецелесообразным. Перспективный вариант решения проблемы – это внедрение инновационных материалов и лазерных технологий в производство.

В рамках проведенного исследования на примере морского рыбо-промыслового бота были проведены расчеты технико-экономических показателей эксплуатационной стадии жизненного цикла судна при его строительстве из разных материалов, в том числе: грузоподъемность, удельные расходы на топливо, автономность плавания, эксплуатационные затраты, денежные потоки, показатели оценки эффективности инвестиций. Результаты исследования свидетельствуют о хороших перспективах и высокой инвестиционной привлекательности применения рассматриваемых инновационных технологий в малотоннажном судостроении.

#### Список литературы:

1. Государственная программа Российской Федерации «Развитие судостроения на 2013-2020 годы», Распоряжение от 24 декабря 2012 года №2514-р, <http://government.ru/docs/3349/>
2. Программа инновационного развития ОАО «ОСК» на период 2011-2015 гг. и перспективу до 2020 года», <http://www.aosk.ru/innovation/>
3. Белов Н.А. и др. Высокопрочный сплав на основе алюминия. Патент РФ №2419663, опубл. 27.05.2011 Бюл. № 15
4. . Проект компании ПАО ОК «Рысал» <https://aluminiumleader.ru/application/transport/>
5. . Гоголюхина М.Е., Мамедова Л.Э. О возможностях освоения альтернативных рынков сбыта судостроительным предприятием // Научный журнал «Морские интеллектуальные технологии», №4 2018

6. Елагин В.И., Захаров В.В., Филатов Ю.А., Ростова Т.Д. Разработка перспективных алюминиевых сплавов, легированных скандием // Перспективные технологии легких и специальных сплавов/ к 100-летию со дня рождения академика Белова. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006
7. Gosudarstvennaya programma Rossiyskoy Federacii “Razvitie sudostroeniya na 2013-2020 gody”, rasporyazhenie ot 24 dekabrya 2012 goda №2514-r, <http://government.ru/docs/3349/>
8. Programma innovacionnogo razvitiya OAO “OSK” na period 2011-2015 gg. I pespectivu do 2020 goda”, <http://www.aosk.ru/innovation/>
9. Belov N. i dr. Vysokoprochnyi splav na osnove alyuminiya. Patent RF №2419663, opubl. 27.05.2011 Bul. № 15
10. Proekt kompanii PAO OK “Rusal” <https://aluminiumleader.ru/application/transport/>
11. Gogoljukhina M., Mamedova L. O vozmozhnostyakh osvoeniya alternativnykh rynkov sbyta sudostroitelny predpriatiem // Nauchnyi zhurnal “Morskie intellektualnye tekhnologii”, №4 2018
12. . Elagin V., Zakharov V., Filatov U., Rostova T. Razrabotka perspektivnykh aluminevykh splavov, legirovannykh scandium // Perspektivnye tehnologii legkikh I specialnykh splavov/ k 100-letiyu so dnya rozhdeniya akademika Belova. – М., Fizmalit, 2006

Мамина Нелли Рашидовна  
студентка 3 курса группы 7363  
Факультет естественнонаучного  
и гуманитарного образования  
(русский язык)  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
морской технический университет»,  
г. Санкт-Петербург  
e-mail:nel-mamina@yandex.ru

### **Риски информационной безопасности при эксплуатации средств навигационного оборудования иностранного производства**

**Аннотация.** Статья «Риски информационной безопасности при эксплуатации средств навигационного оборудования иностранного производства» посвящена актуальным проблемам безопасности передачи данных при эксплуатации средств навигационного оборудования иностранного производства.

**Ключевые слова:** средства навигационного оборудования (СНО), информация, мониторинг, судоходство, закупки, угроза, импортозамещение, безопасность мореплавания.

Mamina Nelly Rashidovna  
3rd year student of group 7363  
Faculty of Natural Science  
and Humanities Education  
(английский язык)  
Saint-Petersburg State Marine Technical University,  
Saint-Petersburg  
e-mail:[nel-mamina@yandex.ru](mailto:nel-mamina@yandex.ru)

### **Information Security Risks in the Operation of Means of Navigation Equipment of Foreign Production**

**Abstract.** The article “Information Security Risks in the Operation of Means of Navigation Equipment of Foreign Production” is devoted to urgent problems of data transmission security in the operation of means of navigation equipment of foreign production.

**Key words:** *means of navigation equipment (SNO), information, monitoring, shipping, procurement, threat, import substitution, navigation safety.*

Важной частью навигационной системы морских портов и рек являются средства навигационного оборудования (далее – СНО). Бесперебойное действие береговых и плавучих СНО обеспечивает безопасность судоходства, что достигается за счет введения в действие современных систем мониторинга, следящих за состоянием работы СНО на акваториях морских портов. Подходы к портам и акватории портов, оборудованы большим количеством береговых навигационных створных знаков, светящими знаками, маяками, радиомаяками и звукосигнальными установками. Фарватеры и каналы, открытые для судоходства оборудованы плавучими предостерегательными знаками (буями), ограждающими их границы. Все навигационное оборудование морских портов и акваторий может быть выполнено, как в светящем, так и в несветящем варианте. Одним из ключевых требований к светящему оборудованию является обеспечение необходимой дальности видимости огня в ночное и сооружения в дневное время суток, а также узнаваемость его по проблесковым характеристикам.

Нарушение заданной проблесковой характеристики огня, а также выход из строя автоматической аппаратуры СНО может привести к навигационным происшествиям различной степени тяжести.

На современном этапе развития морского и речного транспорта в России особое внимание уделяется вопросам обеспечения безопасности мореплавания.

В настоящее время морская индустрия активно пользуется спутниковыми технологиями для доступа в Интернет, связи судно – судно и судно – суша, GPS/DGPS для определения местоположения и работы СНО.

В последнее десятилетие одним из основных факторов повышения аварийности судов определено является отсутствие системных решений по информационной безопасности судоходства. Показательный случай компрометации спутниковых систем произошел в июле 2013 года. Студенты из Техасского университета в Остине смогли отклонить от курса яхту стоимостью в 80 млн. долларов, используя оборудование, цена которого не превышала 3 тыс. долларов. С помощью имитатора GPS-сигналов (используются, к примеру, при

калибровке оборудования) дублируя сигнал настоящего спутника и постепенно повышая мощность, им удалось «убедить» навигационную систему судна принимать сообщения спуфингового устройства и отбрасывать сигнал настоящего спутника как помехи. После того как навигационная система начала ориентироваться по данным двух спутников и атакующего устройства, исследователям удалось отклонить судно от первоначального курса.\*

По моему мнению, ситуация с компрометацией систем мониторинга действующих СНО при изменении геополитической обстановки может возникнуть и на объектах средств навигационного оборудования нашей страны. Это в первую очередь касается портовых объектов.

Так с начала 2000-х годов Российская Федерация осуществляет закупки средств навигационного оборудования иностранного производства (в основном финской фирмы САБИК).

Закупаемое импортное оборудование порой устанавливается вблизи стратегических объектов, таких как Керченский мост, Северный морской путь и т.п.

Установка импортных средств навигационного оборудования (особенно оснащенных системой мониторинга) в указанных районах может представлять угрозу, как функционированию системы навигационного оборудования, так и безопасности мореплавания в территориальных водах РФ. Данная угроза может возникнуть в любой момент (как при официальном объявлении новых санкций, так и без их объявления).

Угроза обусловлена тем, что посредством системы мониторинга иностранный поставщик средств навигационного оборудования имеет доступ ко всей передаваемой на пункты дистанционного контроля работы СНО информации о работе, и посредством пакетной передачи данных GPRS/EDGE или путем передачи SMS – сообщений имеет потенциальную возможность управлять работой навигационных огней вплоть до полного их отключения.†

Усиление угрозы безопасности функционирования СНО обусловлено следующими факторами:

1. в 2015 году фирма САБИК перешла под контроль фирмы КАРМАНАХ (Канада). Кроме САБИК под контроль КАРМАНАХ

---

\* [Электронный ресурс]. –URL: University of Texas team takes control of a yacht by spoofing its GPS, B. Dodson, gizmag,

† Светодиодный створный фонарь E8554. Руководство по эксплуатации. N-7-47. Revision 3.0/2018-06-20/ SABIK a Carmanah company.



перешли фирмы ВЕГА (Новая Зеландия) и ЕКТА (Эстония). Кроме финских изделий, фактически в Россию поставляются изделия из Эстонии и Канады, проводящих активную антироссийскую политику. Фирма КАРМАНАХ поставляет продукцию не только на гражданские, но и на военные объекты Канады и США;\*

2. импортные изделия имеют техническую возможность передавать телеметрические данные СНО по каналам GSM – связи в режиме реального времени за границу;

3. имеют возможность измерять и передавать координаты за границу.

Несмотря на высокие цены, на импортные средства навигационного оборудования, решение Правительства РФ по импортозамещению<sup>†</sup> и постоянно вводимые с 2014 года экономические санкции против РФ объемы закупок импортных средств навигационного оборудования не сокращаются.

При использовании импортных средств навигационного оборудования на территории РФ необходимо учитывать, что:

1. Иностранные фирмы, поставляющие навигационное оборудование на российский рынок имеют потенциальную возможность в реальном времени передавать интересующие их данные за границу, в том числе координаты с высокой точностью, управлять работой средств навигационного оборудования оборудованных системой мониторинга.

2. Конструкция изделий импортного производства не исключает возможности скрытной установки и дооборудования СНО дополнительными датчиками для проведения мониторинга на стратегических объектах.

3. Установка средств навигационного оборудования импортного производства на объектах нефтегазового комплекса РФ может представлять угрозу техногенного характера.

4. Требования по специальной проверке СНО структурами Министерства обороны в Российской Федерации не установлены, как не установлены требования по сертификации СНО в Морском регистре РФ.

Средствами навигационного оборудования иностранного производства, закупаемыми Российской федерацией, пользуются не только гражданские мореплаватели, но и военные моряки.

---

\* [Электронный ресурс]. –URL: University of Texas team takes control of a yacht by spoofing its GPS, B. Dodson, gizmag, (дата обращения: 04.10.2019).

<sup>†</sup> Постановление Правительства РФ от 4 августа 2015 г. № 785 «О Правительственной комиссии по импортозамещению».

Для разработки и ввода в эксплуатацию систем защиты информации при эксплуатации систем мониторинга СНО необходимо стимулировать патентную активность в этой области, что повлечет за собой рост интеллектуальной собственности нашей страны.

При поставках СНО для нужд предприятий, обеспечивающих безопасность мореплавания в территориальных водах РФ, необходимо ввести следующие требования:

1. Обязательная нотификация поставляемого оборудования в ФСБ России, которая представляет собой документальное оповещение Государства о факте содержания в выпускаемой продукции различных элементов криптографического (шифровального) характера.

2. Разработать стандарт по эксплуатационным и техническим требованиям к средствам навигационного оборудования импортного производства.

3. Обеспечить запрет неавторизованного доступа удаленных пользователей в систему мониторинга СНО.

4. обеспечить контроль входа в систему мониторинга СНО при помощи уникальных идентификаторов (логин, пароль, код и др.).

Предлагаю при заключении контрактов на поставку средств СНО оборудованных системой мониторинга использовать только продукцию отечественных производителей, которых на рынке большое изобилие. К таким производителям можно отнести такие предприятия как:

1. ООО «Навигационный дом»;
2. ООО «Навигатор СПб»;
3. ООО «НАВИДАЛС».

Список литературы:

1. Постановление Правительства РФ от 4 августа 2015 г. № 785 «О Правительственной комиссии по импортозамещению».

2. Светодиодный створный фонарь E8554. Руководство по эксплуатации. N-7-47. Revision 3.0/2018-06-20/ SABIK a Carmanah company.

3. [Электронный ресурс]. –URL: University of Texas team takes control of a yacht by spoofing its GPS, B. Dodson, gizmag, (дата обращения: 04.10.2019).

4. [Электронный ресурс]. –URL: <https://carmanah.com/news/news-investor-carmanah-acquire-sabik-group-companies/> (дата обращения: 07.10.2019).

*Манухин Вадим Анатольевич*  
доцент  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
морской технический университет»,  
г. Санкт-Петербург  
e-mail: nikal6@mail.ru

*Попов Владимир Владимирович*  
студент  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
морской технический университет»,  
г. Санкт-Петербург  
e-mail: V.Popof@mail.ru

**Уточнение методики проектирования доковой стойки  
поперечной переборки корабля**

**Аннотация.** В поперечные переборки корабля вводится доковая стойка. Показано, что расчетное сечение доковой стойки может включать обшивку и соседние вертикальные стойки, которые обычно не учитываются. По уточненной методике габариты и вес доковой стойки могут быть уменьшены.

**Ключевые слова:** доковая стойка, численное моделирование, эффективная площадь.

*Manukhin Vadim Anatolievich*  
Ph.D., associate professor,  
associate professor of Department of ship structural mechanics  
Saint-Petersburg State Marine Technical University,  
Saint-Petersburg  
e-mail: nikal6@mail.ru

*Popov Vladimir Vladimirovich*  
student  
Saint-Petersburg State Marine Technical University,  
Saint-Petersburg  
e-mail: V.Popof@mail.ru

## Improvement of design methodology of dock rack of ship's transverse bulkhead

**Abstract.** *A dock rack is inserted into the ship's transverse bulkheads. It is shown that the estimated section of the dock rack may include the plate and adjacent vertical racks, which are usually not taken into account. According to the improved method, the dimensions and weight of the dock rack can be reduced.*

**Key words:** *dock's rack, numerical modeling, effective area.*

При проектировании плоских поперечных переборок необходимо обеспечить восприятие значительных реактивных усилий, передающихся на переборки со стороны килевой дорожки при доковании кораблей. В традиционных методиках [1,2] необходимая площадь поперечного сечения доковой стойки определяется без учета обшивки переборки и ближайших к диаметральной плоскости вертикальных стоек, что приводит к значительным размерам доковой стойки.

В данной работе численно моделируется работа доковой стойки плоской поперечной переборки корабля при его доковании. Целью работы является выяснение степени участия обшивки переборки и соседних с доковой вертикальных стоек в восприятии реакции килевой дорожки и уточнение характера распределения этой реакции по высоте доковой стойки.

В качестве модели берется поперечная переборка, рассмотренная в [3]. Геометрия и размеры переборки указаны на рис.1, где толстыми линиями обозначены основные продольные связи корпуса, вес и жесткость которых учтены при деформации переборки в собственной плоскости. Данные связи моделируют вес и жесткость надстроек, устройств, систем, механизмов в пределах смежных с переборкой отсеков. Эти веса распределены на днище, верхнюю и нижнюю палубы в соотношении 6:3:1. Материал корпуса и переборки – сталь, профиль доковой стойки – тавр № 56б. Обшивка переборки моделируется оболочечными элементами, а стойки и пояски продольных связей – балочными. Нагружение модели осуществляется собственным весом. Вертикальный киль принят неподвижным, а горизонтальный киль оперт на упругую подушку.

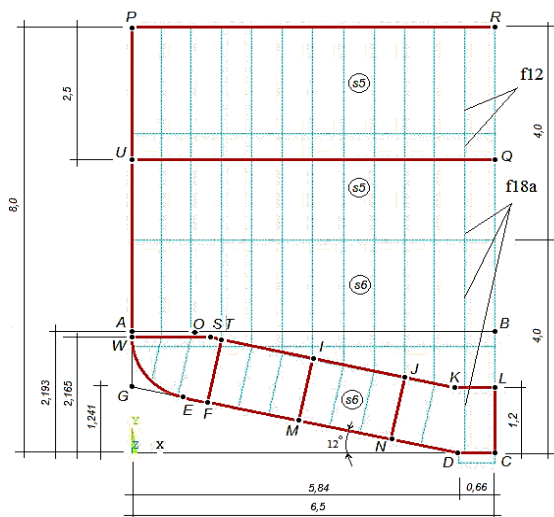


Рисунок 1 – Геометрия и размеры переборки, м

Результаты вычисления напряжений в расчетной модели, отраженные на рис. 2, показывают, что напряжения  $\sigma_Y$  концентрируются в нижней части доковой стойки в пределах ширины горизонтального кия и убывают по мере удаления от этой зоны. В эту область попадают ближайшие к доковой вертикальные стойки.

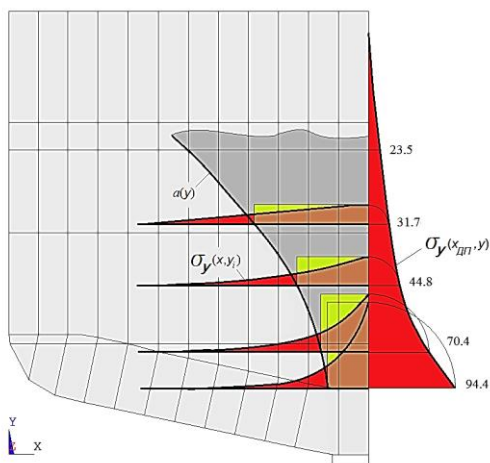


Рисунок 2 – Эпюры  $\sigma_Y(x, y_i)$  и  $a(y)$

Для выяснения степени участия обшивки переборки в работе доковой стойки в нескольких сечениях по высоте переборки были построены эпюры напряжений, а затем по ним в каждом из сечений

вычислена эффективная ширина пояса обшивки  $a(y_i)$ , воспринимающая такие же напряжения, как доковая стойка в этом же сечении.

Эпюры осевых усилий в стойках показывают, что максимальное сжатие в нижнем сечении доковой стойки составляет около 1030 кН (рис.3), а в нижних сечениях 1-й и 2-й от диаметральной плоскости вертикальных стоек – примерно 105 кН и 70 кН соответственно, причем изменение усилия по высоте всех стоек является нелинейным. Таким образом, при обеспечении устойчивости сжатых вертикальных стоек их площадь поперечного сечения может быть включена в требуемую по условию прочности площадь сечения доковой стойки с редуционным коэффициентом равным

$$\phi = \frac{\sigma_{\gamma_o}}{\sigma_{\gamma_{дс}}} = \frac{T_o}{T_{дс}} \cdot \frac{f_{дс}}{f_o}, \quad (1)$$

где  $\sigma_{\gamma_o}$ ,  $T_o$  - напряжение и усилие в нижнем сечении вертикальной стойки;  $\sigma_{\gamma_{дс}}$ ,  $T_{дс}$  - напряжение и усилие в нижнем сечении доковой стойки;  $f_o$  - площадь профиля вертикальной стойки;  $f_{дс}$  - площадь профиля доковой стойки.

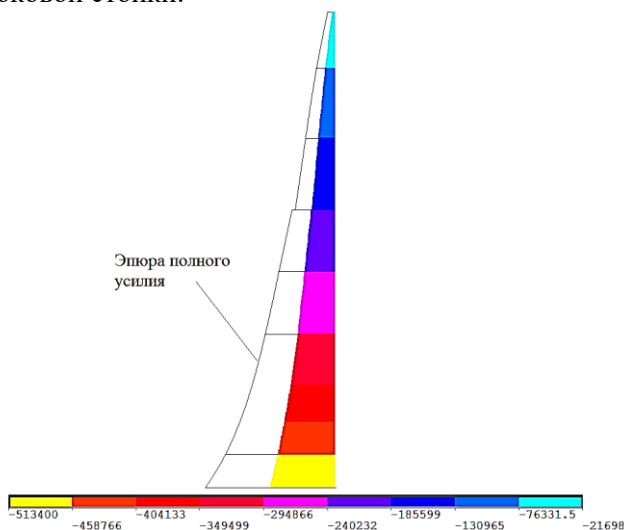


Рисунок 3 – Сжимающее усилие в доковой стойке

Для рассматриваемой модели переборки редукционные коэффициенты для площадей 1-й и 2-й вертикальных стоек составляют

$$\phi_1 = \frac{105}{1030} \cdot \frac{0,015}{0,0022} = 0,70, \quad (2)$$

$$\phi_2 = \frac{70}{1030} \cdot \frac{0,015}{0,0022} = 0,45. \quad (3)$$

Эффективная площадь присоединенного пояса обшивки  $f_{пр}$  для доковой стойки при обеспечении устойчивости вертикальных стоек может быть определена по формуле

$$f_{пр} = \frac{b_{гк}}{2} (1 + \psi) t, \quad (4)$$

где  $t$  – толщина нижнего пояса переборки;  $b_{гк}$  – ширина горизонтального кия;  $\psi = \min\left(\frac{\sigma_{кр}}{\sigma_T}, 1\right)$  – редукционный коэффициент;  $\sigma_{кр}$  – критическое напряжение нижнего пояса обшивки переборки;  $\sigma_T$  – предел текучести материала обшивки.

Необходимая площадь профиля нижней части пролета доковой стойки  $f_{дс}$  может быть вычислена по следующей формуле

$$f_{дс} = F - f_{пр} - f_{вс}, \quad (5)$$

где  $F$  – площадь сечения доковой стойки, определяемая из условия ее прочности при сжатии [2];  $f_{вс}$  – эффективная площадь сечения вертикальных стоек переборки.

Результаты расчетов показывают, что площадь сечения доковой стойки может включать удвоенную площадь профиля вертикальных стоек и площадь пояса обшивки переборки даже с учетом потери устойчивости последней. Выбор стойки по уточненной методике показал, что для рассмотренной переборки габаритная высота доковой стойки и ее вес могут быть уменьшены на 20% и 40% соответственно.

Список литературы:

1. Курдюмов А.А. Прочность корабля. -Л.: Судпромгиз, 1956, 384 с.
2. Короткин Я.И. Прочность корабля. -Л.: Судостроение, 1974, 432 с.
3. Манухин В.А. Прочность корабля. Конспект лекций, -СПб: СПбГМТУ, 2011, 239 с.

*Мартынов Вадим Александрович*  
*магистр,*  
*ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный*  
*морской технический университет»,*  
*г. Санкт-Петербург*  
*e-mail: [martynov-vadim@mail.ru](mailto:martynov-vadim@mail.ru)*

## **Принцип кодирования информации для системы мониторинга**

***Аннотация.** В статье описаны принципы кодирования информации для системы мониторинга, исследованы различные нештатные ситуации системы управления судовым электрогидравлическим приводом руля.*

***Ключевые слова:** кодирование информации, система мониторинга, система автоматического управления.*

*Martynov Vadim Aleksandrovich*  
*master,*  
*Saint Petersburg State Marine Technical University,*  
*Saint-Petersburg*  
*e-mail: [martynov-vadim@mail.ru](mailto:martynov-vadim@mail.ru)*

## **The principle of encoding information for the monitoring system**

***Abstract.** The article describes the principles of information coding for the monitoring system, various emergency situations of the ship's electrohydraulic rudder control system are investigated.*

***Key words:** information coding, monitoring system, automatic control system.*

В связи с тем, что стоит задача получения упреждающей информации о состоянии системы автоматического управления (САУ), алгоритм работы системы мониторинга основывается на динамических, а не статических показателях состояния элементов САУ – объектов контроля (ОК) системы мониторинга. Это позволяет анализировать тенденцию развития процесса в САУ и делать прогнозы о дальнейшем состоянии контролируемой системы. Информацию о состояниях ОК предлагается кодировать трехзначным кодом, оценивающим изменения второй производной координат состояния –



$Y_i(t)$ . Такой анализ обоснован тем, что первая (в меньшей) и вторая производная (в большей степени) имеют перепады значений, если закон изменения координат состояния  $Y(t)$  меняется (рисунок. 1).

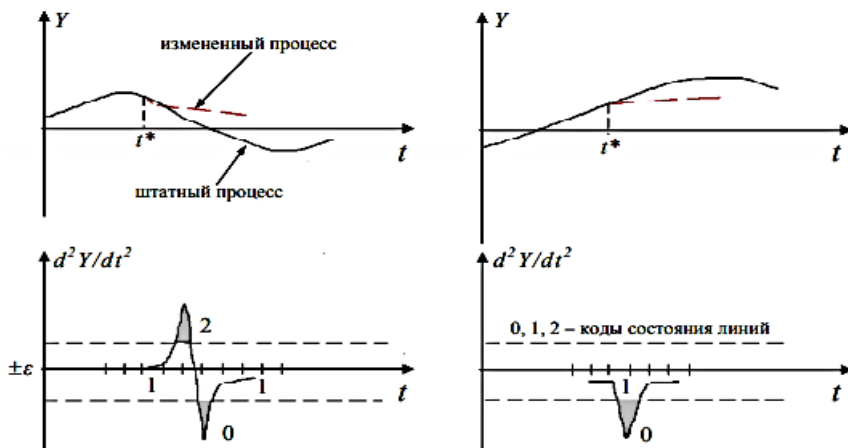


Рисунок 1 – Качественный вид осциллограмм изменения координат состояния

Состояние объектов контроля предлагается представлять в виде кода, оценивающего изменение второй производной координаты состояния ОК.

В данной статье мной рассмотрена ситуация для минимального количества уровней состояний  $d^2Y/dt^2 - 0, 1, 2$ . Код состояния  $kY$  принимается за «1» – процесс развивается нормально, если значения второй производной измеряемой координаты не выходят за допустимые пределы, обычно эта величина близка к нулю.

$$\{|d^2Y/dt^2| < \varepsilon\} \Leftrightarrow \{kY = 1\},$$

в иных ситуациях:

$$\{d^2Y/dt^2 < -\varepsilon\} \Leftrightarrow \{kY = 0\}$$

$$\{d^2Y/dt^2 > \varepsilon\} \Leftrightarrow \{kY = 2\},$$

где  $\varepsilon$  – экспериментально полученная величина, которая определяет диапазон изменения углового ускорения координаты состояния  $Y(t)$  в рабочем режиме.

По анализу текущих кодов можно сделать вывод о нарушении процессов в системе.

Так, например, если  $\{d^2Y/dt^2 > \varepsilon\}$  на предыдущем  $(k-1)$ -м и  $\{d^2Y/dt^2 < -\varepsilon\}$  на текущем  $k$ -м опросе, то есть  $kY$  меняется 1–2–0–

1, то процесс  $Y(t)$  отклонился от штатного и скорость уменьшения  $Y(t)$  замедлилась (рисунок 1).

На примере работы системы управления судовым электрогидравлическим приводом руля (рисунок 2) были исследованы различные нештатные ситуации: работа привода при пониженном напряжении сети (рисунок 3) и пониженных оборотах насоса (рисунок 4), обрыв канала от задающего устройства (рисунок 5) и канала обратной связи (рисунок 6). На рис. 2 ОК1-ОК5 объекты контроля системы мониторинга,  $Y1(t) - Y5(t)$  – координаты состояния ОКi,  $F1-F5$  – состояние внешней среды, в данном случае питание электрических узлов системы управления положением руля ( $U$ ).

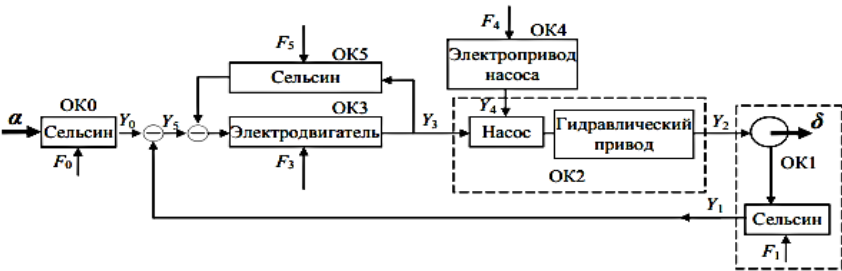


Рисунок 2 – Функциональная схема привода руля

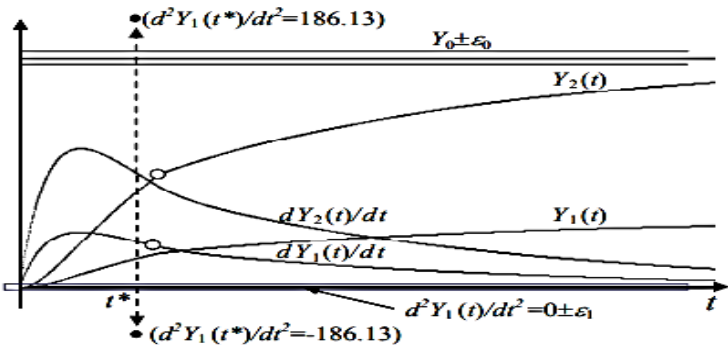


Рисунок 3 – Осциллограммы моделирования процесса падения напряжения сети в момент  $t^*$  на 5%,  $Y2$  – положение баллера руля (не измеряемая координата),  $Y1$  – напряжение на выходе датчика положения руля (измеряемая координата)

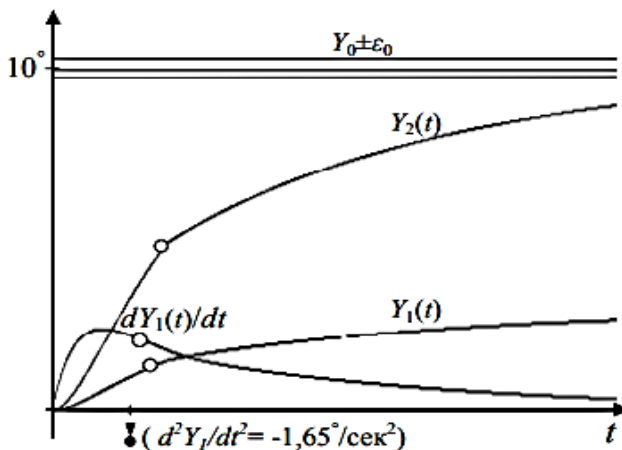


Рисунок 4 – Падение оборотов насоса на 50%

Закодированные результаты опросов датчиков при падении напряжения сети на 5% даны в таблице 1. Коды линий F1-F5 изменились в момент  $t^*=19.98$ с: 1→0.

Таблица 1 – Матрица ситуационных кодов для ОК1

| Заголовки<br>k \ j | t      | Коды состояний взаимосвязанных с ОК1 объектов $kY_i$ и<br>и линий $F_i (kF_i)$ |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        | Ситуационный код<br>ОК1 и его окружения |
|--------------------|--------|--------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------------------------------------|
|                    |        | $kY_1$                                                                         | $kF_1$ | $kY_2$ | $kY_4$ | $kF_4$ | $kY_3$ | $kF_3$ | $kY_0$ | $kF_0$ | $kY_1$ | $kY_5$ | $kF_5$ | $kY_3$ |                                         |
| 1                  | 1      | 2                                                                              | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9      | 10     | 11     | 12     | 13     | 14     | 15                                      |
| 60                 | 20.04  | 1                                                                              | 1      | 1      | 1      | 1      | 1      | 1      | 1      | 1      | 1      | 1      | 1      | 1      | 1⇒{111111111111}                        |
| 59                 | 20.02  | 2                                                                              | 1      | 0      | 2      | 1      | 2      | 1      | 2      | 1      | 0      | 0      | 1      | 2      | 2⇒{102121210012}                        |
| 58                 | 20.00  | 0                                                                              | 1      | 0      | 0      | 1      | 2      | 1      | 0      | 1      | 2      | 2      | 1      | 2      | 0⇒{100121012212}                        |
| 57                 | 19.98  | 1                                                                              | 0      | 1      | 1      | 0      | 1      | 0      | 1      | 0      | 1      | 1      | 0      | 1      | 1⇒{011010101101}                        |
| 56                 | 19.960 | 1                                                                              | 1      | 1      | 1      | 1      | 1      | 1      | 1      | 1      | 1      | 1      | 1      | 1      | 1⇒{111111111111}                        |

Результаты опроса датчиков при понижении оборотов насоса на 50% в момент  $t^*=20.00$  с даны в таблице 2. Коды линий F1-F5 равны 1.

Таблица 2 – Матрица ситуационных кодов для ОК1

| Заголовки<br>k \ j | t      | Коды состояний взаимосвязанных с ОК1 объектов $kY_i$ и<br>и линий $F_i (kF_i)$ |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        | Ситуационный код<br>ОК1 и его окружения |
|--------------------|--------|--------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------------------------------------|
|                    |        | $kY_1$                                                                         | $kF_1$ | $kY_2$ | $kY_4$ | $kF_4$ | $kY_3$ | $kF_3$ | $kY_0$ | $kF_0$ | $kY_1$ | $kY_5$ | $kF_5$ | $kY_3$ |                                         |
| 1                  | 1      | 2                                                                              | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9      | 10     | 11     | 12     | 13     | 14     | 15                                      |
| 60                 | 20.04  | 1                                                                              | 1      | 1      | 1      | 2      | 1      | 1      | 1      | 1      | 1      | 1      | 1      | 2      | 1⇒{111121111112}                        |
| 59                 | 20.02  | 0                                                                              | 1      | 0      | 2      | 1      | 1      | 1      | 1      | 1      | 0      | 1      | 1      | 1      | 0⇒{102111110111}                        |
| 58                 | 20.00  | 1                                                                              | 1      | 1      | 0      | 1      | 1      | 1      | 1      | 1      | 1      | 1      | 1      | 1      | 1⇒{110111111111}                        |
| 57                 | 19.98  | 1                                                                              | 1      | 1      | 1      | 1      | 1      | 1      | 1      | 1      | 1      | 1      | 1      | 1      | 1⇒{111111111111}                        |
| 56                 | 19.960 | 1                                                                              | 1      | 1      | 1      | 1      | 1      | 1      | 1      | 1      | 1      | 1      | 1      | 1      | 1⇒{111111111111}                        |

Если анализировать ситуации (рис. 3, 4) по показанию датчика состояния баллера руля –  $Y_1(t)$  (напряжение на выходе измерительного сельсина, формирующего информацию о состоянии ОУ), то обе рассматриваемые ситуации неразличимы. Если рассматривать коды состояний всех объектов контроля системы мониторинга ОК1-ОК5, влияющих на состояние объекта управления (ОК1), то ситуационные коды позволяют идентифицировать возникшую ситуацию. Коды состояния объекта (ОК1) и его окружения:

при падении напряжения

$kY_1(19.98)=1 \quad \{011010101101\}$

$kY_1(20.00)=0 \quad \{100121012212\}$

$kY_1(20.02)=2 \quad \{102121210012\}$

при падении оборотов насоса

$kY_1(20.00)=1 \quad \{110111111111\}$

$kY_1(20.02)=0 \quad \{102111110111\}$

$kY_1(20.04)=1 \quad \{111121111112\}$

На рис. 5, 6 даны осциллограммы развития процессов при обрыве линии от задающего устройства, координата состояния которого –  $Y_0(t)$  и обрыве канала обратной связи – отсутствие информации о координате  $Y_1(t)$ .

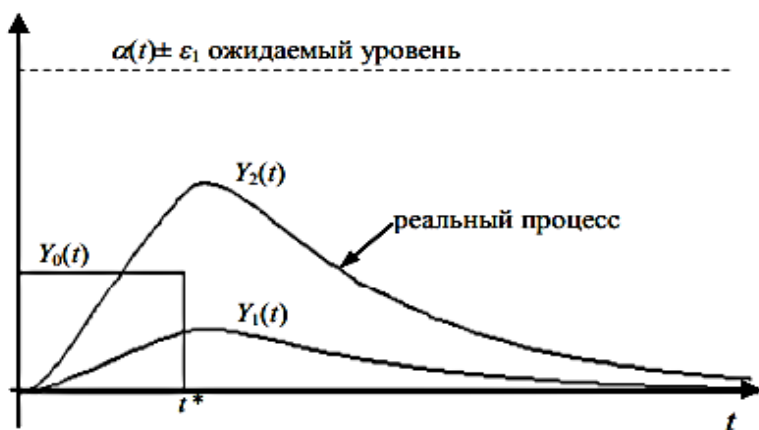


Рисунок 5 – Обрыв линии от задающего устройства ( $|Y_0(t^*)| \leq \varepsilon_0$ )



Рисунок 6 – Обрыв канала обратной связи ( $|Y_1(t^*)| \leq \varepsilon_1$ )

Коды состояния объекта и его окружения:

при обрыве линии от задающего устройства

$kY_1(11,5)=1 \{111101011010\}$

$kY_1(11,7)=1 \{111111111111\}$

$kY_1(12,0)=1 \{111121111112\}$

при обрыве канала обратной связи

$kY_1(20.00)=0 \{111111110111\}$

$kY_1(20.02)=2 \{111121112212\}$

$kY_1(20.04)=1 \{111111111111\}$

### **Вывод**

Итого, каждая нештатная ситуация, приводящая к изменению показателей работы электрогидравлического привода руля, имеет различные наборы ситуационных кодов и, таким образом, является определяемой. Неоднозначная интерпретация ситуаций исключена.

Список литературы:

1. Войткунский Я.И., Першиц Р.Я., Титов И.А. Справочник по теории корабля. – Л.: Судостроение, 1973. – 512 с.
2. Васильев А.В. Управляемость судов. – Л.: Судостроение, 1989. – 329 с.
3. Поселенов Е.Н., Чиркова М.М. Выбор критерия для параметрической оптимизации алгоритма управления объектом в условиях быстроменяющейся внешней среды. // Журнал университета водных коммуникаций. – 2012. Вып. 1 (13). – С. 132-136.

*Марченко Сергей Сергеевич,  
доцент  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
морской технический университет»,  
г. Санкт-Петербург  
e-mail: march-serr@yandex.ru*  
*Киселев Максим Нилович  
студент  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
морской технический университет»,  
г. Санкт-Петербург  
e-mail: pro2216@mail.ru*

**Цифровизация как направление повышения  
конкурентоспособности судостроительных  
предприятий**

***Аннотация.** В статье рассматриваются аспекты повышения эффективности и конкурентоспособности российских судостроительных и судоремонтных предприятий путем модернизации производства на принципах «Цифровая верфь». Проанализированы международный опыт и перспективы цифровизации судостроительных компаний.*

***Ключевые слова:** Цифровая верфь, модернизация, судостроительное предприятие, конкурентоспособность*

*Marchenko Sergey Sergeevich,  
Associate Professor  
Saint-Petersburg State Marine Technical University,  
Saint-Petersburg  
e-mail: march-serr@yandex.ru*  
*Kiselev Maksim Nilovich  
student  
Saint-Petersburg State Marine Technical University,  
Saint-Petersburg  
e-mail: pro2216@mail.ru*

## Digitization as a direction of increasing competitiveness of shipbuilding enterprises

**Abstract.** *The article deals with the aspects of improving the efficiency and competitiveness of Russian shipbuilding and ship repair enterprises by modernizing production on the basis of the Digital Shipyard principles. The international experience and prospects of digitalization of shipbuilding companies are analyzed.*

**Key words:** *Digital Shipyard, modernization, shipbuilding enterprise, competitiveness.*

### Введение

Эффективная морская деятельность обеспечивает транспортную и экономическую безопасность нашей страны, позволяющую решать основные стратегические геополитические вопросы. Этим определяются причины того, что ведущие мировые страны выделяют особую значимость совершенствования судостроительных и судоремонтных технологий, обеспечивающих эффективную морскую деятельность.

В настоящее время физический и моральный износ судов отрицательно сказывается на конкурентоспособности российских судоходных компаний [1]. Целью государственной политики в сфере судостроения является создание конкурентоспособной судостроительной отрасли [2]. Одним из направлений повышения эффективности и конкурентоспособности отечественного судостроения является цифровизация предприятий отрасли. Страны - лидеры мирового судостроения создают конкурентоспособные «цифровые верфи», примерами создания которых в своей структуре являются такие судостроительные компании как Hyundai Heavy Industries, Daewoo Shipbuilding & Marine Engineering Co., Damen Shipyards Group.

Задачей цифровизации российского судостроительного производства является интеграция всех информационных технологий, которые будут использованы на всем этапе жизненного цикла судна. Концепцию отечественной «цифровой верфи» создали сотрудники АО «Средне-Невский судостроительный завод», первыми в России осуществляющие подобный проект [3]. При реализации данного проекта используются современные технологии информационного моделирования зданий (BIM) и геоинформационные технологии (GIS). Технологии GIS используются на уровне планирования и управления инфраструктурой, в то время как технологии BIM учитывают состав рассматриваемой модели и параметры ее элементов.

Отметим актуальность и перспективы использования в отечественном судостроении программного обеспечения CADMATIS. В области цифровизации CADMATIS имеет высокий уровень конкурентоспособности, предлагая предприятиям уникальные решения по использованию цифровой информации на разных этапах постройки судов.

Список литературы:

1. Марченко С.С. Возможности повышения конкурентоспособности сухогрузных судов смешанного плавания за счет модернизации флота / С.С. Марченко // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. – 2013. – № 3 (22). – С. 136–143.
2. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 31 марта 2017 г. № 374. Развитие судостроения и техники для освоения шельфовых месторождений на 2013 - 2030 годы.
3. Средне-Невский судостроительный завод. [Электронный ресурс]: официальный сайт. – Режим доступа: <http://snsz.ru/?p=5603> (дата обращения: 14.10.2019).



*Марченко Александр Васильевич,  
кандидат юридических наук, доцент,  
заведующий кафедрой уголовного и административного права  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
морской технический университет»,  
г. Санкт-Петербург  
e-mail: marchenkoalexv@mail.ru*

### **Уголовно-правовые и процессуальные проблемы определения института выдачи (экстрадиции)**

***Аннотация.** Рассматривается проблема понятийного аппарата института выдачи (экстрадиции) в уголовно-правовой и процессуальной отраслях права на основе действующего российского и зарубежного законодательства. Приводятся взгляды различных авторов на исследуемую проблему. Отмечается необходимость унификации норм, регулирующих институт выдачи, так как они непосредственно затрагивают множество проблем, связанных с суверенитетом, властью, политикой, правом, личностью, общественными, и государственными правоотношениями.*

***Ключевые слова:** экстрадиция, отрасли права, уголовная политика государства, оказания правовой помощи в уголовной сфере.*

*Marchenko Alexander Vasilyevich  
Head of the Department of criminal and administrative law,  
professor  
Saint-Petersburg State Marine Technical University,  
Saint-Petersburg  
e-mail: marchenkoalexv@mail.ru*

### **Criminal law and procedural problems of determining the institution of extradition**

***Abstract.** The problem of the conceptual apparatus issuing institution extradition in criminal and procedural areas of the law based on current Russian and international legislation. We give the views of various authors on the problem under study. The necessity of unification of the rules governing the issuing, institution, as they directly affect the number of*

*problems related to sovereignty, power, politics, law, the individual, community and public relations.*

**Key words:** *extradition, branch of law, the criminal policy of the state, legal assistance in criminal matters.*

Каждому государству в силу суверенитета принадлежит право на уголовную юрисдикцию, которое отражается в национальных законах государства путем установления уголовной ответственности за совершение преступлений.

Выдача лиц, совершивших уголовно наказуемые деяния (как правило, общеуголовные преступления), является средством, повышающим эффективность сотрудничества в борьбе с преступностью, которому придается все более важное значение на региональном и локальном (двустороннем) уровнях межгосударственного сотрудничества. Так, основными формами взаимодействия компетентных органов государств-участников СНГ в борьбе с преступностью наряду с осуществлением совместных следственных и оперативно-розыскных действий, выполнением запросов и просьб, сотрудничеством в рамках международных организаций по-прежнему признаются:

а) выдача лиц для привлечения к уголовной ответственности, приведения приговора в исполнение и передача осужденных для дальнейшего отбывания наказания в порядке, предусмотренном соответствующими договорами;

б) обеспечение привлечения к уголовной ответственности граждан своего государства за совершение преступлений на территориях других государств-участников СНГ в том случае, если экстрадиция не допускается [29, стр. 60].

Каждому государству в силу суверенитета принадлежит право на уголовную юрисдикцию, которое отражается в национальных законах государства путем установления уголовной ответственности за совершение преступлений.

Выдача является одним из средств реализации уголовной юрисдикции государства, имеющего право на ее осуществление. Обстоятельства для выдачи порождает бегство лица, совершившего преступление в одной стране, в пределы другого государства с целью избежания ответственности и наказания за содеянное. Укрывательство виновного влечет неприменный поиск пути его уголовного преследования, коим и является межгосударственное сотрудничество.

Предоставление убежища беглецу создает условия для безнаказанности преступников, которые будут иметь возможность перемещаться в другие страны. Государство места совершения преступления не сможет реализовать свое право на уголовное преследование обвиняемого, что существенно осложнит криминогенную обстановку не только в этой стране, но и в государстве-убежище, в котором будет создаваться угроза латентной преступности и аккумуляирования в ее пределах преступного элемента. Кроме того, уголовно-правовые проблемы, связанные с экстрадицией, зачастую осложняются особенностями политических отношений государств (например, первый и единственный факт выдачи преступника в Российскую Федерацию из Ирака состоялся 18 марта 2008 г., хотя договор между названными странами существует с 1973 г.) [24, стр. 2].

Важно отметить, что решение вопроса о выдаче находится в весьма определенной и тесной связи с гражданством лица, в отношении которого поступило такое требование. Например, за последние девять лет по запросам министерства юстиции США по надуманным предложениям, в данное государство было экстрадировано более 10 граждан России, которые были задержаны на территории различных государств, где они находились на отдыхе или вели свой бизнес. Среди последних можно назвать Ярошенко К. (Либерия, 2010 г.), Бут В. (Таиланда, 2010 г.), Здоровенин В. (Швейцария, 2012 г.), Устинов Д. (Литва, 2013 г.), Белороссов Д. (Испания, 2013 г.), Талашкова М. (Канада, 2014 г.), Поляков В. (Испания, 2015 г.), Левашов П. (Испания, 2017 г.), Винник А. (Греция, 2017 г.) и др.

По национальному законодательству (в соответствии с конституциями, законами) большинства государств выдача собственных граждан запрещена. Обратимся к положениям основных законов отдельных государств.

Статья 61 Конституции Российской Федерации (далее по тексту – Конституция РФ) устанавливает, что «гражданин Российской Федерации не может быть выслан за пределы Российской Федерации или выдан другому государству» [3]. Аналогичное положение закреплено в Конституциях ФРГ и Болгарии. Согласно статье 16 Основного закона Федеративной Республики Германия 1949 года «ни один немец не может быть выдан иностранному государству».

*Гражданин Республики Болгарии в соответствии со статьей 25 Конституции 1991 года не может быть выслан из нее или выдан другому государству.*

А вот Конституция Итальянской Республики 1947 года допускает выдачу собственных граждан, однако только в случаях, точно предусмотренных международными соглашениями (Статья 26 Конституции).

Аналогичные положения о невыдаче собственных граждан имеются и в подавляющем большинстве заключенных между государствами международных соглашениях по данному вопросу как двустороннего, так и многостороннего (как правило, регионального) характера.

Так, принцип невыдачи собственных граждан нашел закрепление:

в Конвенции Совета Европы о выдаче правонарушителей 1957 года: пункт 1 «а» статьи 6 закрепляет, что Договаривающаяся сторона имеет право отказать в выдаче своих граждан [1];

в Кодексе Бустаманте 1928 года: статья 345 закрепляет, что Договаривающиеся государства не обязаны выдавать своих граждан [26, С. 3–40];

в Конвенции о правовой помощи и правовых отношениях по гражданским, семейным и уголовным делам 1993 года: пункт 1 «а» статьи 57 определяет, что выдача не производится, если лицо, выдача которого требуется, является гражданином запрашиваемой Договаривающейся Стороны [2].

Двусторонние договоры о выдаче, заключенные Российской Федерацией с КНР, Анголой, Индией, Бразилией, также рассматривают наличие гражданства запрашиваемой Договаривающейся Стороны у лица, в отношении которого поступила просьба о выдаче, обстоятельством, исключающим выдачу или основанием для отказа в выдаче.

Вместе с тем, приведенные конституционные положения отдельных государств, так же как положения международных договоров о запрете выдачи собственных граждан вовсе не исключают осуществление уголовного преследования против собственных граждан по просьбе иностранного государства в случае совершения ими преступления международного характера или общеуголовного преступления на его (запрашивающего государства) территории.

Приведем в качестве примера, подтверждающего данный тезис, извлечение из статьи 6 Европейской конвенции о выдаче: *«Если запрашиваемая Сторона не выдает своего гражданина, она по просьбе запрашивающей Стороны передает дело своим компетентным органам для осуществления судопроизводства, если оно будет необходимым. Для этой цели документы, информация и вещественные доказательства, касающиеся преступления, предоставляются*

*бесплатно ... Запрашивающая Сторона информируется о результатах ее просьбы».*

Аналогичные положения закреплены во всех договорах по вопросам выдачи. В частности, статья 5 Договора о выдаче, заключенного в 1992 году между Российской Федерацией и Китайской Народной Республикой так определяет последствия невыдачи собственных граждан:

*«Если в соответствии с пунктом 1 статьи 3 настоящего Договора не дается согласие на выдачу, то запрашиваемая Договаривающаяся Сторона на основании просьбы запрашивающей Договаривающейся Стороны возбуждает против такого лица уголовное преследование в соответствии со своим законодательством. В этих целях запрашивающая Договаривающаяся Сторона передает запрашиваемой Договаривающейся Стороне, имеющиеся в ее распоряжении материалы и доказательства» [4].*

Таким образом, конвенционные положения о том, что Договаривающиеся Стороны (государства, участвующие в договорах о выдаче) обязуются выдавать друг другу всех лиц, в отношении которых компетентные органы запрашивающей Стороны осуществляют судопроизводство в связи с каким-либо преступлением или которые разыскиваются указанными органами для приведения в исполнение приговора или постановления об аресте, не затрагивают право суверенных государств отказать в выдаче своих граждан.

Эта ситуация вынуждает государства к взаимным действиям по выдаче обвиняемых на согласованных, обоюдоприемлемых условиях. Конкуренция государств в осуществлении уголовного преследования всегда непосредственно связана с правом убежища и внутригосударственной политикой.

Поэтому со временем нормы о выдаче получают определенную детализацию в уголовных кодексах. В частности, в настоящее время нормы о выдаче включены в УК Азербайджана от 30 декабря 1999 г. (ст. 13) [16], УК Белоруссии от 9 июля 1999 г. (ст. 7) [18], УК Болгарии, принятый 15 марта 1968 г. (ч. 2 ст. 4) [19], УК Германии в редакции от 13 ноября 1998 г. (абз. 2 § 7) [21], УК Казахстана от 16 июля 1997 г. (ст. 8) [20], УК Кыргызстана от 18 сентября 1997 г. (ст. 6) [17], УК Швеции 1962 г. (ст. 8) [22] и др. [31].

В Уголовном кодексе Российской Федерации (далее по тексту – УК РФ) вопрос о выдаче преступников решается в ст. 13 следующим

образом: «Иностранные граждане и лица без гражданства, совершившие преступление вне пределов Российской Федерации и находящиеся на территории Российской Федерации, могут быть выданы иностранному государству для привлечения к уголовной ответственности или отбывания наказания в соответствии с международным договором Российской Федерации» [14].

В тоже время, норма действующего УК РФ о выдаче не раскрывает понятия дипломатической неприкосновенности. В данной статье воспроизведены конституционные принципы. Невыдача собственных граждан составляет содержание ч. 1 ст. 13 УК РФ. Предусмотрена возможность выдачи иностранцев и лиц без гражданства, совершивших преступление вне пределов Российской Федерации и находящихся на ее территории, для привлечения к уголовной ответственности или отбывания наказания в соответствии с международным договором Российской Федерации (ч. 2 ст. 13 УК РФ). Норма о выдаче названных лиц не определена и отсылает к правилам международных договоров страны, оставляя вне поля зрения проблему выдачи при отсутствии договорных обязательств.

Вопрос о природе и месте выдачи в системе права является дискуссионным. Теоретики до сих пор не определились к какой отрасли права относить выдачу: к уголовному, уголовно-процессуальному или она предмет административной деятельности исполнительной власти. Не угасает полемика и по вопросу определения понятия выдачи.

Представляется правильным развернутое определение выдачи преступников, данное В.К. Звирбулем и В.П. Шупиловым: «Это акт правовой помощи, осуществляемой в соответствии с положениями специальных договоров и норм национального уголовного и уголовно-процессуального законодательства, заключающийся в передаче преступника другому государству для суда над ним или для приведения в исполнение вынесенного приговора» [25, стр. 11].

Такое определение отражает реальность – процедура выдачи всегда регламентируется совокупностью национальных норм уголовного, уголовно-процессуального и иных смежных отраслей права обеих договаривающихся стран и согласованных правил международного права

В тоже время, некоторую популярность в отечественной юриспруденции получило развитие международного уголовного права как отдельной самостоятельной отрасли [28, стр. 8; стр. 36–40]. Например, Ю.А. Решетов пишет, что «международное уголовное право

является комплексной отраслью, включающей материальные и процессуальные нормы» [31, стр. 63]. Более того, по мнению В.П. Панова, именно с выдачи преступников берет свое начало международное уголовное право [30, стр. 8; стр. 9–14]. Из этого следует, что выдача регулируется нормами указанного им права.

Приходится констатировать, что многовековое разделение уголовного и уголовно-процессуального права на самостоятельные отрасли в силу различий их функционального предназначения и механизма действия в настоящее время ряд отечественных криминалистов игнорируют. Они склоняются к замене кодифицированного права судебными прецедентами с доминированием решений региональных международных судов.

Возражая против поглощения уголовного процесса в сфере уголовной юстиции уголовным правом, считаем, что принятие этой доктринальной идеи в Российской Федерации окажет негативное, разрушающее воздействие на всю правовую систему страны и, препятствуя развитию внутригосударственного права, приведет к постепенной замене национального законодательства иностранным. В уголовной юстиции нарушение суверенных прав государства может поставить страну в полную зависимость от других государств с более развитым законодательством. В сфере международных отношений она будет подконтрольным образованием, не способным защищать интересы российского государства и его граждан. Такой вывод базируется на анализе мировой и российской договорной практики по вопросам экстрадиции и оказания правовой помощи в уголовной сфере.

Вместе с тем большинство авторов признают выдачу как процессуальную деятельность, содержанием которой является совокупность общих и специально созданных уголовно-процессуальных процедур. Если даже согласиться с тем, что выдача – институт уголовного права, то ее реализация и в этом случае требует производства процессуальных действий и неременной процессуальной регламентации взаимодействия с другими странами, что относится только к уголовному процессу.

С учетом мировой и отечественной практики полагаем, что выдача как процессуальная деятельность находится в сфере действия уголовно-процессуального права, поскольку правоотношения возникают при осуществлении государством уголовного преследования путем реализации национального уголовного права при расследовании преступлений, подпадающих под юрисдикцию этого государства.

Правила выдачи являются регулятивным механизмом процесса взаимодействия самих государств на основе согласованных ими правил, но действие их имеет установленные договором пределы. Выдача – это процедура, согласно которой государство, под чьей юрисдикцией находится преследуемое лицо, совершившее преступление, запрашивает и получает его из страны, где это лицо скрывается, с целью привлечения к уголовной ответственности или исполнения наказания.

На национальном уровне вопросы экстрадиции регулируются: ст. 13 УК РФ, главой 54 УПК РФ [15], Федеральным законом от 17 января 1992 г. № 2202-1 «О прокуратуре Российской Федерации» [7], Федеральным законом от 7 февраля 2011 г. № 3-ФЗ «О полиции» [8], Федеральным законом от 28 декабря 2010 г. № 403-ФЗ «О Следственном комитете Российской Федерации» [9], Федеральным законом от 15 июля 1995 г. № 103-ФЗ «О содержании под стражей подозреваемых и обвиняемых в совершении преступлений» [13], Федеральным законом от 31 мая 2002 г. № 62-ФЗ «О гражданстве Российской Федерации» [11], Федеральным законом от 25 июля 2002 г. № 115-ФЗ «О правовом положении иностранных граждан в Российской Федерации» [10], Федеральный закон от 15 июля 1995 г. № 101-ФЗ «О международных договорах Российской Федерации» [12], Законом Российской Федерации от 1 апреля 1993 г. № 4730-1 «О государственной границе Российской Федерации» [5], Законом Российской Федерации от 21 июля 1993 г. № 5473-1 «Об учреждениях и органах, исполняющих уголовные наказания в виде лишения свободы» [6] и некоторыми др.

Таким образом, институт выдачи начал формироваться задолго до появления государства, но с возникновением суверенного государства он стал средством реализации его уголовной политики и радикальным средством противодействия преступности на национальном и международном уровнях. Выдача затрагивает множество проблем, связанных с суверенитетом, властью, политикой, правом, личностью, общественными, государственными и личностными правоотношениями. Экстрадиционная деятельность взаимосвязана с рядом институтов права, непосредственно касающихся прав личности. Среди них институты уголовного, уголовно-процессуального, международного, государственного права, убежища, гражданства, государства, суверенитета, межгосударственного сотрудничества и др. В основу выдачи должна быть положена беспристрастность правосудия и соблюдение прав личности.



## Список литературы:

1. Европейская конвенция о выдаче: заключена в г. Париже 13 декабря 1957 г. (с изм. от 17.03.1978). Для РФ данный документ вступил в силу с 9 марта 2000 года // Собрание законодательства РФ. – 2000. – № 23. – Ст. 2348.

2. Конвенция о правовой помощи и правовых отношениях по гражданским, семейным и уголовным делам: заключена в г. Минске 22 января 1993 г. (с изм. от 28.03.1997). Для РФ данный документ вступил в силу с 10 декабря 1994 года // Собрание законодательства РФ. – 1995. – № 17. – Ст. 1472.

3. Конституция Российской Федерации от 12 декабря 1993 г. (с учетом поправок от 21 июля 2014 г. № 11-ФКЗ) // Российская газета. 1993. 25 декаб.

4. Договор между Российской Федерацией и Китайской Народной Республикой о правовой помощи по гражданским и уголовным делам: подписан в г. Пекине 19 июня 1992 г. Договор ратифицирован РФ 26 февраля 1993 года // Собрание законодательства РФ. – 2013. – № 7. – Ст. 612.

5. Ведомости Съезда народных депутатов РФ и Верховного Совета РФ. 1993. № 17. Ст. 594.

6. Ведомости Съезда народных депутатов РФ и Верховного Совета РФ. 1993. № 33. Ст. 1316.

7. Ведомости Съезда народных депутатов РФ и Верховного Совета РФ. 1992. № 8. Ст. 366.

8. Собрание законодательства РФ. 2011. № 7. Ст. 900.

9. Собрание законодательства РФ. 2011. № 1. Ст. 15.

10. Собрание законодательства РФ. 2002. № 30. Ст. 3032.

11. Собрание законодательства РФ. 2002. № 22. Ст. 2031.

12. Собрание законодательства РФ. 1995. № 29. Ст. 2757.

13. Собрание законодательства РФ. 1995. № 29. Ст. 2759.

14. Уголовный кодекс Российской Федерации от 13 июня 1996 № 63-ФЗ (ред. от 6 июля 2016 г. № 375-ФЗ) // Собрание законодательства РФ. – 1996. – № 25. – Ст. 2954.

15. Уголовно-процессуальный кодекс РФ от 18 декабря 2001 г. № 174-ФЗ (ред. от 6 июля 2016 г. № 375-ФЗ) // Собрание законодательства РФ. – 2001. – № 52. – Ст. 4921.

16. Уголовный кодекс Азербайджанской Республики / Науч. ред. И.М. Рагимов. – СПб., 2001.

17. Уголовный кодекс Кыргызской Республики. – СПб., 2002.

18. Уголовный кодекс Республики Беларусь / Обзорная статья А.В. Баркова. – Минск, 1999.
19. Уголовный кодекс Республики Болгария / Науч. ред. А.И. Лукашов. – СПб., 2001.
20. Уголовный кодекс Республики Казахстан. – СПб., 2001.
21. Уголовный кодекс Федеративной Республики Германии / Науч. ред. Д.А. Шестаков. – СПб., 2003.
22. Уголовный кодекс Швеции / Науч. ред. Н.Ф. Кузнецова, С.С. Беляев. – СПб., 2001.
23. Бойцов А.И. Выдача преступников. – СПб.: Издательство «Юридический центр Пресс», 2004.
24. Джигирь А.И. Институт выдачи лиц, совершивших преступление: Проблемы уголовно-правовой регламентации: Автореф. дис. ...канд. юрид. наук. – Краснодар, 2008.
25. Звирбуль В.К., Шупилов В.П. Выдача уголовных преступников. – М., 1974.
26. Кодекс международного частного права (Кодекс Бустаманте 1928 года): заключен в г. Гавана 20 февраля 1928 г. // Международное частное право. Сборник документов. – М.: БЕК, 1997.
27. Международная уголовная право. – М., Наука. 1999; Костенко Н.И. Международная уголовная юстиция. Проблемы развития. – М.: РКонсульт, 2002.
28. Международное уголовное право: учеб. пособие / авт.-сост. В.Е. Степенко, О.А. Чернова, П.Б. Музыченко; под ред. В.Е. Степенко. – Хабаровск: изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2012.
29. Панов В.П. Международное уголовное право. – М., 1997; Лукашук И.И., Наумов А.В. Международное уголовное право. – М., 1999.
30. Решетов Ю.А. Борьба с международными преступлениями против мира и безопасности. – М., Юрлитиздат. 1983.
31. Случаи экстрадиции россиян в США в 2010–2017 годах. РИА новости. [Электрон. ресурс]. URL: <https://ria.ru/20171003/1506124788.html> (дата обращения: 28.10.2019).

Минин Евгений Олегович  
магистр,  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
морской технический университет»,  
г. Санкт-Петербург  
e-mail: mikado-minin@yandex.ru

### **Имитационное моделирование одно- и многопроцессорных компьютерных систем**

**Аннотация.** Имитационная модель компьютерной системы на борту морского объекта рассмотрена средствами имитационного моделирования дискретных процессов в среде GPSS World, используя модель системы массового обслуживания (СМО). Модель позволяет для нескольких задач построить гистограммы времени обслуживания этих задач с вычислением среднего значения этого времени и стандартного отклонения от него.

**Ключевые слова:** имитационное моделирование, компьютерные системы.

Minin Evgeny Olegovich  
master,  
Saint Petersburg State Marine Technical University,  
Saint-Petersburg  
e-mail: mikado-minin@yandex.ru

### **Simulation modeling single and multiprocessor computer systems**

**Abstract.** The simulation model of a computer system on Board a marine object is considered by means of simulation of discrete processes in the GPSS World environment, using the Queuing system (QMS) model. The model allows for several tasks to build histograms of the service time of these tasks with the calculation of the average value of this time and the standard deviation from it.

**Key words:** simulation, computer systems.

#### **Введение**

Цель имитационного моделирования – количественная оценка основных показателей эффективности компьютерных систем.

Математическое моделирование непрерывных процессов осуществляется с помощью инструментальных средств: MathCad или Matlab (виртуальное моделирование Simulink).

Математическое моделирование дискретных процессов производится с помощью инструментальных средств Arena или GPSS World. В данной работе рассматривается имитационное моделирование дискретных процессов с помощью GPSS World (General Purpose Simulation System World).

Имитационное моделирование применяется в нескольких случаях, например, когда нет аналитического описания процессов, нет законченной постановки задачи, надо изучить свойство моделируемой системы.

**Цель:** определить влияние случайных факторов на параметры системы, поэтому используются модели массового обслуживания (СМО). Дискретная информация поступает в виде транзактов.

Среда GPSS World применяется для имитационного моделирования процессов, которые соответствуют моделям СМО. На рисунке 1 показана структура СМО и ее соответствие среде GPSS World [1, 2].

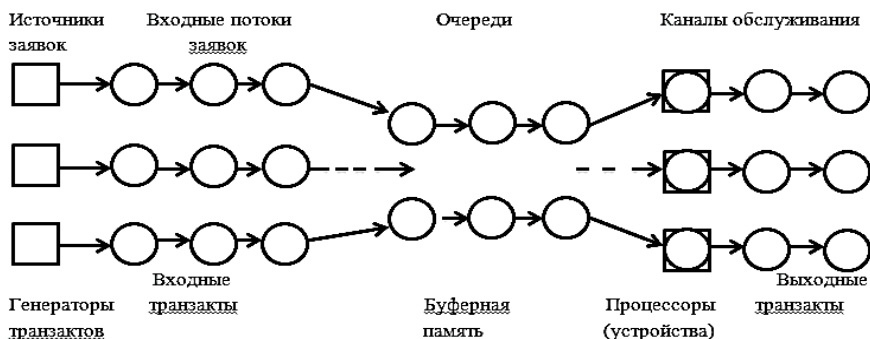


Рисунок 1 – Типовая структура СМО (надписи сверху) и соответствующие обозначения элементов в среде GPSS World (подписи снизу)

### ***Имитационное моделирование однопроцессорной компьютерной системы***

Одна из задач, решаемых на борту автоматического морского объекта – это автоматическое управление движением. Решение этой и других задач моделируется однопроцессорной КС.

На рисунке 2 показана с помощью пиктограмм языка ASSEMBLER [3, 4] блок-схема решения задачи однопроцессорной компьютерной системой.

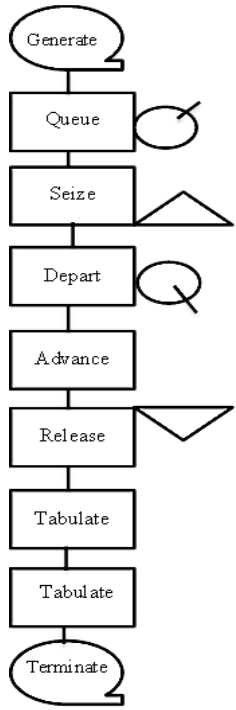


Рисунок 2 – Блок-схема, обеспечивающая решение задачи однопроцессорной компьютерной системы

На рисунке 3 приведен соответствующий код программы на языке ASSEMBLER с комментариями.

|                                                                              |           |              |                                     |
|------------------------------------------------------------------------------|-----------|--------------|-------------------------------------|
| * Имитационная модель для исследования однопроцессорной компьютерной системы |           |              |                                     |
|                                                                              | GENERATE  | 7,7;         | формирование закона прибытия данных |
|                                                                              | QUEUE     | AAA1;        | вход в буферную память              |
|                                                                              | SEIZE     | CPU1;        | захват процессора задачей           |
|                                                                              | DEPART    | AAA1;        | освобождение очереди констант       |
|                                                                              | ADVANCE   | 5,5;         | обработка данных процессором        |
|                                                                              | RELEASE   | CPU1;        | освобождение процессора             |
|                                                                              | TABULATE  | GIS;         | табличное формирование данных       |
|                                                                              | TABULATE  | Tran;        | табличное формирование данных       |
|                                                                              | TERMINATE | 1;           | завершение моделирования            |
| GIS                                                                          | TABLE     | Q\$Z,0,1,30; | построение гистограмм очереди       |
| Tran                                                                         | TABLE     | M1,0,1,30;   | построение гистограмм для транзакта |

Рисунок 3 – Код программы на языке ASSEMBLER для однопроцессорной компьютерной системы

В приведенном примере этого кода:

GENERATE – генерация заявок (центр 7 – среднее значение времени случайной генерации транзакта, размах  $\pm 7$  – интервал, определяющий диапазон времени, в котором генерируются транзакты);

ADVANCE – время обработки данных (центр 5 – среднее время задержки транзакта в устройстве, размах  $\pm 5$  – интервал времени, в котором формируются транзакты).

Программа смоделировала работу однопроцессорной компьютерной системы по критериям стандартных числовых атрибутов (СЧА): время прохождения транзактом участка модели (M1) и длина очереди (Q\$Z).

На рисунке 4 приведена гистограмма времени прохождения транзактами участка модели (в данном случае всей модели) однопроцессорной компьютерной системы.

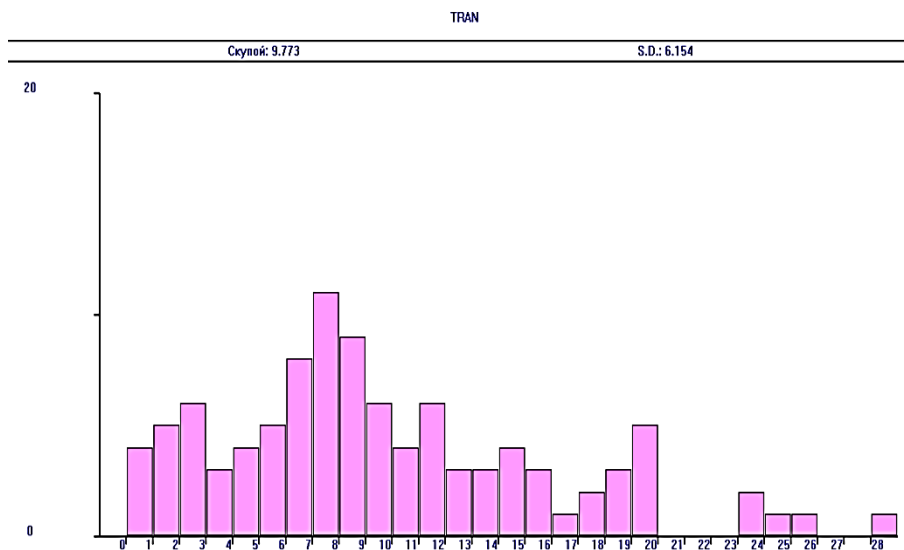


Рисунок 4 – Гистограмма времени прохождения транзактом модели однопроцессорной компьютерной системы

На рисунке 5 показана вспомогательная гистограмма: длин очередей в однопроцессорной компьютерной системе.

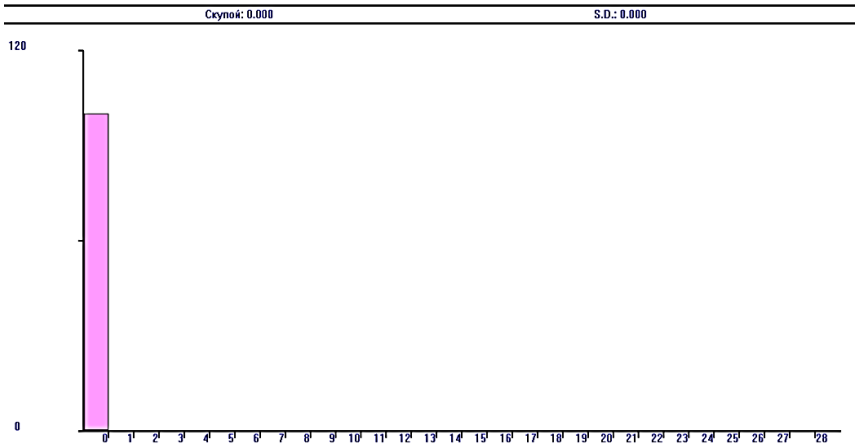


Рисунок 5 – Вспомогательная гистограмма длин очередей в модели однопроцессорной компьютерной системы

Итак, имитационное моделирование однопроцессорной компьютерной системы позволило построить гистограмму времени обслуживания заявок этой системой. Гистограмма дает среднее значение времени MEAN (в переводе калькой – Скупой, рисунок 4) и стандартное отклонение Standart Deviation, STD.DEV или S.D. (в русской терминологии – средне-квадратичное отклонение). Также моделирование позволило построить вспомогательную гистограмму длин очередей.

### ***Имитационное моделирование многопроцессорной компьютерной системы***

На борту автоматического морского объекта решаются, в частности, следующие три задачи:

- автоматическое управление движением;
- автоматическая система подводной навигации;
- подводная связь между различными морскими объектами.

Решение этих и других задач моделируется трехпроцессорной компьютерной системой. На рисунке 6 показана с помощью пиктограмм языка ASSEMBLER [3, 4] блок-схема решения задач на трехпроцессорной компьютерной системе.

На рисунке 7 показан соответствующий код программы на языке ASSEMBLER с комментариями.

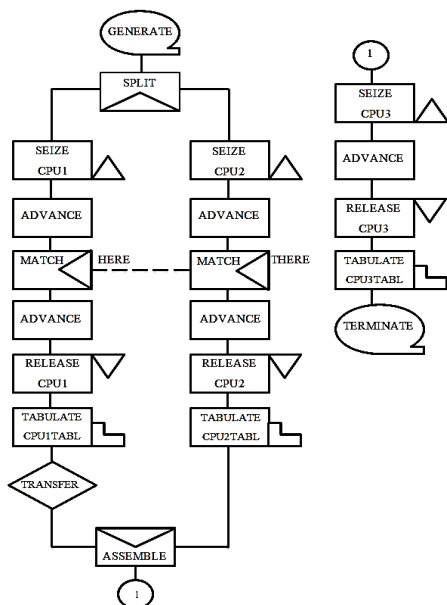


Рисунок 6 – Блок-схема, обеспечивающая решения трех задач на трехпроцессорной компьютерной системе

\* Имитационная модель для исследования многопроцессорной компьютерной системы

|          |           |               |                                             |
|----------|-----------|---------------|---------------------------------------------|
| CPU1TABL | TABLE     | M1,200,20,30; | построение гистограмм                       |
| CPU2TABL | TABLE     | M1,200,20,30; | построение гистограмм                       |
| CPU3TABL | TABLE     | M1,200,20,30; | построение гистограмм                       |
| THERE    | GENERATE  | 300,200;      | формирование закона прибытия данных         |
|          | SPLIT     | 1,CCC1;       | разветвление данных на две ветви            |
|          | SEIZE     | CPU1;         | захват первого процессора                   |
|          | ADVANCE   | 100,30;       | обработка данных процессором                |
|          | MATCH     | HERE;         | синхронизация обработки данных              |
|          | ADVANCE   | 50,5;         | обработка данных процессором                |
|          | RELEASE   | CPU1;         | освобождение процессора                     |
| CCC2     | ASSEMBLE  | 1;            | объединение двух параллельных ветвей модели |
|          | SEIZE     | CPU3;         | захват третьего процессора                  |
|          | ADVANCE   | 55,5;         | обработка данных процессором                |
|          | RELEASE   | CPU3;         | освобождение процессора                     |
|          | TABULATE  | CPU1TABL;     | табличное формирование данных               |
|          | TABULATE  | CPU2TABL;     | табличное формирование данных               |
|          | TABULATE  | CPU3TABL;     | табличное формирование данных               |
|          | TERMINATE | 3;            | завершение моделирования                    |
| CCC1     | SEIZE     | CPU2;         | захват второго процессора                   |
|          | ADVANCE   | 190,20;       | обработка данных процессором                |
| HERE     | MATCH     | THERE;        | синхронизация обработки данных              |
|          | ADVANCE   | 70,15;        | обработка данных процессором                |
|          | RELEASE   | CPU2;         | освобождение процессора                     |
|          | TRANSFER  | 1,CCC2;       | выход из ветви модели                       |

Рисунок 7 – Код программы на языке ASSEMBLER для трехпроцессорной компьютерной системы



В приведенном примере этого кода:

- GENERATE – генерация заявок одинакова для трех процессоров (центр 300, размах  $\pm 200$ );
- ADVANCE – время обработки данных 1-м процессором (центр 100, размах  $\pm 30$ ).
- ADVANCE – время обработки данных 1-м процессором (центр 50, размах  $\pm 5$ ).
- ADVANCE – время обработки данных 2-м процессором (центр 190, размах  $\pm 20$ ).
- ADVANCE – время обработки данных 2-м процессором (центр 70, размах  $\pm 15$ ).
- ADVANCE – время обработки данных 3-м процессором (центр 55, размах  $\pm 5$ ).

Моделирование трехпроцессорной компьютерной системы оценено по критерию стандартного числового атрибута – времени прохождения транзактами рассматриваемого участка (модуля) модели.

На рисунках 8, 9, 10 показаны гистограммы времени прохождения транзактами трех участков (модулей) модели, каждый из которых соответствует решению одной из трех задач.

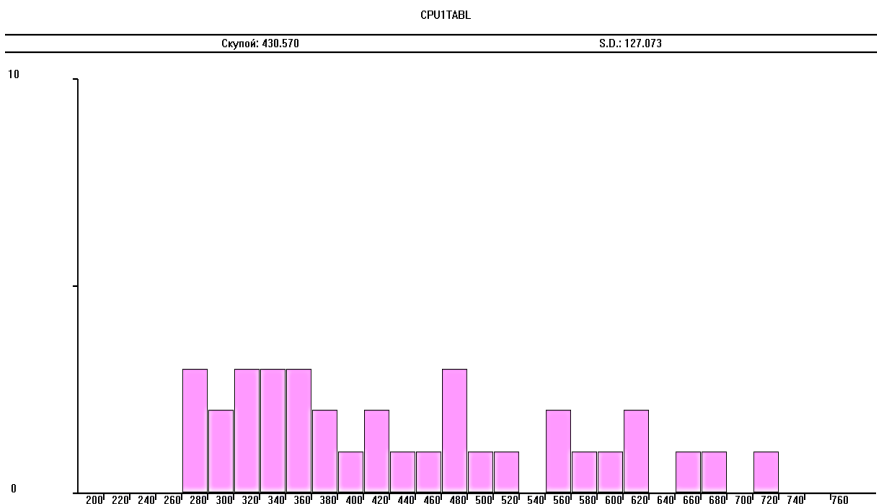


Рисунок 8 – Гистограмма времени прохождения транзактами первого участка (модуля) трехпроцессорной компьютерной системы, гистограмма соответствует решению первой задачи

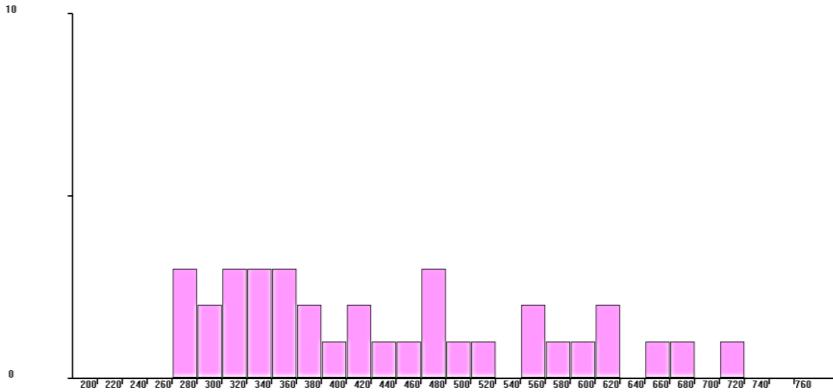


Рисунок 9 – Гистограмма времени прохождения транзактами второго участка (модуля) трехпроцессорной компьютерной системы, гистограмма соответствует решению второй задачи

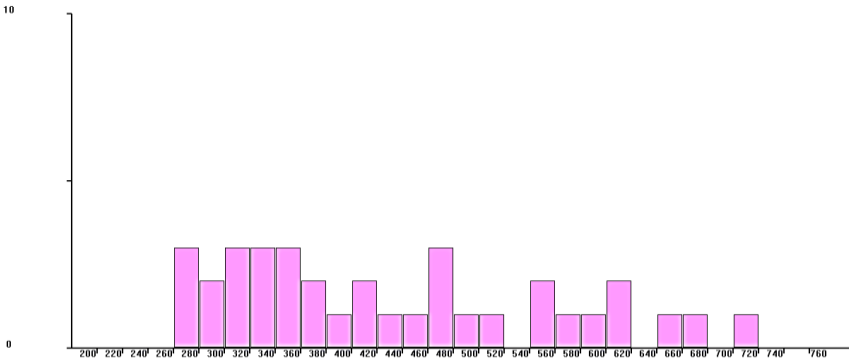


Рисунок 10 – Гистограмма времени прохождения транзактами третьего участка (модуля) трехпроцессорной компьютерной системы, гистограмма соответствует решению третьей задачи

Итак, имитационное моделирование решения задач на многопроцессорной компьютерной системе позволяет построить гистограммы времени обслуживания для каждой задачи и, следовательно, времени обслуживания заявок многопроцессорной компьютерной системой. Каждая гистограмма дает для соответствующей задачи

среднее значение времени обслуживания и стандартное отклонение от среднего значения.

### ***Выводы***

Имитационное моделирование дискретных процессов многопроцессорной компьютерной системой при решении нескольких задач на борту морского объекта сделано в среде GPSS World. Используются модели системы массового обслуживания (СМО).

Показано, что модель позволяет сформировать гистограммы времени обслуживания каждой задачи с указанием среднего значения этого времени и стандартного отклонения от него.

Список литературы:

1. Жуков Ю.И. Теория и проектирование морских компьютерных систем: учеб. пособие / Ю.И. Жуков. – СПб.: Изд-во СПбГМТУ, 2012. – 276 с.
2. Жуков Ю.И. Хуторная Е.В. Теория и проектирование морских компьютерных систем для выполнения курсового проектирования: учеб. пособие / Ю.И. Жуков, Е.В. Хуторная – СПб.: Изд-во СПбГМТУ, 2015. – 148 с.
3. Учебное пособие по GPSS World. /Пер. с англ. – Казань: Изд-во «Мастер Лайн», 2002. – 272 с.
4. Руководство пользователя по GPSS World /Пер. с англ. – Казань: Изд-во «Мастер Лайн», 2002. – 384с.

*Минин Евгений Олегович  
магистр,  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
морской технический университет»,  
г. Санкт-Петербург  
e-mail: mikado-minin@yandex.ru*

### **Моделирование управляемого движения морского автоматического объекта**

**Аннотация.** Проанализирована задача моделирования управляемого движения морского автоматического объекта. Управляющая функция кусочно-непрерывна и на линейном участке зависит от угла курса и его производной по времени.

Система линейных дифференциальных уравнений первого порядка проинтегрирована численным методом Эйлера, адаптированным к кусочно-непрерывной управляющей функции. Полученные временные зависимости параметров движения позволяют производить подбор коэффициентов управляющей функции, удовлетворяющих требуемым параметрам качества процессов маневрирования.

**Ключевые слова:** управление, моделирование, алгебро-дифференциальные уравнения, Matlab Simulink, Java.

*Minin Evgeny Olegovich  
master,  
Saint Petersburg State Marine Technical University,  
Saint-Petersburg  
e-mail: mikado-minin@yandex.ru*

### **Simulation of controlled motion of a marine automatic object**

**Abstract.** The problem of modeling the controlled motion of a marine automatic object is analyzed. The control function is piecewise continuous and on a linear plot depends on the angle of the course and its derivative in time.

The system of linear differential equations of the first order is integrated by the numerical Euler method adapted to the piecewise continuous control function. The obtained time dependences of the motion parameters allow the

*selection of the coefficients of the control function that satisfy the required parameters of the quality of the maneuvering processes.*

**Key words:** control, modeling, algebra-differential equations, Matlab Simulink, Java.

## **Введение**

В настоящее время различные виды моделирования применяются во многих областях науки и техники. Полезность моделирования стала общепризнанной, так как с его помощью можно определить сущность сложных процессов не в реальной системе, а в ее модели. Особое место моделирование занимает в технических науках, где широко применяется математический анализ, позволяющий составить системы дифференциальных уравнений. Модели технических систем строят в виде программ, выполняемых на компьютере.

Компьютерное моделирование условно подразделяется на 2 области: математическое и имитационное. Математическое моделирование занимается разработкой математических моделей технических систем с созданием и обоснованием численных методов. Техническое моделирование подразделяется на моделирование устройств (изделий) и моделирование процессов.

Динамические системы моделируются с помощью алгебро-дифференциальных уравнений. Инженерный подход заключается в составлении блок-схем из решающих элементов (интеграторов, сумматоров, умножителей и другие). В настоящее время эти решающие элементы реализуются не аппаратными средствами, а программными; такой подход реализован, например, в инструментальной среде Matlab Simulink.

Представляется перспективным использовать для этой цели объектно-ориентированные языки, в частности Java.

Управляемые морские автоматические средства движения описываются системой алгебро-дифференциальных уравнений первого порядка. Один из подходов их анализа – составление передаточной функции в операторной форме. Другой подход – численное интегрирование.

Алгебро-дифференциальные уравнения для управляемого движения в горизонтальной плоскости одинаковы для надводных и подводных средств движения.

## 1. Используемые понятия математической модели движения

$\xi O \zeta$  – система координат, жестко связанная с землей;

$XOZ$  – система координат, жестко связанная с объектом ( $OX$  – ось объекта (судна), направленная к носовой части;  $OZ$  – ось, направленная перпендикулярно плоскости объекта  $XU$ )

$\beta$  – угол дрейфа (угол между вектором скорости и осью  $OX$ )

$\psi$  – угол курса (угол между осью  $O\xi$  и осью объекта  $OX$ )

$\omega_y$  – угловая скорость относительно оси  $OY$

$\begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} \\ b_{21} & b_{22} \end{pmatrix}$  – матрица объекта, где  $b_{ij}$  – функция многих параметров

(геометрических, массовых, гидродинамических и других)

$B = \begin{pmatrix} b_{11} & b_{13} & b_{13} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} \end{pmatrix}$  – дополненная матрица объекта управления,

дополнительный столбец  $(b_{13}, b_{23})^T$  служит для связи объекта с управляющей функцией  $\delta_B(t)$ , где  $\delta_B(t)$  – угол перекладки вертикальных рулей.

Наиболее общий вид управляющей функции на линейном участке для маневров в горизонтальной плоскости (циркуляции, стабилизации курса, движения в заданном направлении):

$$\delta_B = K_\psi(\psi - \psi_{\text{зад}}) + K_{\omega_y}(\omega_y - \omega_{y \text{ зад}})$$

где  $\psi(t)$ ,  $\omega_y(t)$  – текущие значения угла курса и проекции угловой скорости на ось  $OY$ ;  $\psi_{\text{зад}}$ ,  $\omega_{y \text{ зад}}$  – заданные значения курса и проекции угловой скорости соответственно.

Управляющая функция зависит одновременно от угла курса и его производной  $\omega_y = \frac{d\psi}{dt}$ , поскольку она дает наилучшие результаты по качеству управления.

За пределами линейного участка,

$$\delta_B > \delta_{B \text{ max}}, \delta_B = \delta_{B \text{ max}} * \text{sign}(\delta_B)$$

$k_\psi$  – коэффициент передачи угла курса, [рад/рад]

$k_{\omega_y}$  – коэффициент передачи угловой скорости, [с<sup>-1</sup>]

$\delta_B(t)$  – текущее значение угла перекладки вертикальных рулей

$\delta_{B \text{ max}}$  – предельное значение угла перекладки вертикальных рулей

## 2. Математическая модель управляемого движения

Система линейных дифференциальных уравнений движения аппарата для горизонтальной плоскости имеет вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{d\beta}{dt} = b_{11} * \beta + b_{12} * \omega_y + b_{13} * \delta_B \\ \frac{d\omega_y}{dt} = b_{21} * \beta + b_{22} * \omega_y + b_{23} * \delta_B \\ \frac{d\psi}{dt} = \omega_y \\ \frac{d\xi}{dt} = V_x * \cos\psi + V_z * \sin\psi \\ \frac{d\zeta}{dt} = -V_x * \sin\psi + V_z * \cos\psi \\ V_x = V \cos\beta \\ V_z = V \sin\beta \end{array} \right. \quad (1)$$

где  $b_{ij}$  – коэффициенты матрицы В;  $V$  – скорость объекта;  $V_x, V_z$  – проекции скорости на оси  $OX$  и  $OZ$ .

Для построения траектории нужно решить систему (1) при начальных условиях,  $t=0$ :

$$\begin{aligned} \xi(t) &= \xi(0) = \xi_0; \quad \zeta(t) = \zeta(0) = \zeta_0; \quad \psi(t) = \psi(0) = \psi_0; \\ \beta(t) &= \beta(0) = \beta_0; \quad \omega_y(t) = \omega_y(0) = \omega_{y_0}. \end{aligned} \quad (2)$$

Так как это система дифференциальных уравнений первого порядка, то решение получается в виде определенного интеграла.

Интегрирование этой системы при начальных условиях (2) имеет вид:

Первый интеграл:

$$\left\{ \begin{array}{l} \beta(t) = \int_0^t (b_{11} * \beta + b_{12} * \omega_y + b_{13} * \delta_B) d\tau + \beta_0 \\ \omega_y(t) = \int_0^t (b_{21} * \beta + b_{22} * \omega_y + b_{23} * \delta_B) d\tau + \omega_{y_0} \\ \psi(t) = \int_0^t \omega_y d\tau + \psi_0 \end{array} \right.$$

Второй интеграл:

$$\left\{ \begin{array}{l} \xi(t) = \int_0^t V(\cos\beta * \cos\psi + \sin\beta * \sin\psi) d\tau + \xi_0 \\ \zeta(t) = \int_0^t V(-\cos\beta * \sin\psi + \sin\beta * \cos\psi) d\tau + \zeta_0 \end{array} \right.$$

Этот интеграл содержит уравнение траектории  $\zeta(\xi)$  в параметрическом виде, время  $t$  – параметр.

Имеются методики моделирования траектории на базе компьютерной реализации решающих элементов.

В данной работе применено численное интегрирование системы уравнений (1) по методу Эйлера.

### 3. Алгоритм численного интегрирования

Для интегрирования системы дифференциальных уравнений управляемой движения используется дискретное время.

Дифференциал времени заменяется на шаг  $dt = \Delta t = h$ .

Дифференциал текущей величины заменяется на разность соседних величин, например:  $d\beta \sim \beta_{i+1} - \beta_i$

$$\begin{cases} \beta_{i+1} = \beta_i + h * (a_{11} * \beta + a_{12} * \omega_y + a_{13} * \delta_{Bi}) \\ \omega_{y_{i+1}} = \omega_{y_i} + h * (a_{21} * \beta + a_{22} * \omega_y + a_{23} * \delta_{Bi}) \\ \psi_{i+1} = \psi_i + h * \omega_y \\ \xi_{i+1} = \xi_i + h * V(\cos\beta * \cos\psi + \sin\beta * \sin\psi) \\ \zeta_{i+1} = \zeta_i + h * V(-\cos\beta * \sin\psi + \sin\beta * \cos\psi) \\ \delta_{i+1} = K_\psi(\psi_i - \psi_{\text{зад}}) + K_{\omega_y}(\omega_{y_i} - \omega_{y_{\text{зад}}}) \end{cases}$$

Начальные условия:  $i = 0$ ;  $\psi_0, \omega_{y_0}, \beta_0, \xi_0, \zeta_0$ .

При маневрировании начальные условия маневра равны конечным условиям предыдущего маневра.

Цель моделирования – определение таких значений коэффициентов  $K_\psi$  и  $K_{\omega_y}$ , при которых обеспечивается требуемое качество маневрирования, например, таких показателей качества как время выхода на курс, время переходного процесса, минимальное перерегулирование.

В качестве примера приведены результаты движения из трех последовательных маневров, когда начальные условия маневра взяты из конечных условий предыдущего маневра (кроме первого маневра).

Используемые обозначения в программе:  $K_\psi(KPsi)$ ,  $K_{\omega_y}(KWy)$ ,  $\beta(Be)$ ,  $\omega_y(Wy)$ ,  $\psi(Psi)$ ,  $\psi_{\text{зад}}(Psi\text{ zad})$ ,  $\xi(Ks)$ ,  $\zeta(Dz)$ ,

$\delta_{B\text{ max}}(DV\text{ max})$ ,  $\omega_{y\text{ зад}}(Wy\text{ zad})$ ,  $d\beta(DBe)$ ,  $d\omega_y(dWy)$ ,  $d\xi(dKs)$ ,  $d\zeta(dDz)$

Для примера взяты следующие значения.

Начальные значения:

$\beta = 0, \omega_y = 0, \psi = 0, \xi = 0, \zeta = 0$ .

$V = 22.5$  м/с

$B = \begin{pmatrix} -0.97 & 0.24 & -0.17 \\ 24.29 & -6.52 & -3.28 \end{pmatrix}$ .

Шаг интегрирования  $h = 0.01$  с.



Зависимость курса  $\Psi$  от времени –  $\Psi(t)$  показана на рисунке 1.

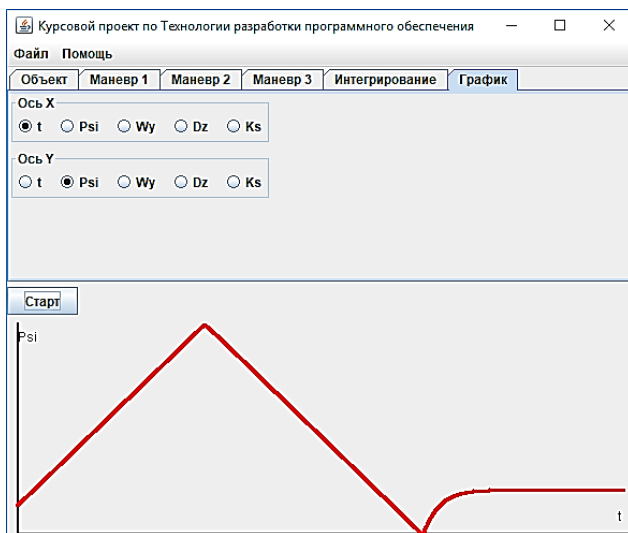


Рисунок 1 – График зависимости курса  $\Psi$  от времени –  $\Psi(t)$

Зависимость угловой скорости  $\dot{W}_y$  от времени –  $\dot{W}_y(t)$  показана на рисунке 2.

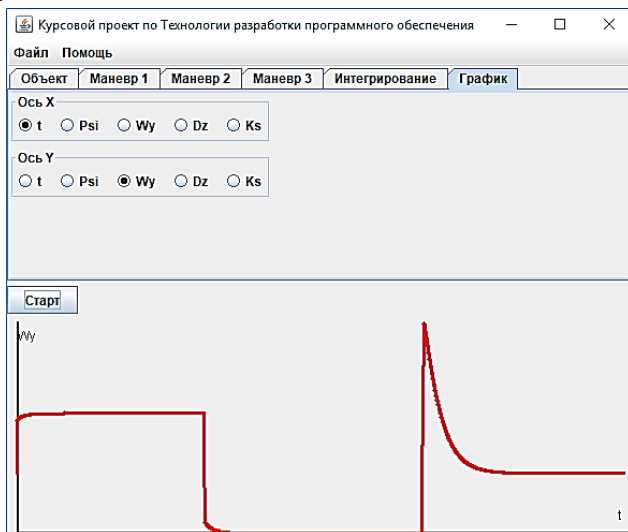


Рисунок 2 – График зависимости угловой скорости  $\dot{W}_y$  от времени –  $\dot{W}_y(t)$

Траектория движения в горизонтальной плоскости –  $Dz(Ks)$  показана на рисунке 3.

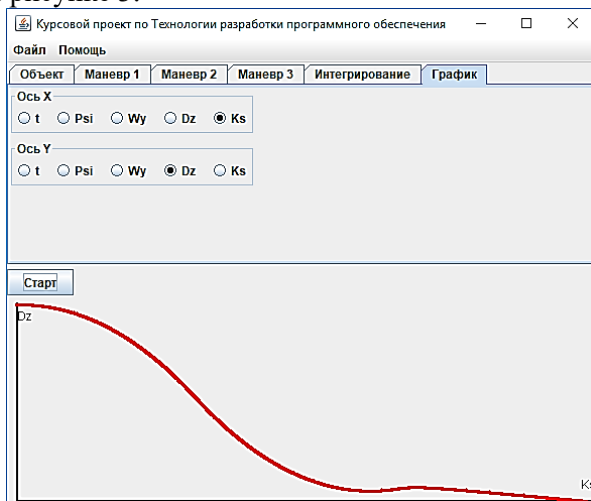


Рисунок 3 – График траектории движения в горизонтальной плоскости –  $Dz(Ks)$

### ***Заключение***

Моделирование управляемого движения необходимо для подбора коэффициентов управляющей функции, которые должны обеспечить требуемые показатели качества для каждого маневра. В данной работе интегрировались дифференциальные уравнения первого порядка для получения временной зависимости параметров движения (углов курса, дрейфа, угловой скорости и координат). В данной работе численный метод интегрирования Эйлера адаптирован к кусочно-непрерывному виду управляющей функции. Полученная модель управляемого движения позволяет подобрать коэффициенты управляющей функции для каждого конкретного маневра.

### **Список литературы:**

1. Матвеев Н.М. Методы интегрирования обыкновенных дифференциальных уравнений. М.: Высш. школа, 1967.
2. Камке Э. Справочник по обыкновенным дифференциальным уравнениям – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы. – 1976.

*Михайлова Ксения Николаевна,  
магистрант 1 курса  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
морской технический университет»,  
г. Санкт-Петербург  
e-mail: kseniia.mikhailova.fw@yandex.ru;*  
*Дядик Александр Николаевич  
д.т.н., профессор  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
морской технический университет»,  
г. Санкт-Петербург,  
научный руководитель:  
e-mail: dyadik@rambler.ru*

**Ионизирующее излучение и радиационная безопасность  
на судах с ЯЭУ**

***Аннотация.** В данной статье рассматривается вопрос радиационной безопасности на судах ядерными энергетическими установками и ионизирующее излучение, которое исходит от ее.*

***Ключевые слова:** радиационная безопасность, ионизирующая радиация, нормы радиационной безопасности.*

**Ionizing radiation and radiation safety on ships with a nuclear  
energy plant**

*Mikhailova Ksenia Nikolaevna  
1st year undergraduate  
Saint-Petersburg State Marine Technical University,  
Saint-Petersburg  
e-mail: kseniia.mikhailova.fw@yandex.ru;*  
*Scientific adviser:  
Dyadik Alexander Nikolaevich,  
Dr.Tech.Sc., Professor  
Saint-Petersburg State Marine Technical University,  
Saint-Petersburg  
e-mail: dyadik@rambler.ru*

**Abstract.** This article considers the issue of radiation safety on ships by nuclear power plants and the ionizing radiation that comes from it.

**Key words:** radiation safety, ionizing radiation, radiation safety standards.

С момента открытия цепной реакции ядерного распада и по прошествии времени стало ясно, что использование чистой ядерной энергии – выгодно. Ее применение более энергоемко по сравнению с использованием угля или нефти, дешево и экологично.

По сегодняшний день проводится множество исследований в области ядерной энергетики, и она все прочнее укрепляется в нашей жизни. Самыми важными являются вопросы безопасности населения и окружающей среды вовремя и после эксплуатации ядерных энергетических установок (ЯЭУ) все еще имеют место быть. В России вопрос безопасности ЯЭУ относится не только к наземным, но и тем, что используются на судах – наша страна является единственной, которая обладает гражданским атомным флотом.

Радиационная безопасность – составная часть общей техники безопасности, а также совокупность технических, гигиенических и организационных мероприятий, которые обеспечивают безопасные условия труда и жизни персонала и населения при эксплуатации различных источников радиационного излучения [3].

На кораблях с ЯЭУ первичным источником ионизирующих излучений (ИИ) и радиоактивных веществ является реактор. При ее работе возникают различные виды радиационных излучений и происходит накопление радиоактивных веществ. Рассмотрим виды ионизирующих излучений, которые возникают при работе ядерного реактора (ЯР) [2]:

Нейтроны (в большей степени мгновенные нейтроны).

$\gamma$  – излучение в ЯР реакторе можно «обнаружить» в активной зоне (АЗ), некоторых элементах первого контура и защите.

Излучение от теплоносителя

Атмосферный воздух аппаратной выгородки и заборная вода в цистерне биологической защиты (БЗ), которая находится под реакторным отсеком, также подвержены воздействию нейтронов.

Под воздействием потоков нейтронов также происходит активизация забортной воды.

Радиационная безопасность же подразумевает под собой совокупность мер для обеспечения поколений людей от вредного для их здоровья ионизирующего излучения, а также положение по защите населения от вредного ионизирующего облучения, которое должно

обеспечиваться законодательными, санитарно-гигиеническими, организационными и техническими мерами [3]. В России допускаемые уровни облучения человека от техногенных источников ИИ регламентированы нормами радиационной безопасности «НРБ-99». В этом документе установлены основные требования по ограничению техногенного облучения в контролируемых условиях и при радиационных авариях.

Предельно же допустимые уровни устанавливаются из расчета с приоритетом охраны здоровья людей без необоснованных ограничений полезной деятельности и базируются на нескольких основополагающих принципах [1]:

Нормирования – то есть не превышения допустимых пределов индивидуальных доз от всех источников.

Обоснования – использование ИИ запрещено в случаях, если полученная от этого польза не превышает риск возможного вреда.

Оптимизация – поддержание, на насколько это возможно, низком и достижимом уровне индивидуальных доз и количества облучаемых людей, при учете социальных и экономических факторов.

Согласно НРБ-99, которые соответствуют международным нормам, предельно-допустимая доза облучения персонала составляет 20 МэВ. В других документах, более конкретных, могут быть регламентированы другие контрольные дозовые уровни – не только дозовые, но и мощности дозы [1].

Для повышения уровня безопасности на кораблях устанавливают режимные зоны, где действует особый порядок поведения личного состава. Для таких помещений действуют следующие правила: устанавливается ограничение по допуску во внутрь, проводится дозиметрический и радиометрический контроль в организационно-технических зонах, обязательное использование специальной одежды и средств индивидуальной защиты при работах в режимных зонах, проведение санитарной обработки личного состава корабля, и такие организационно-техническими мероприятия как ликвидация радиоактивных загрязнений воздуха помещений и дезактивацией поверхностей, обращение с радиоактивными отходами. При их невыполнении человек отстраняется от выполнения работ и немедленно выводится из зоны строгого режима [3].

Грубыми нарушениями правил радиационной безопасности считаются:

1) Производство работ, опасных в отношении радиационной безопасности без разрешения службы радиационной безопасности (СРБ).

2) Удаление радиоактивных отходов в акватория пункта базирования, ремонта, перезарядки или на территорию вне установленных мест сбора и их временного хранения.

3) Факт поступления радиоактивных веществ во внутрь организма человека, работающего с источником ИИ.

4) Облучение личного состава сверх установленных допустимых норм.

5) Потеря источника ионизирующего излучения.

Допуск отстраненных лиц возобновляется после сдачи зачета начальнику соответствующей службы радиационной безопасности или его заместителю в объеме инструкции по радиационной безопасности [3].

Список литературы:

1. «Нормы радиационной безопасности (НРБ-99) СП 2.6.1 758-99» Минздрав России 1999.

2. Виноградов Ю.А. «Ионизирующая радиация. Обнаружение. Контроль. Защита», М., СОЛОН-Р, 2002

3. Машкович В.П., Панченко А.М. «Основы радиационной безопасности», М.: Энергоатомиздат, 1990.

*Мишальченко Юрий Владимирович,  
д-р. юр. наук, профессор кафедры  
Государственного и международного права  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
морской технический университет»,  
г. Санкт-Петербург  
e-mail: myv2008@mail.ru  
Егорова Екатерина Леонидовна,  
аспирант  
Санкт-Петербургский университет  
технологий управления и экономики,  
г. Санкт-Петербург  
e-mail: egor0wayekat@yandex.ru*

**Правовые аспекты по борьбе с морским пиратством  
в современном международном праве**

***Аннотация.** Данная статья посвящена рассмотрению морского пиратства как глобальной угрозы безопасности человечества. В ней анализируется современное правовое регулирование вопросов, связанных с морским правом. Также рассматриваются варианты повышения эффективности оказания противодействия морскому пиратству.*

***Ключевые слова:** морское пиратство, морское право, международное право, морской терроризм.*

*Mishalchenko Yury Vladimirovich,  
Dr. of Sci. Jur., Professor  
Saint-Petersburg State Marine Technical University,  
Saint-Petersburg  
e-mail: myv2008@mail.ru  
Egorova Ekaterina Leonidovna,  
postgraduate  
Saint-Petersburg University of anagement Technologies  
and Economics  
Saint-Petersburg  
e-mail: egor0wayekat@yandex.ru*

## Legal aspects on the fight against maritime piracy in modern international law

**Abstract.** *This article is devoted to the consideration of maritime piracy as a global threat to human security. It analyzes the modern legal regulation of issues related to the maritime law. It also considers options to improve the effectiveness of countering maritime piracy.*

**Key words:** *maritime piracy, maritime law, international law, maritime terrorism.*

Вопросы, связанные с обеспечением безопасности, в современном мире играют определяющую роль. В настоящее время одним из самых главных направлений деятельности межгосударственных и международных организаций является обеспечение мира и международной безопасности. Существует множество направлений, целью которых является борьба с международной преступностью, ставящей под угрозу безопасное существование всего человеческого общества. Ведь современные процессы глобализации и интеграции оказывают влияние абсолютно на все сферы жизнедеятельности общества, каждого государства в целом.

По нашему мнению, одной из актуальных проблем в сфере обеспечения международной безопасности является морское пиратство. За 2018 год пиратами было совершено 201 нападение на морские суда, что на 10,4% больше, чем в предыдущем году. Это является прямым доказательством того, что международные отношения в области морского права подвергаются значительной угрозе.

В современном международном законодательстве имеется ряд нормативных правовых актов, регулирующих общественные отношения в области морского права. Так, Конвенция Организации Объединенных Наций по морскому праву закрепляет определение понятия «пиратства», определение пиратского судна, порядок захвата пиратского судна или пиратского летательного аппарата, ответственность за захват судна без достаточных оснований, а также устанавливает суда и летательные аппараты, уполномоченные осуществлять захват за пиратство.

Пиратством, согласно указанной Конвенции, является каждое из следующих действий:

1. любой неправомерный акт насилия, задержания или любой грабеж, совершаемый с личными целями экипажем или пассажирами



какого-либо частновладельческого судна или частновладельческого летательного аппарата и направленный:

а) в открытом море против другого судна или летательного аппарата или против лиц или имущества, находящихся на их борту;

б) против какого-либо судна или летательного аппарата, лиц или имущества в месте вне юрисдикции какого бы то ни было государства;

в) любой акт добровольного участия в использовании какого-либо судна или летательного аппарата, совершенный со знанием обстоятельств, в силу которых судно или летательный аппарат является пиратским судном или летательным аппаратом;

г) любое деяние, являющееся подстрекательством или сознательным содействием совершению действия, предусматриваемого в вышеуказанных подпунктах [1].

Из указанного выше можно сделать вывод: морское пиратство является международной проблемой, которая явно выходит за рамки определенного государства. Об это свидетельствует как минимум два факта. Первый из них заключается в определении статуса морского пространства, а второй – в нормативном правовом регулировании так называемого «морского терроризма». Из этого следует, что обеспечение безопасности и мира на море является всеобщей задачей, требующей тщательного изучения и грамотного решения по оказанию противодействия морскому пиратству.

Ещё одним международным нормативным правовым актом, регулирующим отношения в области морского права, является Международный кодекс по охране судов и портовых средств. Указанный правовой акт устанавливает порядок организации охраны морских судов, а именно:

- закрепляет ответственность договаривающихся сторон (правительств);

- устанавливает правила оценки охраны судов;

- закрепляет требования к плану охраны судна;

- закрепляет обязанности должностных лиц, ответственных за обеспечение охраны морских судов и т. д. [2]

Рассмотренный нормативный правовой акт предписывает корабельному и портовому персоналу, а также судоходным компаниям и правительствам обязанности по обнаружению угрозы безопасности морским судам, а также по принятию ими мер, предотвращающих инциденты, связанные с участием кораблей и портовых сооружений в международной торговле. Мы считаем, что рассмотренный нами

правовой акт является очень значимым и важным для развития морского права, а в частности для обеспечения противодействия пиратству.

С развитием международных отношений, вызванных условиями современности, изменились и возросли угрозы международной безопасности. Так, по мнению Д.А. Цезарь, пиратство в современном проявлении намного отличается от предыдущих его форм. В условиях, вызванных процессами глобализации и интеграции, его цель выражается в попытке оказания влияния на политическую, дипломатическую, макроэкономическую и технологическую сферы жизнедеятельности общества [3].

Мы хотим выразить свое согласие с мнением указанного автора. Во-первых, как и любой вид терроризма, пиратство преследует определенные цели, реализация которых затрагивает интересы, как правило, не одного, а целого ряда государств. Это, в свою очередь, оказывает значительное влияние на развитие международных отношений и международного права в целом. Во-вторых, сам факт наличия пиратства является угрозой безопасности абсолютно всех государств, то есть всего человеческого общества. Поэтому, борьба с пиратством – это международная проблема, которая требует внимательного изучения и планирования её постепенного решения.

В связи с актуальностью рассматриваемой проблемы современными учёными и специалистами в области морского права предлагается множество подходов и вариантов по организации противодействия пиратству. Так, по нашему мнению, одним из оригинальных предложений по борьбе с морским пиратством является подход В. Ф. Бондаренко, Н. Ю. Григорьева и Э. Б. Родюкова. Указанные авторы считают, что целесообразным будет введение и законодательное закрепление следующих процедур, направленных на противодействие пиратству:

- ужесточение и изменение процедуры приобретения билетов на все виды морского транспорта;
- введение проведения «профайлинга», то есть психологического тестирования всех пассажиров на обязательном уровне;
- ужесточение прохождения зон контроля и досмотра для исключения попадания на борт взрывных устройств и взрывчатых веществ;
- создание в морских портах ситуационных центров, целью которых будет являться мониторинг, обеспечение контроля и координации всех

служб в рамках морского порта, а также обеспечение взаимодействия указанных служб с правоохранительными органами;

– создание единого банка данных, содержащего информацию о потенциально опасных пассажирах.

Указанные меры, на наш взгляд, являются весьма современным способом оказания противодействия морскому пиратству. Но осуществление и внедрение в практику указанных выше процедур и нововведений в какой-то мере является мало возможным. Если проанализировать предложенные автором варианты, то можно сделать несколько выводов. Во-первых, ужесточение процедуры приобретения билетов на морской транспорт и проведение обязательного психологического тестирования всех пассажиров сразу же вызовут отказ большинства пассажиров от передвижения таким способом. Возрастет потребность пользования другими видами транспорта, что в свою очередь отразится на развитии и актуальности передвижения морским транспортом. Мы считаем, что также необходимо отметить возрастания уровня вероятности совершения террористических актов на иных видах транспорта, альтернативных морскому.

Создание ситуационных центров и единого банка данных о потенциально опасных пассажирах также являются весомой проблемой как с экономической точки зрения, так и с точки зрения эффективности их работы. Главной причиной этого, по нашему мнению, является различный уровень инновационного развития и технических возможностей различных государств. Если система по противодействию пиратству должна носить всеобщий характер, то и уровень различного рода возможностей всех государств мира должен быть одинаковым. Поэтому, в настоящее время такие новшества в борьбе с морским пиратством не могут быть реализованы.

Таким образом, можно сделать ряд выводов. Во-первых, общественные отношения в области морского права, а в частности борьбы с пиратством регулируются международным законодательством. Поэтому, любые правовые положения, связанные с оказанием противодействия морскому пиратству должны быть закреплены на международном уровне.

Во-вторых, эффективное предотвращение нападения пиратов на морские суда зачастую невозможно в силу того, что контролировать морское пространство гораздо сложнее, чем наземное. Поэтому, многие предложения по совершенствованию организации борьбы с пиратством невозможно воплотить в реальность. По нашему мнению,

необходимо отметить тот факт, что у каждого государства имеются определенные возможности по вкладу сил и средств в развитие противодействия морскому пиратству. Поэтому, какие-то государства смогут уделить значительно больше внимания рассматриваемой проблемы, а какие-то не смогут и вовсе. Мы считаем, что данный вопрос должен стать одним из актуальных в области обеспечения безопасности человечества, так как пиратство – это международная проблема.

В-третьих, необходимо отметить, что пиратство, как и любой вид терроризма, имеет цель оказывать воздействие на принятие различного рода решений государственными и международными органами. Отсюда следует, что и решения указанных органов оказывают прямое влияние на развитие и существование морского пиратства. Из этого можно сделать вывод о том, что международные отношения, независимо от сферы распространения международной юрисдикции, являются сложным многогранным механизмом, от организации и эффективности которого зависит не только развитие международного права, но и безопасность всего человечества.

#### Список литературы:

1. Конвенция Организации Объединенных Наций по морскому праву (Монтего-Бей, 10 декабря 1982 г.) // Собрание законодательства Российской Федерации от 1 декабря 1997 г., N 48, ст. 5493.
2. Международный кодекс по охране судов и портовых средств (Лондон, 12 декабря 2002 г.) // Собрание законодательства Российской Федерации от 1 декабря 2005 г., N 37, ст. 5275.
3. Цезарь, Д. А. Роль России в борьбе с международным морским пиратством в условиях глобализации: дисс. ... канд. юрид. наук / Д.А. Цезарь / – Москва, 2015. – 163 с.
4. Бондаренко В. Ф., Григорьев Н. Ю., Э. Б. Родюков Современный морской терроризм (пиратство) и его социальные последствия / Бондаренко В. Ф., Григорьев Н. Ю., Родюков Э. Б. // Вестник морского государственного университета. – 2015. – № 12. – С. 245 – 252.

*Мишальченко Юрий Владимирович,  
д-р. юр. наук,  
профессор кафедры Государственного и  
международного права  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
морской технический университет»,  
г. Санкт-Петербург  
e-mail: myv2008@mail.ru*

*Микаэлян Роман Самвелович,  
аспирант  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
морской технический университет»,  
г. Санкт-Петербург  
e-mail: mikaelyan.r@yandex.ru*

## **Правовое регулирование морских перевозок в Европейском союзе**

**Аннотация.** Данная статья посвящена рассмотрению актуальных проблем морских грузовых перевозок. В ней анализируется современное правовое регулирование вопросов, связанных с морским правом. Также рассматриваются варианты совершенствования документоборота между участниками рынка морских перевозок.

**Ключевые слова:** морское право, международное право, морские грузовые перевозки, коносамент, морской каботаж.

*Mishalchenko Yury Vladimirovich,  
Dr. of Sci. Jur.,  
Professor of the Department  
Saint-Petersburg State Marine Technical University,  
Saint-Petersburg  
e-mail: myv2008@mail.ru*

*Mikaelyan Roman Samvelovic,  
postgraduate  
Saint-Petersburg State Marine Technical University,  
Saint-Petersburg  
e-mail: mikaelyan.r@yandex.ru*

## Legal regulation of Maritime transport in the European Union

**Abstract.** *This article is devoted to consideration of actual problems of sea freight transportation. It analyzes the current legal regulation of issues related to the law of the sea. Options for improving document management between participants of the Maritime transport market are also considered.*

**Key words:** *Maritime law, international law, sea cargo transportation, bill of lading, sea coasting.*

В Европейском союзе до 1970-х гг. транспортная политика, касающаяся морских грузовых перевозок между странами – членами союза отсутствовала, не смотря на то, члены ЕС принимали достаточно активное участие в деятельности международных морских организаций и институтов в части формирования единых правил, которые бы действовали в отношении всех государств – членов Евросоюза в одинаковой мере. С момента вступления в европейский союз таких государств как Дания, Греция и Великобритании положение дел существенно изменилась.

В 1986 году странами – членами ЕС был принят пакет мер по формированию единой для всего Сообщества морской политики. И это был первый шаг в указанном направлении, обоснованный тем, что на мировом рынке международных морских грузоперевозок установилась стойкая тенденция в пользу морских грузоперевозок судами удобных флагов, что в свою очередь привело к нерентабельности морской регистрации транспортных судов и наём персонала, их обслуживающего в Европе. В этих условиях Еврокомиссия приняла важное решение о необходимости создании именно европейского регистра судов, которые осуществляют грузоперевозки морским транспортом международного характера под флагами государств-членов ЕС. Морские суда, которые были внесены в этот регистр, в дальнейшем освобождались от отдельных налогов, возвращающих им в соответствующее конкурентное преимущество относительно судов, плавающих под удобным флагом.

Дальнейшим шагом европейского союза стало значительное снижение действующего уровня конкуренции между европейскими линейными морскими компаниями. Это коснулось направления не только европейских государств, но и направления Атлантики, Африки и Дальнего Востока.

Кроме этого, пять лет назад было принято Положение о развитии морского транспорта Европейского союза вплоть до 2025 г. В

указанном документе отмечается, что большая часть грузоперевозок внутри Европы, между Европой и другими континентами приходится именно на морской транспорт.

Основные действующие направления политики Европейского союза в сфере морского транспорта предусматривают:

- формирование зоны морского транспорта, свободной от административных барьеров;
- создание достаточно привлекательных для морского каботажных условий;
- формирование единой нормативной правовой базы, регулирующей морские перевозки грузов внутри ЕС;
- расширение возможностей использования электронных транспортных документов при осуществлении морских грузоперевозок внутри ЕС.

Как известно, эффективным и соблюдаемым может быть только тот закон, который в полной мере отвечает приведенным выше положениям, так как при их несоблюдении он будет вреден, разлагающе действуя на любые другие законы. Такое несовпадение недопустимо для законодательной базы транспортной сферы в силу того, что на её основе обеспечиваются права и свободы человека и гражданина. Законодательная база, регламентирующая транспортные отношения, обязана соответствовать сложившимся условиям, на базе которых осуществляется реализация и защита прав и свобод граждан. И это достаточно хорошо понимают в странах Евросоюза.

Эффективное функционирование института деятельности на морском транспорте стран ЕС невозможно без наличия и активного использования законов и подзаконных актов многоцелевого предназначения (трудовой кодекс; закон о защите прав потребителей; пенсионное законодательство; жилищный кодекс и многие другие). Приведённые законы не персонифицированы, имеют общий характер, но предназначены для реализации функции государственно-правовой помощи и защиты. По мнению автора, это относится ко всей законодательной базе ЕС и в сфере морского транспорта в частности.

Проблема и причина «пробуксовки» законов, о чём свидетельствует правоприменительная практика перевозки грузов морским транспортом государств – членов ЕС порождена проблемами функционирования административно-организационного аппарата, ибо все федеральные и муниципальные законодательные, исполнительные

и судебные органы обязаны осуществлять государственно-правовую защиту субъектов морских транспортно-правовых отношений.

Любая деятельность не вправе противоречить действующему законодательству, однако это самый больной вопрос, ибо функционирование отдельных государственных органов, структур Евросоюза, обязанных заниматься оптимизацией всего европейского законодательства в рамках ЕС еще не достаточно владеют навыками использования правовых методов, средств и способов её механизма.

Следует отметить, что в сфере транспортной политики Европейского союза именно морской транспорт наделен специальным статусом, что объясняется его длительной историей становления и развития, в том числе и на международном\*. Подтверждением указанного является известное решение суда Евросоюза по так называемому делу «Комиссия против Франции» № 167/73 (1974 год), в котором было указано, что морской транспорт Евросоюза подлежит исключению из сферы общей транспортной политики ЕС. Это означает, что регулирование транспортных отношений в сфере морского транспорта в Евросоюзе относится к исключительной компетенции стран –членов Евросоюза, а сам союз будет стремиться к правовому регулированию морских грузоперевозок во всех направлениях на наднациональном уровне. При этом, конечно же учитывалось достаточное число международных Конвенций принятых в интересах правового регулирования международных морских отношений во многих сферах, связанных с использованием мирового океана.

С учетом указанного трудно переоценить роль национальных законодательств государств-членов Европейского союза, нормы которых регулируют транспортные отношения, связанные с морскими перевозками внутри Евросоюза его стран – членов.

Следует помнить, что Евросоюз это крупнейшая территория международной торговли Европы, интенсивно пересекаемая морскими торговыми путями.

В настоящее время основными проблемами ЕС в части регулирования использования транспорта в морской сфере являются:

- необходимость введения мер протекционного характера для морских перевозчиков из Евросоюза,

---

\* Кашкин С.Ю., Четвериков А.О., Калиниченко П.А. и др. Право Европейского Союза: учебное пособие (отв. ред. С.Ю. Кашкин). - 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Проспект, 2017 г. – С. 52.



– недостаточная конкурентоспособность действующего морского законодательства по сравнению с многими мировыми морскими державами,

Исходя из указанных проблем, ЕС формулирует основные задачи своей морской политики: обеспечение конкурентоспособности транспортного флота стран-участников ЕС и свободного доступа судовых компаний союза на международный рынок морских перевозок, качественное совершенствование морского законодательства государств-членов ЕС для обеспечения достойной конкуренции в этой сфере с другими странами.

В начале своего развития транспортная политика Евросоюза опиралась на Меморандум Комиссии 1973 г. о транспортной политике и Сообщение Комиссии 1976 г. Первым решением было принятие Директивы Совета Мб 77/587, которая ввела процедуру консультации в отношениях между государствами-членами и третьими странами по вопросам мореплавания.

Следующим шагом было принятие Решения Совета № 78/744 о деятельности определенных третьих стран в сфере грузовых морских перевозок. Целью было систематизировать информацию относительно флотов третьих стран, которые могут нанести вред морскому флоту Сообщества.

В 1985 г. Комиссия в Меморандуме обозначила главные направления развития транспортной политики в сфере морского транспорта.

В 1986 г. был принят ряд правовых актов с целью реализации политики, выраженной в меморандуме («Морской пакет 1986 года»), главной задачей которого было защитить мореходство Евросоюза от протекционистской политики и деятельности третьих стран. Морской пакет 1986 г. стал началом регулирования транспортной политики в сфере морского транспорта и определил порядок применения принципов свободы предоставления услуг, конкуренции и свободного доступа к рынку в области морского транспорта.

Регламент Совета № 3577/92, что устанавливает принципы свободного предоставления услуг морского транспорта в пределах государств-членов (морской каботаж), провозгласил с 01.01.1993 г. свободу предоставления морских транспортных услуг в пределах государства-члена судовладельцами Евросоюза, которые зарегистрировали свои суда в государстве-члене и плавающих под его флагом, при условии, что эти суда выполняют все условия для того, чтобы осуществлять каботаж в таком государстве-члене.

Следует отметить, что в мировой практике, в том числе и в практике Евросоюза, различают различные виды перевозок грузов морским транспортом:

- внутренние грузовые перевозки морем;
- внешние грузоперевозки с использованием морского транспорта в интересах торгового импорта и экспорта;
- грузовые перевозки международного характера, осуществляемые с использованием морского транспорта, между портами стран ЕС и портами других государств.

Перевод такого товарораспорядительного документа, как коносамент, являющийся при этом ценной бумагой в электронный вид, вызывает достаточно много правовых проблем и сложностей. Дело в том, что к указанным документам как таковым изначально предъявляются жесткие требования как по их реквизитам, так и по содержанию. Цель этого – минимизировать вероятность их подлога. На это обстоятельство указывает мнение ведущих специалистов в сфере морских грузоперевозок, которые обращают самое пристальное внимание как на выполнение требований к форме коносамента, так и к его реквизитам\*. При этом, основным вопросом в данном случае является то, что касается степени соответствия электронного коносамента бумажному коносаменту†. Иные правовые проблемы, связанные с электронным видом коносамента, исследуются в зарубежной печати на протяжении уже десяти лет‡. В частности, правовой является проблема, связанная с возможностью отнесения электронного коносамента к документу как таковому. Кроме этого, добавляют морские юристы, может ли электронная подпись на коносаменте быть приравнена к традиционной, выполненной на бумажном носителе ручкой. А как передать электронную подпись, гарантировать ее истинность или сохранить? Эти, мучающие юристов вопросы в настоящее время успешно разрешены, все дело в цифровой технике, ее возможностях и в ее наличии у участников грузоперевозок морским транспортом.

---

\* Карев, Я.А. Электронные документы и сообщения в коммерческом обороте: правовое регулирование. - М.: Статут, 2006. - С. 6.

† Aspects of Maritime Law. Claims under Bills of Lading. By Hendrikse M.I., Margetson N.H., Margetson N.J. Wolters Kluwer; Law & Business, 2008. P. 311.

‡ Girvin S. Carriage of Goods by Sea. Second edition. Oxford University Press, 2011. Oxford. P. 197 - 198.

В настоящее время правовое регулирование морских перевозок грузов как внутри Евросоюза, так и при перевозках с использованием морских судов в другие страны мира базируется на положениях международных Конвенций, действующих с 1924 года и не потерявших своей актуальности до настоящего времени: Роттердамские правила 2008 года, Гамбургские правила 1978 г., Гаага-Висбийские правила 1968 г. и Гаагские правила 1924 г.

До последнего времени, несмотря на принятие в 2008 году Роттердамских правил в сфере морского грузооборота главным руководящим документом морских перевозок были Гаага-Висбийские правила, которые по своей сути являются доработанным вариантом действующих ранее Гаагских правил 1924 года, в силу того, что Гамбургские правила, хотя и имели прогрессивный характер содержащихся в них правовых норм, но тем не менее не получили широкого применения в области морских грузоперевозок.

Успех и востребованность Гаага-Висбийских правил 1968 г., даже с учетом их несовременности и определенной неполноты объясняется тем, что многие действующие морские перевозчики, включая и известные мультимодальные линии, в течении определенного времени успели достаточно хорошо отработать алгоритмы взаимоотношений со всей своей морской клиентурой посредством создания и унификации проформ коносаментов, относящихся к отдельным видам перевозимых грузов. По этой причине было бы глупо ожидать, что сферу морских грузоперевозок появившиеся Роттердамские правила завоюют быстро и безболезненно. Причина еще состоит и в том, что крупным перевозчикам грузов морским транспортом достаточно сложно и трудоемко в короткое время изменить действующий режим и механизм правового регулирования морских перевозок. Инерция в морской сфере всегда имела место быть, что объясняется консерватизмом морского права и устоявшейся морской практикой, основанной на рациональности и неторопливости в принятии решений.

В настоящее время в сфере морских перевозок грузов в странах Евросоюза правовое регулирование осуществляется как на международно-правовом, так и на национально-правовом уровнях, при этом между ними осуществляется полное взаимопроникновение и соответствие друг другу в силу общей природы морского международного и морского национального права, что проявляется в их взаимном влиянии как правовых систем. Кроме этого, в области морских перевозок Евросоюза за счет стремления к унификации

правовых норм достигается главная цель – привести правовые нормы национального морского права каждой страны, входящей в союз к некому единообразию за счет заключения международного договора.

Таким образом, в настоящее время в странах ЕС законодательство направлено на облегчение морского судоходства путем стандартизации учетных формальностей при прибытии и отбытии из портов государств-членов Сообщества в соответствии с Конвенцией Международной морской организации об облегчении международного судоходства 1965 г.

#### Список литературы:

1. Карев, Я.А. Электронные документы и сообщения в коммерческом обороте: правовое регулирование. – М.: Статут, 2006. – С. 6.
2. Aspects of Maritime Law. Claims under Bills of Lading. By Hendrikse M.I., Margetson N.H., Margetson N.J. Wolters Kluwer; Law & Business, 2008. P. 311.
3. Girvin S. Carriage of Goods by Sea. Second edition. Oxford University Press, 2011. Oxford. P. 197 - 198.
4. Кашкин С.Ю., Четвериков А.О., Калиниченко П.А. и др. Право Европейского Союза: учебное пособие (отв. ред. С.Ю. Кашкин). - 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Проспект, 2017 г. – С. 52.

Мудрик Роман Сергеевич  
магистрант  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
морской технический университет»,  
г. Санкт-Петербург  
e-mail: roman.morning@gmail.com

**Методика оценки общей прочности корпуса судна на косых  
курсах и регулярном волнении при непосредственном  
приложении гидродинамических нагрузок**

***Аннотация.** В статье представлены разрабатываемые в системе PTC MathCAD программные модули расчета пространственной качки судна, а также программные приложения на языке APDL в системе ANSYS для применения данных о внешних нагрузках к расчетам НДС безопорной конечно-элементной модели судна.*

***Ключевые слова:** потенциальная жидкость, пространственная качка, проблема внешних сил, конечно-элементная безопорная модель, напряжения общей и местной деформации, программный комплекс.*

Mudrik Roman Sergeevich  
Saint-Petersburg State Marine Technical University,  
Saint-Petersburg  
e-mail: roman.morning@gmail.com

**Methodology for assessing the overall strength of the hull at oblique  
courses and regular waves with the direct application  
of hydrodynamic loads**

***Abstract.** The article presents software modules for calculating the ship's pitching, developed in the PTC MathCAD system, as well as software applications in the APDL language in the ANSYS system for applying external load data to the VAT calculations of the support finite element model of the vessel.*

***Key words:** potential fluid, spatial pitching, the problem of external forces, finite-element unsupported model, stresses of general and local deformation, software package.*

**Введение.** Для современных судов актуально внедрение систем контроля и долговременной регистрации не только параметров движения, но и НДС корпуса. Точная оценка наиболее напряженных районов конструкции позволяет устанавливать тензодатчики в наиболее рациональных местах. В связи с этим возникает потребность в переходе от интегральных методов расчета внешних сил к прямым методам вычисления и приложения усилий.

**Подход к численному определению поля гидродинамических давлений на судно при качке на основе дискретизации смоченной поверхности.** Линейная гидродинамическая теория качки судна основана на потенциальной теории. На регулярном волнении потенциал скорости жидкости  $\Phi$ , окружающей плавающее тело, представляется комплексной формой  $\varphi$ , обезразмеренной по амплитуде набегающего волнения  $a_w$ :

$$\Phi(x, y, z, t) = a_w \varphi(x, y, z) e^{-i\omega t} \quad (1)$$

По принципу суперпозиции потенциал представим в виде суммы потенциала набегающего (без учета влияния судна) волнения  $\varphi_0$ , потенциала дифрагированного (отраженного от неподвижного корпуса судна) волнения  $\varphi_7$  и потенциалов излучаемых волнений  $\varphi_{k=1..6}$ , вызванных колебаниями корпуса судна по шести степеням свободы ( $U_k$  – комплексная амплитуда  $k$ -ого вида качки):

$$\varphi(x, y, z) = \varphi_0(x, y, z) + \varphi_7(x, y, z) + \sum_{k=1}^6 U_k \varphi_k(x, y, z) \quad (2)$$

Потенциалы  $\varphi_{k=0..7}$  находятся из решения отдельных краевых задач. Каждый потенциал должен удовлетворять уравнению Лапласа в области жидкости:

$$\Delta \varphi_k = 0, k = 1 \dots 7 \quad (3)$$

при следующих граничных условиях (Таблица 1):

Таблица 1 – Граничные условия связанной задачи для тела в потенциальной жидкости

|                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Условие на свободной поверхности:                                                                                                                                                                                                                               | $-\omega^2 \varphi_k + g \frac{\partial \varphi_k}{\partial z} = 0$ при $z = 0, k = 1 \dots 7$<br>(4)                                                          |
| Условие непротекания на смоченной поверхности, где $\vec{n}(n_1, n_2, n_3)$ – единичная нормаль к поверхности судна и $(n_4, n_5, n_6) = \vec{r} \times \vec{n}$ , $\vec{r}$ – радиус-вектор, проведенный из начала координат к точке на смоченной поверхности: | $\frac{\partial \varphi_k}{\partial n} = \begin{cases} -i\omega n_k, & k = 1 \dots 6 \\ -\frac{\partial \varphi_0}{\partial n}, & k = 7 \end{cases} \quad (5)$ |
| Условие непротекания на дне водоема, $d$ – глубина:                                                                                                                                                                                                             | $\frac{\partial \varphi_k}{\partial z} = 0$ при $z = -d, k = 1 \dots 7$<br>(6)                                                                                 |
| Условие затухания излучаемых волн на бесконечности:                                                                                                                                                                                                             | $\lim_{\sqrt{x^2+y^2} \rightarrow 0} \varphi_k = 0, k = 1 \dots 7$<br>(7)                                                                                      |

Для получения численного решения на смоченную поверхность  $S$  накладывается распределенный по всей площади источник с переменной интенсивностью  $\sigma(\xi, \eta, \zeta)$ . Потенциал в точке  $(x, y, z)$  может быть представлен в виде:

$$\varphi(x, y, z) = \frac{1}{4\pi} \int_S \sigma(\xi, \eta, \zeta) G(x, y, z, \xi, \eta, \zeta) dS, \quad (8)$$

где  $(\xi, \eta, \zeta)$  – координаты точки на поверхности интегрирования,  $G(x, y, z, \xi, \eta, \zeta)$  – функция Грина, которая является гармонической и удовлетворяет граничным условиям на свободной поверхности, на дне и на бесконечности. Интенсивность источников находится из граничных условий для дифрагированного и излучаемого волнения:

$$-\frac{1}{2} \sigma(x, y, z) + \frac{1}{4\pi} \int_S \sigma(\xi, \eta, \zeta) \frac{\partial G}{\partial n}(x, y, z, \xi, \eta, \zeta) dS = \begin{cases} -i\omega n_k, & k = 1 \dots 6 \\ -\frac{\partial \varphi_0}{\partial n}, & k = 7 \end{cases} \quad (9)$$

В численной реализации используется функция Грина и её приближенная производная, полученные Telste and Noblesse [5];

смоченная поверхность разбивается на  $N$  плоских панелей. При переходе к дискретному суммированию выражение (9) примет вид:

$$-\frac{1}{2}\sigma_{i,k} + \frac{1}{2}\sum_{j=1}^N \alpha_{i,j}\sigma_{j,k} = v_{j,k}, \quad (10)$$

$$v_{j,k} = \begin{cases} -i\omega n_{j_k}, & k = 1 \dots 6 \\ -\frac{\partial \varphi_0}{\partial n}, & k = 7 \end{cases} \quad (11)$$

$$\alpha_{i,j} = \frac{1}{2\pi} \frac{\partial G}{\partial n} (x_i, y_i, z_i, x_j, y_j, z_j) S_j \quad (12)$$

В результате получаем СЛАУ, решаемую для каждого вида качки и для дифракционной задачи ( $I$  – единичная матрица):

$$\frac{1}{2}[\alpha - I]\{\sigma_k\} = \{v_k\}, \quad k = 1 \dots 7 \quad (13)$$

После нахождения интенсивностей  $\{\sigma_k\}$  потенциал в центре каждой панели равен:

$$\varphi_{i,k} = \sum_{j=1}^N \beta_{i,j}\sigma_{j,k}, \quad i = 1 \dots N, k = 1 \dots 6 \quad (14)$$

$$\beta_{i,j} = \frac{1}{4\pi} G(x_i, y_i, z_i, x_j, y_j, z_j) S_j \quad (15)$$

Присоединенные массы и коэффициенты демпфирования находятся как:

$$A_{j,k} = \frac{\rho}{\omega} \sum_{i=1}^N \text{Im}(\varphi_{i,k}) n_{i_j}, \quad j = 1 \dots 6, k = 1 \dots 6 \quad (16)$$

$$B_{j,k} = -\rho \sum_{i=1}^N \text{Re}(\varphi_{i,k}) n_{i_j}, \quad j = 1 \dots 6, k = 1 \dots 6 \quad (17)$$

Главная (Крыловская) и дифракционная часть возмущающих сил также вычисляются через потенциалы:

$$F_{0,k} = -i\omega\rho \sum_{i=1}^N \varphi_{i,0} n_{i_k}, \quad k = 1 \dots 6 \quad (18)$$

$$F_{7,k} = -i\omega\rho \sum_{i=1}^N \varphi_{i,7} n_{i_k}, \quad k = 1 \dots 6 \quad (19)$$

Переходя непосредственно к решению задачи о качке судна на регулярном волнении, задаём матрицу масс судна  $M_S$ , а также определяем матрицу гидростатической «жесткости»  $C$  через геометрические характеристики площади ватерлинии (площадь  $S_{wl}$ , моменты инерции  $I$ , статические моменты  $M$ , координаты центра тяжести  $X_F, Y_F$ ) и вытесненного объема жидкости (объем  $V$ , малая и большая метacentрическая высота  $h_0, H_0$ , координаты центра величины  $X_C, Y_C, Z_C$ ):



$$C = \rho g \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & S_{wl} & -M_x & M_y & 0 \\ 0 & 0 & -M_x & Vh_0 + (Y_F - Y_C)^2 S_{wl} & -I_{xy} & -(X_C - X_G)V \\ 0 & 0 & M_y & -I_{xy} & VH_0 + (X_F - X_C)^2 S_{wl} & -(Y_C - Y_G)V \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (20)$$

Обезразмеренные по амплитуде набегающего волнения комплексные амплитуды  $U$  шести видов качки находятся из системы уравнений движения в частотной области:

$$[-\omega^2(M_S + A) - i\omega B + C]\{U\} = \{F_0 + F_7\} \quad (21)$$

Зная суммарный потенциал  $\varphi(x, y, z)$  в центрах панелей (2), имеем обезразмеренные комплексные амплитуды давлений из линеаризованного закона Бернулли:

$$p = -\rho \frac{\partial \Phi(x, y, z, t)}{\partial t} = i\omega \rho \varphi(x, y, z) e^{-i\omega t} \quad (22)$$

В результате известны дискретное поле амплитуд давлений и ускорения, векторно прилагаемые в центре тяжести судна.

**Особенности программной реализации.** Описанный подход реализуется в разрабатываемой программе в среде PTC Mathcad, а также в имеющейся программе AQWA (для верификации). Расчетные панели целесообразно создавать 3-4 угольными, с использованием сеточных генераторов (например, ANSYS) и с сохранением координат вершин в текстовом файле. Решение СЛАУ вполне осуществимо линейными решателями PTC Mathcad Prime для достаточно больших матриц (порядка  $10^4$ ).

**Подход к трансляции волновых нагрузок** состоит в разбиении временной области на отдельные шаги нагружения, для чего поверхностные нагрузки (давления) и найденные выше ускорения дискретизируются на заданном расчетном отрезке. Для определения по МКЭ внутренних усилий, возникающих в конструкции судна на волнении, производится серия *статических* расчетов (шагов), на каждом из которых прикладываются внешние нагрузки, соответствующие конкретному фазовому углу набегающего волнения.

В качестве примера рассматриваем корпус танкера на волнении под углом  $-120^\circ$  (волна набегаёт на левый борт под  $60^\circ$  к ДП), с периодом волнения 12.6 с, разбитым на 36 шагов и высотой волны 8.00 м (получена по эмпирической формуле [3]). Количество разбиений периода определяется малостью фазовой добавки.

**Способ приложения фиктивных ускорений** применяется для явно закрепляемых моделей. Возникшие во вводимых точечных

закреплениях реактивные усилия целесообразно уравнивать путем добавления постоянных фиктивных распределенных сил инерции (так называемая техника “inertia relief” [4], [6]), что возможно только при статическом подходе [6]. Для использования этой техники модель закрепляется в одном узле (например, в миделевом сечении на днище в ДП) по всем шести степеням свободы. Поле фиктивных ускорений распределено по всей модели как объемная нагрузка, и потому дополнительных градиентов практически не создает. Система уравнений равновесия с учетом фиктивной нагрузки такова:

$$\begin{aligned} \{F_t^a\} + \int_{vol} \{a_t^I\} \rho d(vol) &= \{0\} \\ \{F_r^a\} + \int_{vol} \{r\} \times (\{a_r^I\} \times \{r\}) \rho d(vol) &= \{0\}, \end{aligned} \quad (23)$$

где  $\{F_t^a\}$  – силовые составляющие приложенного вектора нагрузки,  $\rho$  – плотность,  $vol$  – объем модели,  $\{F_r^a\}$  – вектор моментов от приложенного вектора нагрузки,  $\{r\} = [X \ Y \ Z]^T$  – радиус-вектор произвольной точки модели,  $\{a_r^I\}$  и  $\{a_t^I\}$  – векторы вращательных и поступательных ускорений соответственно, требующих определения. Подход напоминает определение параметров статической удилищенности судна [2].

**Определение внешних нагрузок и параметров движения модельного судна.** Используем конечно-элементную модель корпуса вышеупомянутого танкера. На данном этапе исследования не моделируем жесткостной набор, ограничиваемся поперечными и продольной переборками, учитываем местную жесткость повышением «приведенной» толщины. Инерционные характеристики модели получаем средствами ANSYS или любой другой САПР-системы. В программу расчета качки передаем информацию о поверхностной сетке, координатах центра масс модели и о компонентах тензора инерции. Результатом является поле суммарных давлений (гидростатических и гидродинамических) и ускорения в различные моменты времени.

На рис. 1, 2 представлена тестовая модель танкера и её разбивка на конечные элементы.

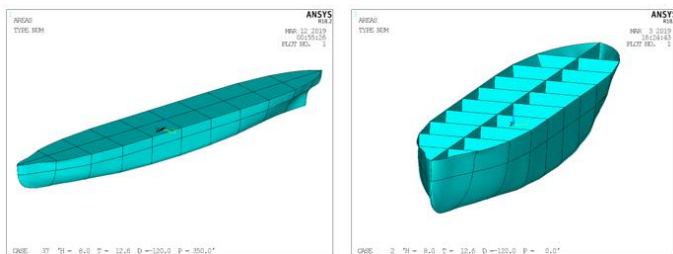


Рис. 1

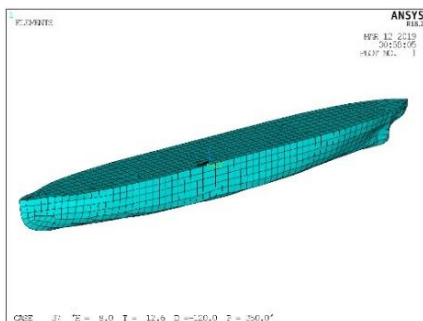


Рис. 2

В тестовом расчете танкер проходил через косую волну высотой 8 м, период равен 12.6 с, угол набегания волны  $-120^\circ$ , расчет производился на 36 фазах волны. На рис. 3-5 показаны полученные мгновенные поля давлений, вектора прикладываемых ускорений и поля напряжений по Мизесу для трех фаз (1/36 периода, 13/36 и 25/36) соответственно.

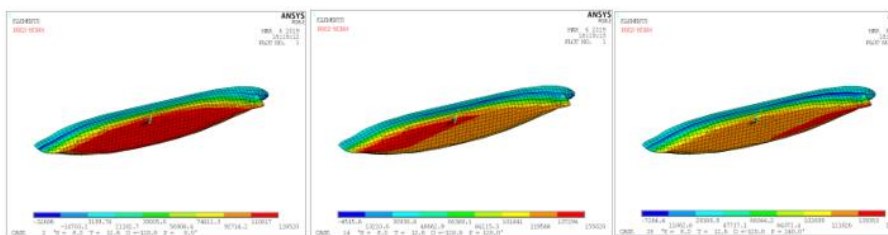


Рис. 3

$$\vec{a} = \begin{Bmatrix} 3.48 \cdot 10^{-2} \\ 5.97 \cdot 10^{-2} \\ 8.87 \\ -2.39 \cdot 10^{-3} \\ 8.82 \cdot 10^{-4} \\ 7.91 \cdot 10^{-3} \end{Bmatrix} \quad \vec{a} = \begin{Bmatrix} -8.70 \cdot 10^{-2} \\ -4.14 \cdot 10^{-1} \\ 10.16 \\ 2.58 \cdot 10^{-2} \\ -9.47 \cdot 10^{-3} \\ -4.08 \cdot 10^{-3} \end{Bmatrix} \quad \vec{a} = \begin{Bmatrix} 7.31 \cdot 10^{-2} \\ 4.27 \cdot 10^{-1} \\ 9.86 \\ -2.76 \cdot 10^{-2} \\ 1.02 \cdot 10^{-2} \\ -1.22 \cdot 10^{-3} \end{Bmatrix}$$

Рис. 4

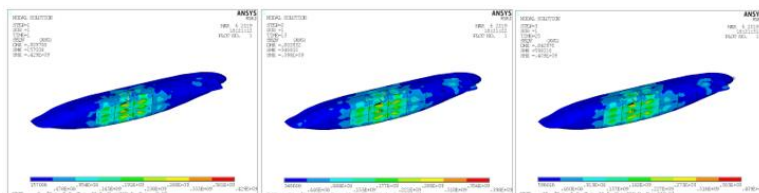


Рис. 5

На рис. 6 представлены графики изменения напряжений по Мизесу в узлах на миделе на ВП и на киле за время прохода через 1 гребень волны.

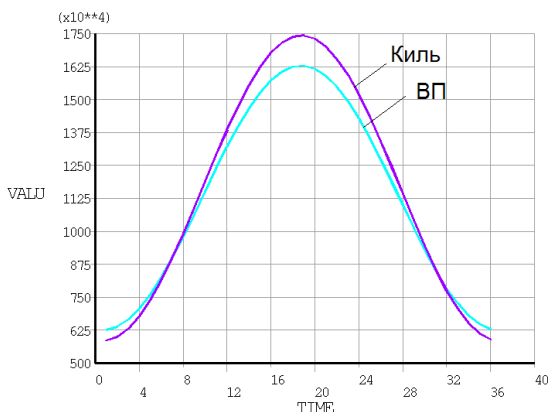


Рис. 6

**Выводы.** Получены непротиворечивые результаты совместного решения первой и второй проблемы СМК для оболочечной модели водоизмещающего корпуса на регулярном волнении при произвольном курсе без поступательной скорости. Программный комплекс, содержащий модуль внешних сил на основе теории качки и программу КЭ-анализа, следует дорабатывать в направлениях: учета параметров качки второго порядка, учета собственного хода судна, внедрения

моделей взаимодействия с другими жесткими телами (например, со слипом при спуске), учета спектрального характера волнения и произвольного нестационарного возмущения, что позволит использовать комплекс и для имитационного моделирования.

Список литературы:

1. *Жинкин В.Б.* Теория и устройство корабля. – СПб.: Судостроение, 1995. – 336с.
2. *Манухин В. А.* Прочность корабля: конспект лекций – СПб.: Изд-во СПбГМТУ, 2011. - 239 с.
3. *Семенова В.Ю.* Разработка метода расчета нелинейной качки судов: Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук: 05.08.01/ СПбГМТУ. – СПб, 2005.
4. “Dynamic loading approach” for floating production, storage and offloading (FPSO) installations, American Bureau of Shipping, Houston, USA, 2010.
5. *Amitava Guha* Development Of A Computer Program For Three Dimensional Frequency Domain Analysis of Zero Speed First Order Wave Body Interaction, Thesis Submitted to the Office of Graduate Studies of Texas A&M University in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science, 2012.
6. Release 10. Documentation for ANSYS/Theory Reference/15.2 Inertia Relief, 2005 SAS IP, Inc.

# СОДЕРЖАНИЕ

## Том 1

|                                                                                                                                                                                                                                        |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <i>Айе Чан Аунг (Союз Мьянма), Столяров Сергей Павлович.</i><br>Тенденции развития зарубежных корабельных энергетических установок .....                                                                                               | 3  |
| <i>Алексеев Вадим Игоревич, Фирсов Анатолий Михайлович, Мендагалиев Руслан, Климова-Корсмик Ольга Геннадьевна.</i><br>Микроструктурные особенности изделий из стали 09ХН2МД полученных технологией прямого лазерного выращивания ..... | 8  |
| <i>Астахова Елизавета Романовна, Мишальченко Юрий Владимирович.</i><br>Актуальные проблемы страхования морских перевозок по северному морскому пути .....                                                                              | 19 |
| <i>Вавилов Артём Алексеевич.</i> Направленность приповерхностного источника шумоизлучения в свободном пространстве .....                                                                                                               | 27 |
| <i>Вавилов Артём Алексеевич.</i> Построение и изучение свойств характеристики направленности приповерхностного источника шумоизлучения в свободном пространстве.....                                                                   | 40 |
| <i>Володин Виктор Александрович.</i> Моделирование контактного натяжения полиэтиленовой оболочки стальными шпангоутами .....                                                                                                           | 54 |
| <i>Волостных Вадим Викторович, Павленко Ксения Ивановна.</i><br>Концепция развития яхтинга в Санкт-Петербурге .....                                                                                                                    | 58 |
| <i>Бабынькина Анна Николаевна, Греков Андрей Анатольевич.</i><br>Создание первой научной школы материаловедения в России.....                                                                                                          | 61 |
| <i>Балакин Егор Сергеевич, Волостных Вадим Викторович.</i><br>Развитие яхт/клуба «Балтиец»: стратегия, проект, результаты .....                                                                                                        | 67 |
| <i>Балашова Елена Сергеевна, Богомолов Андрей Викторович.</i><br>Проблематика формирования человеческого капитала в интересах инновационного развития судостроительной промышленности .....                                            | 71 |
| <i>Балашова Елена Сергеевна, Майорова Ксения Сергеевна.</i> Цифровая трансформация топливно-энергетического комплекса. Российская перспектива.....                                                                                     | 76 |

|                                                                                                                                                                                                                              |            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <i>Балдыгарина Нурай, Сорокина Екатерина, Черкаев Георгий Владимирович. Внедрение наилучших доступных технологий для снижения загрязнения окружающей среды в Казахстане .....</i>                                            | <i>83</i>  |
| <i>Барахтин Борис Константинович, Лебедева Надежда Валериевна, Сударикова Татьяна Сергеевна, студентка, Салей Полина Алексеевна. Особенности структуры силицированного графита, используемого в деталях подшипников.....</i> | <i>86</i>  |
| <i>Барахтин Борис Константинович, Неклюдов Николай Николаевич. Механизмы упрочнения металлов в актах селективного лазерного плавления .....</i>                                                                              | <i>94</i>  |
| <i>Бусько Наталья Андреевна, Нифонтов Юрий Аркадьевич. Перспективы использования подводных турбин для генерации энергии .....</i>                                                                                            | <i>105</i> |
| <i>Волкова Анастасия Анатольевна, Петренко Евгений Петрович. Изделия из современных композиционных материалов при межзаводской и межрегиональной кооперации.....</i>                                                         | <i>108</i> |
| <i>Володин Виктор Александрович. Моделирование контактного натяжения полиэтиленовой оболочки стальными шпангоутами .....</i>                                                                                                 | <i>115</i> |
| <i>Волостных Вадим Викторович, Павленко Ксения Ивановна. Концепция развития яхтинга в Санкт-Петербурге .....</i>                                                                                                             | <i>119</i> |
| <i>Воршевский Петр Александрович. Обеспечение электромагнитной совместимости силового судового электрооборудования .....</i>                                                                                                 | <i>122</i> |
| <i>Гаев Александр Валерьевич, Шевчук Роман Эдуардович. Использование современных расчетно-экспериментальных методов оценки предельного состояния при разработке и внедрении трубной продукции нового поколения.....</i>      | <i>125</i> |
| <i>Гайсина Анастасия Олеговна, Кожемякин Вячеслав Вячеславович. Расчетно-теоретическое исследование зависимости давления от нагрузки при работе пароводяного струйного аппарата на статических характеристиках .....</i>     | <i>130</i> |
| <i>Гафаров Никита Сергеевич. Разработка системы управления пользовательского интерфейса «умного дома» .....</i>                                                                                                              | <i>135</i> |

|                                                                                                                                                                                                                                  |            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <i>Гетман Валентина Эдуардовна. Разработка предложений по увеличению заполняемости грузовых танков для перевозки жидких грузов наливом .....</i>                                                                                 | <i>146</i> |
| <i>Голованова Оксана Владимировна, Романова Виктория Алексеевна. Социологические методы управления и демократические процессы в современном техническом вузе .....</i>                                                           | <i>159</i> |
| <i>Голубев Роман Олегович, Зубов Николай Николаевич. Оптимизация состава вспомогательной судовой электростанции методом автоматизированного проектирования.....</i>                                                              | <i>163</i> |
| <i>Григорьев Тарас Михайлович. Использование инновационных аддитивных решений в создании крупногабаритных объектов морской техники .....</i>                                                                                     | <i>168</i> |
| <i>Григорьева-Голубева Виктория Аркадьевна, Пань Ханюй. Сравнительная характеристика современных авианосцев.....</i>                                                                                                             | <i>171</i> |
| <i>Грицкевич Анна Игоревна, Богданова Светлана Ефимовна. О тестировании первокурсников по дисциплине «Химия» .....</i>                                                                                                           | <i>177</i> |
| <i>Гришаков Евгений Сергеевич. Перспективные методы испытаний судового электрооборудования.....</i>                                                                                                                              | <i>180</i> |
| <i>Дегтярева Софья Павловна, Ворожцова Елизавета Владиславовна, Пескишев Сергей Александрович. Моделирование макронапряжений в материале и определение их рентгенографическим методом (лабораторный практикум).....</i>          | <i>184</i> |
| <i>Дегтярева Софья Павловна, Ворожцова Елизавета Владиславовна. Контроль ориентировки монокристалльных изделий рентгенографическим методом Лауэ (лабораторный практикум).....</i>                                                | <i>196</i> |
| <i>Денисов Михаил Евгеньевич, Кучинский Дмитрий Михайлович. Расчет и проектирование балластных цистерн для исследований изменений при использовании антифриза в качестве теплоносителя, на примере буксира проекта 3412.....</i> | <i>211</i> |
| <i>Догоров Дмитрий Александрович, Воршевский Александр Алексеевич. Исследование явлений при воздушном электростатическом разряде.....</i>                                                                                        | <i>214</i> |



|                                                                                                                                                                                                                            |            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <i>Долгов Дмитрий Сергеевич. Проектирование конструкции рулевого устройства морского судна как задача математического программирования .....</i>                                                                           | <i>217</i> |
| <i>Дрягина Дарья Романовна, Черкаев Георгий Владимирович. Оценка перспектив развития судовых холодильных установок с учетом их воздействия на окружающую среду .....</i>                                                   | <i>225</i> |
| <i>Дудкин Никита Александрович. Облипание корпуса судна и борьба с ним .....</i>                                                                                                                                           | <i>228</i> |
| <i>Евсиков Семён Константинович. Анализ реально функционирующих малогабаритных видео обзорно-поисковых телеуправляемых подводных аппаратов .....</i>                                                                       | <i>233</i> |
| <i>Евсиков Семён Константинович. Разработка системы управления аппаратом подводной видеосъёмки .....</i>                                                                                                                   | <i>243</i> |
| <i>Ефремова Ольга Сергеевна. Разработка технологии сборки надстройки с использованием САПР «AVEVA Marine» .....</i>                                                                                                        | <i>254</i> |
| <i>Жулёв Сергей Константинович. Развитие института воспитанников воинских частей как направление государственной политики по профилактике безнадзорности и правонарушений среди несовершеннолетних граждан России.....</i> | <i>260</i> |
| <i>Журба Никита Александрович. Организация высокопроизводительной вычислительной среды подводного аппарата .....</i>                                                                                                       | <i>271</i> |
| <i>Зайцева Екатерина Евгеньевна. Компьютерное моделирование начальных этапов применения группы подводных роботов .....</i>                                                                                                 | <i>279</i> |
| <i>Зайцева Екатерина Евгеньевна. Математическая модель возможных встреч подводных роботов с объектом поиска.....</i>                                                                                                       | <i>289</i> |
| <i>Зарубина Елена Сергеевна. Назначение и возможности БИС (берегового испытательного стенда): обеспечение измерения и контроля магнитных полей судового оборудования .....</i>                                             | <i>296</i> |
| <i>Зефилов Владимир Игоревич. Прогнозирование курса рубля к доллару на базе цен на нефть.....</i>                                                                                                                          | <i>304</i> |
| <i>Зуева Алина Степановна. Вопросы актуализации нормативной базы расчета трудоемкости в судостроении.....</i>                                                                                                              | <i>309</i> |

|                                                                                                                                                                                                                   |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>Иванов Дмитрий Алексеевич, Румб Виктор Карлович.</i><br>Двухмашинные дизельные судовые установки.....                                                                                                          | 313 |
| <i>Иванов Александр Владимирович.</i><br>Исследование малогабаритного телеуправляемого необитаемого<br>подводного аппарата OpenROV 2.X.....                                                                       | 317 |
| <i>Иванов Александр Владимирович.</i><br>Композиция и декомпозиция клеток мультиклеточного<br>процессора .....                                                                                                    | 324 |
| <i>Иванова Полина Владимировна, Натальина Анна Александровна,<br/>Нифонтов Юрий Аркадьевич.</i> Культивирование микроводорослей<br>с целью производства биотоплива.....                                           | 332 |
| <i>Игнатьева Екатерина Сергеевна, Кожемякин Вячеслав Вячеславович.</i><br>Расчетно-теоретическое исследование работы пароводяного<br>струйного аппарата при дополнительном подводе воды в камеру<br>смешения..... | 336 |
| <i>Исаева Дианна Тимофеевна.</i> Определение ледовых нагрузок на<br>конструкции вертикального борта и проектирование ледовых<br>усилений танкера типа «Aframax».....                                              | 341 |
| <i>Истомина Анна Валерьевна.</i> Анализ конструкции гофрированных<br>поперечных переборок арктического навалочника с позиции<br>требований общих Правил МАКО .....                                                | 348 |
| <i>Калагаев Александр Алексеевич, Польский Валерий Дмитриевич.</i><br>Автоматизация и роботизация. Перспективы и проблемы .....                                                                                   | 357 |
| <i>Калюжная Ксения Владимировна, Чистяков Александр Юрьевич.</i><br>Анализ технического состояния траулеров России.<br>Проблематика действующих.....                                                              | 361 |
| <i>Карпова Ксения Сергеевна, Рубцов Евгений Андреевич.</i><br>Вопросы защиты данных при использовании АЗН-В в арктической<br>зоне Российской Федерации.....                                                       | 365 |
| <i>Каишфуллин Артур Андреевич.</i> Электронная картографическая<br>навигационная информационная система SAVENAV-3 .....                                                                                           | 368 |
| <i>Кирюшкина Александра Евгеньевна, Котова Ирина Сергеевна,<br/>Ковалевская Юлия Валерьевна.</i> Интегрирование специальных<br>покрытий в структуру композиционного материала как способ                          |     |

|                                                                                                                                                                                                                                                             |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| повышения технологичности сборки изделия и увеличения<br>надежности эксплуатации .....                                                                                                                                                                      | 372 |
| <i>Киселев Антон Юрьевич, Погодин Юрий Михайлович.</i>                                                                                                                                                                                                      |     |
| Математическая модель паровой турбины средней мощности<br>для использования на стадии проектирования атомной<br>энергетической установки.....                                                                                                               | 379 |
| <i>Коробицына Дарья Матвеевна, Кузнецова Александра Дмитриевна,<br/>Пальникова Оксана Викторовна. Акустическая долговечность<br/>жестких вибродемпфирующих конструкций .....</i>                                                                            |     |
|                                                                                                                                                                                                                                                             | 384 |
| <i>Коротницкий Евгений Викторович, Кузьменко Александр<br/>Владимирович, Сутормин Василий Владимирович.</i>                                                                                                                                                 |     |
| Лазерный гирокомпас ЛГК-1Р.....                                                                                                                                                                                                                             | 393 |
| <i>Коротких Мария Геннадьевна. Особенности проектирования<br/>буровых судов .....</i>                                                                                                                                                                       |     |
|                                                                                                                                                                                                                                                             | 402 |
| <i>Косточкина Мария Сергеевна, Нифонтов Юрий Аркадьевич.</i>                                                                                                                                                                                                |     |
| Перспективы развития и совершенствования атомной<br>энергетики.....                                                                                                                                                                                         | 415 |
| <i>Красовская Инна Петровна, Счисляева Елена Ростиславовна,<br/>Шамрай Феликс Анатольевич. Научно-практические основы оценки<br/>экономической эффективности инноваций в промышленности:<br/>теория, приоритеты, инструментарий.....</i>                    |     |
|                                                                                                                                                                                                                                                             | 418 |
| <i>Кривая Агнесса, Косенко Валерия Евгеньевна, Фляжникова Дарья<br/>Михайловна, Горбунова Вера Сергеевна, Осинцева Татьяна<br/>Николаевна. Морское юридическое право в системе высшего<br/>образования Великобритании: Саутгемптонский университет.....</i> |     |
|                                                                                                                                                                                                                                                             | 424 |
| <i>Кузнецова Нина Александровна, Нифонтов Юрий Аркадьевич.</i>                                                                                                                                                                                              |     |
| Утилизация вторичных энергоресурсов в электрохимических<br>энергоустановках на судах.....                                                                                                                                                                   | 428 |
| <i>Куровский Роман Викторович. Моделирование режимов<br/>адаптивной модуляции в программной среде планирования<br/>радиорелейных линий связи .....</i>                                                                                                      |     |
|                                                                                                                                                                                                                                                             | 431 |
| <i>Лебедева Анастасия Олеговна, Черкаев Георгий Владимирович,<br/>Чихонадских Елена Александровна. Использование растительных и<br/>пищевых отходов для изготовления альтернативных видов судового<br/>топлива .....</i>                                    |     |
|                                                                                                                                                                                                                                                             | 438 |

|                                                                                                                                                                                                         |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>Липис Алексей Викторович, Липис Дмитрий Алексеевич, Панова Евгения Александровна, Шамрай Феликс Анатольевич. Цифровые технологии и постройка крупными насыщенными блоками</i> .....                  | 442 |
| <i>Лысенко Анастасия Алексеевна. Глобальная навигационная спутниковая система Галилео</i> .....                                                                                                         | 449 |
| <i>Майорова Ксения Сергеевна, Мамаджарова Татьяна Александровна. Актуальность внедрения цифровых технологий в судостроительную промышленность Российской Федерации</i> .....                            | 456 |
| <i>Мамедова Лейла Эльдар гызы, Гоголюхина Мария Евгеньевна. Влияние инновационных технологий на инвестиционную привлекательность постройки и эксплуатации малотоннажных рыбопромысловых судов</i> ..... | 462 |
| <i>Мамина Нелли Рашидовна. Риски информационной безопасности при эксплуатации средств навигационного оборудования иностранного производства</i> .....                                                   | 466 |
| <i>Манухин Вадим Анатольевич, Попов Владимир Владимирович. Уточнение методики проектирования доковой стойки поперечной переборки корабля</i> .....                                                      | 471 |
| <i>Мартынов Вадим Александрович. Принцип кодирования информации для системы мониторинга</i> .....                                                                                                       | 476 |
| <i>Марченко Сергей Сергеевич, Киселев Максим Нилович. Цифровизация как направление повышения конкурентоспособности судостроительных предприятий</i> .....                                               | 482 |
| <i>Марченко Александр Васильевич. Уголовно-правовые и процессуальные проблемы определения института выдачи (экстрадиции)</i> .....                                                                      | 485 |
| <i>Минин Евгений Олегович. Имитационное моделирование одно- и многопроцессорных компьютерных систем</i> .....                                                                                           | 495 |
| <i>Минин Евгений Олегович. Моделирование управляемого движения морского автоматического объекта</i> .....                                                                                               | 504 |
| <i>Михайлова Ксения Николаевна, Дядик Александр Николаевич. Ионизирующее излучение и радиационная безопасность на судах с ЯЭУ</i> .....                                                                 | 511 |

*Мишальченко Юрий Владимирович, Егорова Екатерина Леонидовна.*  
Правовые аспекты по борьбе с морским пиратством в современном  
международном праве .....515

*Мишальченко Юрий Владимирович, Микаэлян Роман Самвелович.*  
Правовое регулирование морских перевозок  
в Европейском союзе .....521

*Мудрик Роман Сергеевич.* Методика оценки общей прочности  
корпуса судна на косых курсах и регулярном волнении при  
непосредственном приложении гидродинамических нагрузок.....529

## Том 2

*Набока Вячеслав Михайлович, Потехин Юрий Павлович.*  
Некоторые результаты оценки управляемости судов по параметрам  
маневра «зигзаг» .....3

*Назаров Олег Валерьевич.* Распределения плотностей мультипольных  
моментов на модели корабля в виде трехосного эллипсоида.....14

*Наумова Елена Аркадьевна, Сидорова Анастасия Николаевна.*  
Государственное и профессиональное регулирование аудита  
в интересах общества и собственников .....23

*Наумова Елена Аркадьевна, Михеева Анастасия Валерьевна.*  
Рост налоговых платежей в российский бюджет как показатель  
эффективности налогового контроля.....28

*Неумоин Максим Игоревич, Столяров Андрей Сергеевич.* Разработка  
установки для измерения силовых параметров в затягиваемом  
резьбовом соединении.....33

*Никитин Евгений Александрович.* Имитация построения  
многопроцессорной вычислительной системы с помощью программы  
ПараЛаб.....37

*Николаева Елена Алексеевна, Даниловский Алексей Глебович.*  
Повышение эффективности энергетической установки танкера  
за счет отдельной системы утилизации теплоты.....47

*Овчинников Кирилл Дмитриевич.* Оценка влияния шахтного

устройства на характеристики продольной качки судна на встречном волнении с помощью средств вычислительной гидродинамики.....52

*Овчинников Кирилл Дмитриевич, Рыжов Владимир Александрович, Тряскин Никита Владимирович.* Результаты проектирования и постройки экспериментального образца волнового глайдера .....54

*Овчинников Кирилл Дмитриевич, Тряскин Никита Владимирович, Лавриненко Аким Владимирович, Ермолаева Елена Валерьевна, Франк Максим Олегович.* Результаты постройки экспериментального образца малого автономного необитаемого надводного аппарата.....57

*Осинцева Татьяна Николаевна, Монахова Александра Дмитриевна, Филатов Евгений Васильевич, Вяткина Полина Сергеевна.* Высшее юридическое образование (специализация «морское право») в Российской Федерации .....60

*Осинцева Татьяна Николаевна, Рябушкин Сергей Владимирович.* Исследование уровней стресса и комфорта среди студентов СПбГМТУ .....65

*Осипов Леонид Дмитриевич.* Влияние РЗМ на коррозионную стойкость для лопаток судовых ГТД.....73

*Павленко Ксения Ивановна.* Правовое обеспечение энергетического сотрудничества государств (на примере проекта «Северный поток-2») .....81

*Палкина Елена Сергеевна.* Макроэкономические эффекты от внедрения инновационных технологий на транспорте.....83

*Пидгурская Елизавета Сергеевна, Воршевский Александр Алексеевич.* Влияние работы полупроводниковых выпрямителей на качество электрической энергии .....89

*Пискун Лидия Павловна.* Совершенствование организации морского судоходства Евразийского экономического союза.....92

*Пляченко Вероника Александровна.* Разработка программного обеспечения с интерфейсом пользователя охранной системы для ограниченной акватории.....102

*Подворная Вероника Сергеевна, Воршевский Александр Алексеевич.* Датчики напряжения импульсных магнитных и электрических полей.....108

|                                                                                                                                                                                                                              |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>Подлесных Николай Юрьевич, Воршевский Петр Александрович.</i><br>Разработка генератора испытательных импульсов сложной формы<br>для испытания цепей электропитания постоянного тока.....                                  | 111 |
| <i>Потёмкина Мэри Давидовна, Дядик Александр Николаевич.</i><br>Энергетическая установка судна ледового класса.....                                                                                                          | 115 |
| <i>Прокопенко Наталия Юрьевна, Мишальченко Юрий Владимирович.</i><br>Особенности правового регулирования арктического туризма .....                                                                                          | 119 |
| <i>Пустовалова Анастасия Андреевна, Никитина Валентина<br/>Николаевна.</i> Оценка электромагнитной безопасности при<br>эксплуатации<br>установок магнитной дефектоскопии .....                                               | 125 |
| <i>Родионов Николай Юрьевич.</i> Перспективы использования<br>корпусов типа тримаран для ледокольного флота .....                                                                                                            | 129 |
| <i>Ромичева Елена Дмитриевна, Швец Анна Андреевна, Черкаев<br/>Георгий Владимирович.</i> Плазменная газификация отходов<br>для получения возобновляемого топлива как путь решения<br>проблемы ликвидации полигонов ТКО ..... | 134 |
| <i>Рубцов Евгений Андреевич, Плясовских Александр Петрович,<br/>Кудряков Сергей Алексеевич.</i> Обеспечение посадки воздушных<br>судов на арктических аэродромах, организованных на дрейфующих<br>льдинах.....               | 138 |
| <i>Сайченко Ольга Анатольевна, Жучкова Елизавета Викторовна,<br/>Левина Ольга Сергеевна.</i> Анализ рынка прорывных технологий<br>(блокчейн).....                                                                            | 142 |
| <i>Свищев Николай Дмитриевич, Гладышев Михаил Дмитриевич,<br/>Старов Дмитрий Владимирович, Выборнов Николай Анатольевич.</i><br>Подводный телеуправляемый аппарат осмотрового класса .....                                   | 148 |
| <i>Семенова-Тян-Шанская Вера Александровна, Горавнева Татьяна<br/>Сергеевна, Ченский Тимофей Сергеевич.</i> Построение хранилища<br>данных с целью аналитической обработки информации<br>о судостроительном прокате.....     | 154 |
| <i>Сеньков Алексей Петрович.</i> Волновая электроэнергетика .....                                                                                                                                                            | 160 |

|                                                                                                                                                                                                                       |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>Сергиенко Константин Сергеевич, Столяров Сергей Павлович.</i><br>Энергоагрегаты малой мощности.....                                                                                                                | 163 |
| <i>Сетин Александр Иванович, Шилина Екатерина Сергеевна,<br/>Сутормин Василий Владимирович.</i> Методика формирования рабочего<br>словаря признаков для распознавания подводных объектов .....                        | 166 |
| <i>Скобляков Яков Павлович.</i> Изучение процесса фотохимической<br>деструкции в термопластах при воздействии на их ультрафиолетом                                                                                    | 176 |
| <i>Смекалин Владимир Юрьевич.</i> Обоснование конструкции оперения<br>и выбор параметров, обеспечивающих необходимое движение<br>пускового контейнера в продольной плоскости .....                                    | 178 |
| <i>Соколова Кристина Эдуардовна, Анисимова Мария Рубеновна.</i><br>Оценка выполнения природоохранных мероприятий по отношению<br>к реке Преголя традиционной энергетики на примере<br>Калининградской ТЭЦ-2 .....     | 185 |
| <i>Сосновский Кирилл Игоревич.</i> Алгоритм управления движением<br>необитаемым подводным аппаратом в продольной плоскости .....                                                                                      | 188 |
| <i>Ставничук Надежда Валерьевна.</i> Бортовые вычислительные<br>комплексы различного назначения.....                                                                                                                  | 199 |
| <i>Степанов Денис Валерьевич.</i> Экономический анализ .....                                                                                                                                                          | 211 |
| <i>Столярова Маргарита Николаевна, Столяров Сергей Павлович.</i><br>Концепция ClearShip .....                                                                                                                         | 215 |
| <i>Стрельникова Лариса Анатольевна.</i> Перспективы формирования<br>и развития кластеров в судостроительной промышленности.....                                                                                       | 219 |
| <i>Судаков Антон Витальевич.</i> Применение информационных систем<br>и искусственного интеллекта в оптимизации работы морских<br>нефтегазовых платформ .....                                                          | 222 |
| <i>Счисляева Елена Ростиславовна, Липис Алексей Викторович,<br/>Панова Евгения Александровна, Липис Дмитрий Алексеевич,<br/>Гончарова Людмила Андреевна.</i> Роль бакалавриата в условиях<br>цифровой экономики ..... | 232 |
| <i>Счисляева Елена Ростиславовна, Плис Кристина Сергеевна,<br/>Панова Евгения Александровна.</i> Человеческий капитал и вызовы<br>цифровой эпохи (на примере компании ПАО «НК «Роснефть»)) .....                      | 238 |



|                                                                                                                                                                                       |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <i>Счисляева Елена Ростиславовна, Барыкин Сергей Евгеньевич, Коваленко Егор Александрович. Цифровизация логистических хабов как конкурентное преимущество.....</i>                    | <i>246</i> |
| <i>Таратухин Михаил Валерьевич. Особенности судостроения в Северо-Западном регионе .....</i>                                                                                          | <i>253</i> |
| <i>Тетерлев Дмитрий Александрович, Добряк Инна Владимировна. Социальное партнерство в системе профилактики трудовых конфликтов .....</i>                                              | <i>257</i> |
| <i>Трохачева Екатерина Владимировна, Черкаев Георгий Владимирович, Чихонадских Елена Александровна. Биотопливо третьего поколения.....</i>                                            | <i>261</i> |
| <i>Устинов Сергей Андреевич, Устинова Забава Сергеевна. Проектные особенности и перспективы использования судов с атомными энергетическими установками для арктических условий</i>    | <i>265</i> |
| <i>Ушакова Галина, Соловьев Леонид Николаевич. Физико-химические параметры охлаждающей воды ДВС .....</i>                                                                             | <i>281</i> |
| <i>Федяков Иван Александрович. Боевой путь Владимира Константиновича Коновалова.....</i>                                                                                              | <i>283</i> |
| <i>Фирсов Анатолий Михайлович, Алексеев Вадим Игоревич, Щепелина Дарья Дмитриевна. Особенности макроструктуры стали СП-28, полученной методом прямого лазерного выращивания .....</i> | <i>288</i> |
| <i>Фирсова Анна Валентиновна. Основные задачи виртуального моделирования и цифровизации процессов на судостроительных предприятиях.....</i>                                           | <i>295</i> |
| <i>Фокин Сергей Владиславович. Степан Осипович Макаров – выдающийся русский флотоводец .....</i>                                                                                      | <i>302</i> |
| <i>Фролов Евгений Александрович. Программно-вычислительный комплекс для анализа процессов начальной стадии применения группы интеллектуальных подводных роботов.....</i>              | <i>306</i> |
| <i>Фролов Евгений Александрович. Результаты моделирования типовой ситуации применения группы интеллектуальных подводных роботов.....</i>                                              | <i>313</i> |

|                                                                                                                                                                                                  |            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <i>Хрипков Ярослав Дмитриевич, Николаев Вячеслав Владимирович, Козлов Владимир Александрович. Проблема недостатка знаний населения по управлению пластиковыми отходами.....</i>                  | <i>320</i> |
| <i>Цвингер Александра Ивановна. Чернышова Валерия Александровна, Палкина Елена Сергеевна. Современные проблемы экспорта в России на примере судостроительной отрасли .....</i>                   | <i>324</i> |
| <i>Чибиркин Игорь Александрович. Подготовка информационного содержимого для интерактивных электронных технических руководств .....</i>                                                           | <i>331</i> |
| <i>Чихонадских Елена Александровна, Гафаров Никита Сергеевич, Журба Николай Алексеевич. Анализ автоматизации проверки знаний студентов для использования в экологических программах ЭВМ.....</i> | <i>340</i> |
| <i>Чурзина Людмила Дмитриевна. Применение технологии блокчейн в процессе управления правами на объекты интеллектуальной собственности.....</i>                                                   | <i>347</i> |
| <i>Шатунов Никита Анатольевич. Определение способа разбиения клиновых вибропоглотителей .....</i>                                                                                                | <i>351</i> |
| <i>Шатунов Никита Анатольевич. Исследование геометрического профиля мобильного клинового вибропоглотителя .....</i>                                                                              | <i>356</i> |
| <i>Шелопухина Елена Александровна, Неуступова Алина Серафимовна. Финансовые инновации: особенности реализации в России .....</i>                                                                 | <i>362</i> |
| <i>Шибанкова Алина Александровна, Палкина Елена Сергеевна. Современное состояние морской логистики в России .....</i>                                                                            | <i>366</i> |
| <i>Шилкина Марина Сергеевна. Практическое применение положений полярного кодекса на судах в эксплуатации .....</i>                                                                               | <i>373</i> |
| <i>Шорохова Ксения Сергеевна. Автоматическое позиционирование необитаемого подводного аппарата над объектами морского дна.....</i>                                                               | <i>378</i> |
| <i>Шульц Святослав Вячеславович, Липис Алексей Викторович, Липис Дмитрий Алексеевич. Трехмерное моделирование геометрии взволнованной морской поверхности на основе технологии WebGL.....</i>    | <i>383</i> |
| <i>Щелоков Андрей Сергеевич, Салтыков Алексей Валентинович. Векторизация текста для решения задач классификации и кластеризации с использованием нейронных сетей .....</i>                       | <i>391</i> |

|                                                                                                                                    |            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <i>Юрьева Наталья Владимировна. Поведение предпринимателя:<br/>институциональный аспект.....</i>                                   | <i>395</i> |
| <i>Янченко Арина Юрьевна, Горчаков Евгений Игоревич. Анализ<br/>статистики основных причин пожаров на судах различных типов ..</i> | <i>399</i> |

*Научное издание*

НЕДЕЛЯ НАУКИ СПбГМТУ-2019  
СБОРНИК ДОКЛАДОВ  
Всероссийского фестиваля науки «Наука 0+»  
28–30 октября

Том 1

ISBN 978-5-88303-597-4



*Отпечатано с готового оригинал-макета.  
Материалы участников фестиваля опубликованы  
в авторской редакции*

---

Подписано в печать 05.12.2019.  
Формат 60×90/16. Бумага писчая. Печать офсетная.  
Уч.-изд. л. 30,6. Усл. печ. л. 34,5. Тир. 500. Зак. 5480.  
Издательство СПбГМТУ.  
190121, СПб., Лоцманская ул., 10.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
МОРСКОЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

---

# **НЕДЕЛЯ НАУКИ СПбГМТУ-2019**

**СБОРНИК ДОКЛАДОВ  
Всероссийского фестиваля науки «Наука 0+»**

**28–30 октября**

**Том 1**



**Санкт-Петербург  
2019**

