

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТИПОРЯДА ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ ЗАШИВКИ ПОМЕЩЕНИЙ НЕСАМОХОДНЫХ ПЛАВУЧИХ СООРУЖЕНИЙ

Щедролосев А.В., Терлыч С.В.,

*Национальный университет кораблестроения им. адмирала Макарова,
Херсонский филиал*

В статье приведены результаты исследования, используя которые возможно проанализировать уровень технологичности и начальные экономические показатели при разработке технологий изготовления и монтажа элементов зашивки конкретных судовых помещений.

Ключевые слова: несамоходные плавучие сооружения, доки, модульная зашивка.

Постановка и актуальность задачи. Учитывая переход отечественного судостроения к рыночной экономике, отработанные годами и десятилетиями конструктивные и технологические особенности проектирования, изготовления и монтажа элементов отделки и оборудования помещений для плавучих доков и других плавучих сооружений стали неприемлемыми. Плановая экономика предусматривала заранее составленные перспективные задания на создание продукции на основе долгосрочных заявок заказчиков. Рыночные же отношения поставили разработчиков и исполнителей в условия получения заказа по принципу тендера. Из-за невозможности предварительного финансового обеспечения проектно-конструкторских работ, дизайн и технологии формирования модульных судовых помещений необходимо выполнять по сокращённой схеме на стадии предэскизного и эскизного проектирования в сжатые сроки. Особой проблемой при выполнении расчётов и разработке эскизов, монтажных схем и чертежей является разнообразие требований заказчиков, что в свою очередь сказывается на геометрических особенностях зашивочных панелей, средств оборудования и насыщения, мебели и элементов их крепления [1]. Таким образом, существующие стандартные элементы отечественных модульных систем (прежде всего М100 и ОМС) требуют доработки и усовершенствования, учитывая современные тенденции оформления и дизайна кают несамоходных судов и критерии формирования экипажа [2]. Задача должна быть направлена на максимальное удовлетворение интересов покупателя строящегося плавсредства, то есть снижение цены при увеличении технологических и качественных показателей, обеспечив при этом выполнение международных конвенций в секторе экологической и противопожарной безопасности [3, 4].

Анализ последних исследований и публикаций показал, что пути усовершенствования конструкций элементов модульной зашивки и вопрос снижения трудоемкости и монтажа модульных панелей исследовались и ранее [5, 6, 7]. В периодической и специальной литературе, начиная с 1973

года прошлого столетия, рассматривались задачи математического моделирования, механизации и автоматизации изготовления изделий из металлопласта, обоснование выбора модуля, стандартизации и унификации элементов зашивки, разработка показателей качества продукции, технологичности конструкций, систем конструкторской и технологической подготовки производства. Определялись оптимальные варианты расположения и размеров раструбов иллюминаторов. Создавались новые технологии изготовления модульных панелей, разрабатывалось технологическое оснащение. Все перечисленные разработки невозможно полностью применить на *несамоходных* плавучих сооружениях в связи с нетипичными, а иногда и уникальными размерно-конструктивными особенностями помещений на этих плавсредствах и условиями их эксплуатации.

Объектом исследования являются конструкции элементов зашивки модульных кают и служебных помещений *несамоходных* плавучих сооружений (плавучих доков, мастерских, общежитий, технических средств освоения шельфа).

Предметом исследования являются задачи численного программирования геометрических элементов конструкций зашивки, базирующиеся на известных научно-методических принципах.

Цель исследования. 1. Разработать алгоритм расчёта основных критериев технологичности элементов модульной зашивки *несамоходных* плавучих сооружений в зависимости от главных элементов плавсредства, степени обитаемости и условий комфорта.

2. Применить простую и доступную математическую базу для обеспечения численного программирования в форме электронных таблиц или электронных баз данных.

Изложение основного материала. Объём, предназначенный для жилых помещений, определяется в зависимости от комплектации судна экипажем и норматива среднего объёма на одного человека. Численность спальных мест на плавсредстве на стадии эскизного проектирования может быть оценена по зависимости [4, 5, 6]:

$$n = \frac{\Delta}{k}, \quad (1)$$

где: Δ – весовое водоизмещение (для плавдока – подъёмная сила), т;

$$k = \begin{cases} 100...120 & \text{т/чел.} & \text{для плавучих мастерских;} \\ 140...180 & \text{т/чел.} & \text{для плавучих доков} \\ 340...510 & \text{т/чел.} & \text{для плавучих офисов и самоходных судов техфлота} \end{cases}$$

Численность экипажа рассматриваемых судов, как правило, составляет 70 – 95 человек. Общую площадь помещений экипажа можно определить по формуле:

$$S_{\text{Э}} = K_{\text{К}} \cdot n_{\text{К}} + K_{\text{м}} \cdot n_{\text{м}} + K_{\text{М}} \cdot n_{\text{М}} \quad (2)$$

где: K_k, K_m, K_n – нормы площади на человека, т/чел.;

n_k, n_m, n_n – число лиц командного, технического и рядового состава соответственно согласно Санитарным нормам и конвенции SOLAS.

Компоновка рассматриваемых судов включает в себя четыре основных вида помещений. Схематичное распределение перечисленных видов помещений по судну представлено на рисунке 1.

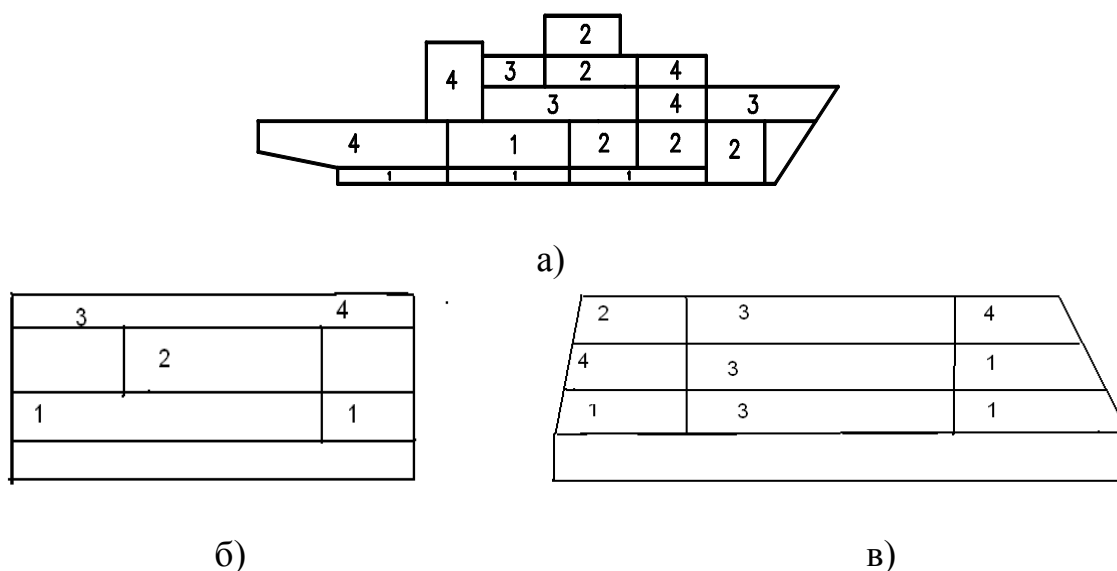


Рисунок 1. Условная схема компоновки несамоходных плавучих сооружений
 а) плавучая буксируемая мастерская, б) плавучий ремонтный несамоходный док, в) плавучий офис (гостиница)

1. Энергетический комплекс. 2. Командно-служебный комплекс. 3. Жилой блок. 4. Функциональный комплекс (оборудование и спасательно-исследовательский комплексы)

При решении вопросов определения числа и местоположения переборок был применён опыт типизации компоновок у судов сходных типов (пр. 1760, 19540, 19971 и других). По таким судам удалось выявить конкретные типовые архитектурно-компоновочные варианты и установить преобладающие значения относительных длин важнейших отсеков (в первую очередь, жилого и служебного комплекса помещений). Систематизированы данные по относительным длинам отсеков. Использование подобных данных на основе типизации позволяет выявить компоновочные тенденции, а также решать проектные задачи: задавать исходные относительные длины, а затем получать длины конкретных отсеков. Кроме того рассмотрена возможность более широкого применения модульных решений. Модульное формирование помещений и оборудования судов заключается в их проектной и построечной компоновке из заранее разработанных конструктивно-функциональных модулей для тех помещений и оборудования, которые либо многократно

используются на одном и том же судне, либо являются заменяемыми объектами, позволяющими гибко менять назначение и объем выполняемых задач. Модульный подход имеет определенные преимущества [7]:

- появляются возможности заблаговременной отработки компоновочных и конструктивно-технологических решений;
- удастся обеспечивать рациональную повторяемость близких по назначению и одинаковых по размерам помещений;
- могут быть снижены затраты на постройку судов и изготовление для них оборудования;
- повышается гибкость использования, поскольку отдельные помещения и (или) элементы их оборудования могут экономично заменяться.

Для формирования исходных данных были применены методы дисперсного анализа, описанные в [8, 9] и с учётом зависимостей (1) и (2), а также современных требований заказчиков относительно комплектования экипажа и обитаемости несамоходных плавучих сооружений [1] была составлена сводная таблица 1.

Таблица 1. Сводная таблица исходных данных

Параметры задания	Район эксплуатации		
	Азово-Черноморский бассейн	Дальний Восток	Заполярье
Комплектация экипажа, чел.	25...65	35...80	40...75
Мореходность (баллы)	7 баллов по волне; неограниченная по ветру	неограниченная	неограниченная
Автономность, сут.	20	30	50
Основной заказчик	Судоремонтные предприятия Болгарии и Турции	ВМФ РФ, Верфи Южной Кореи и Китая	ВМФ РФ, Скандинавские страны
Возможные интервалы основных характеристик	$L \in [145 \div 180]$ м; $B \in [20 \div 35]$ м; $\Delta \in [22000 \div 35000]$ т; $N \approx 4500$ кВт	$L \in [75 \div 100]$ м; $B \in [23 \div 36]$ м; $\Delta \in [20000 \div 40000]$ т; $N \approx 6700$ кВт	$L \in [70 \div 290]$ м; $B \in [25 \div 38]$ м; $\Delta \in [30000 \div 50000]$ т; $N \approx 6000$ кВт

Здесь L – длина наибольшая, B – ширина между внешними бортами, Δ – весовое водоизмещение (для плавдока – вес дока порожнем), N – мощность энергоустановки.

Критерием технологичности конструкции, который подтверждает правильность выбора конструктивной схемы формирования зашивки жилого либо служебного помещения, может служить следующий коэффициент [8]:

$$K = \sum_{i=1}^n A_i \cdot k_i \leq 1 ; i = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

где: n – количество технологических операций, необходимых для монтажа судового помещения;

A_i – показатель технологичности конкретного вида технологической операции;

k_i – коэффициент весомости технологической операции.

Критерий материалоёмкости выражается зависимостью:

$$M - \sum_{i=1}^m m_{ij} \cdot s_j \cong m_{\max} \quad (4)$$

где: M – масса заготовок i -го элемента зашивки или формирования помещения;

m_{ij} – удельная масса ij -го элемента;

s_j – погонная длина (площадь) стандартного элемента;

m_{\max} – максимально допустимый коэффициент использования материала, принимаемый, аналитически используя данные фирм-производителей элементов зашивки, аппроксимируя их по одной из методик определения оптимума, описанных в [8], применив среду электронных таблиц (например *MS Excel*).

Технологические и прочностные особенности учитываются путём анализа габаритов заготовок, их пластических и деформационных свойств (по каталогу производителя) и фактическим наличием оборудования и рабочего инструмента на судостроительном предприятии, которое будет выполнять операции по изготовлению и/или монтажу элементов зашивки помещений. Прочностные характеристики, такие, как момент сопротивления профиля W или момент инерции I могут быть нормированы по аналогии с критерием массы (4).

Для каждого варианта зашивки помещений должна быть решена задача определения рациональных характеристик для несамостоятельного плавучего сооружения в зависимости от типа обслуживаемых объектов и капитальных вложений на его создание. В данном комплексном подходе оптимальным принимается вариант создания ряда алгоритмов, каждый из которых может быть применён к конкретному плавсредству, приняв за критерий себестоимость:

$$K_{E_1} = \sum_{i=1}^m C_{BC_i} \rightarrow \min \quad (5)$$

где: K_{E_1} – критерий эффективности (по фактической стоимости);

C_{BC} – стоимость i -го элемента,

m – количество однотипных элементов зашивки.

Использование указанного критерия эффективности ведет к тому, что задача

решена с наименьшими первоначальными капитальными вложениями.

Однако, поскольку для современного заказчика не меньшую роль при размещении заказа играют эксплуатационные (ремонтные) затраты, в исследовании была проанализирована и предусмотрена возможность оптимизации минимальных эксплуатационных затрат, которые будут произведены за конкретный интервал времени:

$$K_{E_2} = t \cdot \sum_{i=1}^m (C_{OC_i}) \rightarrow \min \quad (6)$$

где: K_{E_2} – критерий эффективности (по эксплуатационным затратам);

C_{OC} – величина эксплуатационных затрат i -го элемента зашивки;

m – количество однотипных элементов;

t – отрезок времени, за которое оцениваются затраты (срок формирования помещений, применяя модульные методы).

Таким образом, усовершенствованная технология зашивки помещений может характеризоваться по любому из этих критериев, но в целях обеспечения объективности оптимизации предпочтительным является комплексный критерий оптимизации:

$$K_E = K_{E_1} + \sum_{t_0=0}^t (K_{E_2}) \rightarrow \min \quad (7)$$

где: K_E – критерий эффективности (суммарный); t – отрезок времени, за которое оцениваются затраты.

Результаты исследования и их анализ.

1. Приведенные зависимости позволяют четко определить затраты материалов и основные количественные и весовые характеристики элементов зашивки в зависимости от принятой ширины панели.

2. С помощью результатов исследования возможно проанализировать уровень технологичности и начальные экономические показатели при разработке технологий отделки и монтажа элементов конкретных судовых помещений.

3. Полученные результаты будут использованы при анализе вариантов конструктивно-технологических решений разработки элементов модульного зашивания современных проектов композитных несамоходных плавучих сооружений.

Выводы.

1. Используя результаты исследования возможно проанализировать уровень технологичности и начальные экономические показатели при разработке технологий изготовления и монтажа элементов зашивки конкретных судовых помещений.

2. Проведенные апробационные расчеты показали удовлетворительную согласованность с данными [4, 10, 11, 12] относительно внедрения модульных методов формирования помещений на несамоходных плавучих сооружениях. Полученные результаты могут быть использованы при анализе вариантов конструктивно-технологических решений разработки элементов

модульної зашивки сучасних проектів несамоходних плавучих доків і інших плавсредств.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Щедролюсєв О.В., Терлич С.В. Сучасний стан модульного формування приміщень на плавучих доках // Зб. наук. праць НУК. – 2008. – № 1. – С. 94–99.

2. Терлич С.В. Проблеми модульного формування приміщень на несамохідних плавучих спорудах // Автоматизация судостроительного производства и подготовка инженерных кадров: состояние, проблемы, перспективы: материалы Международной научно-методической конференции. – Николаев: НУК, 2007. – С. 115–117.

3. Мамишев А.І., Терлич С.В., Щедролюсєв О.В. Забезпечення пожежної безпеки при формуванні приміщень модульними методами // Тези доповідей 60-ї науково-технічної конференції «Проблеми і перспективи морського транспорту: технологія управління, економіка, логістика, право». – Одеса: ОНМУ, 2007. – С. 65–68.

4. Слуцький М.Г., Терлич С.В. Розробка типоряду плавучих композитних доків для ремонту промислових суден // Рибне господарство України. – Керч: КДМТУ, 2008. – № 1 (54). – С. 13–14.

5. Шагиданов В.И. Модульное формирование помещений судов для охраны экономических зон и их оборудования // Морской вестник, 2007. – № 1. – С. 26–31.

6. Корчевская Н.М., Мильто А.А. К вопросу о модульных методах обстройки судовых помещений // Зб. наук. праць УДМТУ. – Миколаїв: УДМТУ, 2002. – №8 (386). – С. 17–30.

7. Щедролюсєв А.В. Оптимизация типоразмерных рядов переборочных панелей модульной системы М100. – ВКИ.: Модульные методы в технологии постройки судов. Часть I. Модульные методы формирования судовых помещений и надстроек судов. Тез. докл. отраслевого науч. технич. семинара / Николаев, октябрь 1987 / Науч. техн. общ. имени акад. А.Н. Крылова. – Л.: Судостроение, 1987. – С. 19–21.

8. Самарский А.А., Михайлов А.П. Математическое моделирование. Идеи. Методы. Примеры. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 205 с.

9. Кропотов Д., Ветров Д. Алгоритмы выбора моделей и построения коллективных решений в задачах классификации, основанные на принципе устойчивости. – М.: КомКнига, 2007. – 314 с.

10. Терлич С.В. Розмірний та конструктивний аналіз приміщень на плавдоках // Вісник СевНТУ. Механіка. Енергетика. Екологія. – № 88. – С. 52–55.

11. Терлич С.В., Слуцький М.Г. Використання модульної оббудови приміщень на композитних плавучих доках // Зб. наук. праць НУК. – 2008. – № 2. – С. 45–48.

12. Щедроловцев А.В., Терлыч С.В. Факторы экологической безопасности при формировании помещений несамоходных плавучих сооружений // Безопаска мореплавання та її забезпечення при проектуванні та будівництві суден (БМС-2007): матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. – Миколаїв: НУК, 2007. – С. 65–67.

Щедроловцев О.В., Терлыч С.В. ЧИСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТИПОРЯДУ ЕЛЕМЕНТІВ ДЛЯ ЗАШИВКИ ПРИМІЩЕНЬ НЕСАМОХІДНИХ ПЛАВУЧИХ СПОРУД

У статті наведено результати дослідження, використовуючи які можливо проаналізувати рівень технологічності і початкові економічні показники при розробці технологій виготовлення і монтажу елементів зашивки конкретних суднових приміщень.

Ключові слова: несамоходні плавучі споруди, доки, модульная зашивка.

Shchedrolovcev A.V., Terlych S.V. NUMERICAL SIMULATION OF TYPE-ROW OF ELEMENTS FOR SEALING OF SPACES IN NONPROPELLED FLOATING CONSTRUCTIONS

Results of studies are given in the article using which it is possible to analyze the level of adaptability to streamlined manufacture and initial economic indices in the development of technologies for production and assembly of elements of sealing of particular ship's spaces.

Key words: non-propelled floating constructions, docks, module sealing.