

УДК 629.5.04

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ДОСТРОЕЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НЕСАМОХОДНЫХ ПЛАВУЧИХ СООРУЖЕНИЙ

С.В. Терлыч

*Херсонский филиал Национального университета кораблестроения
имени адмирала Макарова
e-mail: kaskad@nightmail.ru*

Физическое и моральное устаревание судов торгового и промыслового флотов, пополнение судоходных компаний новыми плавсредствами требует разработок средств для их обслуживания и ремонта, среди которых главную роль играют плавучие доки. При проектировании новых судоподъёмных сооружений уровень обитаемости должен обеспечивать рациональную планировку жилых, общественных и служебных помещений, достаточные меры для снижения шумов и вибрации. Кроме того должны быть обеспечены необходимые меры для отдыха обслуживающего персонала [3, 4]. Во время планировки помещений основными критериями являются:

- требования заказчика;
- соответствие нормам, стандартам и требованиям классификационного общества;
- производственные мощности предприятия-строителя;
- район эксплуатации и технологические особенности проведения работ, связанных с докованием судов и плавучих сооружений.

В исследовании проведён анализ требований для плавучих доков, построенных в Украине в период 2000-2010 годов, результаты которого представлены в таблице 1.

Таблица 1. Требования обеспечения обитаемости плавучих доков построенных в Украине в период 2003-2010 г.

Проект	Заказчик	Район эксплуатации	Особенности эксплуатации
1760KP	Корпорация "Daweo", Ю. Корея	Дальний восток	Каюты с санузлами
	LasShipping, Вьетнам	Дальний Восток	Предусматривается размещение экипажа докуемого судна
	Qatar Shipping	Персидский залив	Каюты одноместные
19731 «Север»	Северный флот РФ	Заполярье	Возможность докования АПЛ в открытом море [4].
19731У «Торос»	Тихоокеанский флот РФ	Охотское море	Возможность докования АПЛ в открытом море [4].
50474	компания "Dolphin", г. Варна	Чёрное море	Каюты одноместные

Для упрощения расчётов целесообразно все измерения и обозначения выполнять в общекорабельной трёхмерной системе координат. При этом использовалась система автоматизированного проектирования 3D-max, что позволяет использовать компьютерную модель дока не только в данном исследовании, но и при насыщении помещений оборудованием, мебелью, трассировке систем, трубопроводов и электротрасс, расчётов прочности отдельных элементов. Кроме того, такой подход позволяет путём введения поправочных коэффициентов изменить главные размерения и число кают, что делает возможным использовать компьютерную модель для применения практически на всех проектах двухбашенных плавдоков (при этом жилые и общественные помещения, пищеблок и банно-прачечный комплекс размещены в правой башне, энергетические помещения и посты

– в левой). Здесь же можно выполнить основные расчёты геометрических и конструктивных характеристик *любых* помещений.

При вычислениях введены следующие обозначения:

$F, F_{МК}, F_{СБ}, F_{КБ}$ – соответственно площадь каюты команды, блок-каюты, санблока, кабинета начальника дока (капитана судна), м²;

$n_{ЭКС}, n_{ЭКД}$ – соответственно количество членов экипажа докуемого судна и плавдока, чел;

$F_M^K, F_{МК}^M, F_{СБ}^M, F_{КБ}^M$ соответственно площади в каютах $F_K, F_{МК}, F_{СБ}, F_{КБ}$ предназначенные для установки мебели, м².

Площадь санблока принята $F_{СБ} = 1,2 \times 1,5 = 1,8$ м², что соответствует стандартным размерам IMO STCW и делает возможным применение модульных санблоков.

Соотношение ширины b_K и длины l_K жилой каюты должно соответствовать зависимости (1), что регламентировано Санитарными нормами b и делает возможным рационально использовать каюту для расстановки мебели.

$$\frac{b_K}{l_K} \leq 0,25 \quad (1)$$

Для площади жилой каюты либо блок-каюты старшего комсостава введено условие (2).

$$\begin{cases} F_K \rightarrow \min \\ F_{МК} \rightarrow \min \end{cases} \quad (2)$$

Это обусловлено следующими соображениями:

- на плавсредстве находится значительное количество людей и не выполнив условие (2) не всегда возможно разместить в жилой башне дока другие необходимые помещения;

- экипажи плавдока и докуемого судна не находятся в открытом море во время ремонта (реновации, утилизации, переоборудования) и имеют периодическую возможность «схождения на берег» и даже покидать территорию судоремонтного предприятия, следовательно нет необходимости обеспечения комфорта соответствующего условиям проживания плавсостава во время рейса.

Ширина каюты b_K напрямую зависит от ширины башни плавдока. И может быть определена, как (3):

$$b_K = B_m - b - b_{КОР} \quad (3)$$

где: B_m – максимальная ширина дока, м;

b – ширина башни дока, м;

величина b – стандартная и зависит от типа докового крана, применяемом на плавсредстве, количества принимаемого балласта и степени непотопляемости;

$$b \subseteq \{3,4\text{ м}; 4,5\text{ м}; 5,5\text{ м}; 6,17\text{ м}\},$$

где: $b_{КОР}$ – ширина коридора жилой башни;

на отечественных плавдоках может составлять 0,8 либо 1,0 м.

При расчёте размеров жилых кают, следует учесть возможность зашивки переборок и подволока стандартными модульными панелями, которые кратны одному единому линейному размеру (модулю). На судостроительных предприятий Украины применение модульных систем для несамходных судов проводилось эпизодически, т.е. зашивка происходит «по месту» с применением ручного инструмента. Проведенное авторами исследование [1] позволило сделать вывод о целесообразности зашивки помещений плавучих доков проектов, указанных в таблице 1, отечественной однорядной модульной системой М100.

Таким образом, справедливо условие (4):

$$\begin{cases} l = m \cdot \Delta l \\ b = m \cdot \Delta b, \end{cases} \quad (4)$$

где: $m=0,1$ м – модуль системы;

Δl – количество модулей системы по длине каюты;

Δb - количество модулей системы по ширине каюты.

Так же необходимо учесть возможность применения стандартных модульных кают либо блок-модулей, т.е. размеры $l \times b$ должны соответствовать ряду типовых кают для возможности выбора их по каталогам:

$$\left[\begin{array}{l} l \in \{l_1, l_2, \dots, l_i, \dots, l_n\} \\ b \in \{b_1, b_2, \dots, b_i, \dots, b_n\} \end{array} \right] \quad (5)$$

где l_i, b_i - соответственно длина и ширина стандартной каюты, принятые по каталогам, м.

Анализ [2], подтвердил, что на самоходных плавучих сооружениях количество кают всегда больше необходимого, в связи с этим выполнен расчет оптимального количества спальных мест для плавучих доков.

Общее количество спальных мест рассчитано, как:

$$n = n_{\text{ЭКС}} + n_{\text{ЭКД}} + 2 \quad (6)$$

Количество экипажа дока принято следующим образом:

$$n_{\text{ЭКС}} = \begin{cases} 8, \text{ для доков пр.1760 } 1760KP \\ 12, \text{ для доков пр.1973 I (без учёта экипажа специалистов – атомщиков)} \\ 10, \text{ для доков пр.1973 IV (без учёта специалистов по утилизации)} \\ 14, \text{ для доков пр.50474} \end{cases} \quad (7)$$

Количество членов экипажа докуемых судов в исследовании пересмотрено. Это связано со следующими факторами:

- для указанных проектов плавучих доков расчётные докуемые суда подбирались 20-25 лет назад, экипажи которых формировались по нормам Министерства Морского флота СССР;
- в наше время как в Украине, так и за рубежом количество членов экипажа существенно сокращено за счёт совмещения специальностей и увеличения степени автоматизации судов;
- составляющие весовые нагрузки судов, построенных в 1970-х годах и современных значимо отличаются при одинаковом водоизмещении.

Количество членов палубной и машинной команды определяется по статистическим данным в зависимости от водоизмещения судна в полном грузу Δ и мощности энергетической установки N_s . При этом использовались материалы судоходных компаний Maersk, China Shipping, Nord Stare Marine.

Определение количество членов экипажа докуемого судна для каждого проекта произведён по разработанному алгоритму:

1. Принимается подъёмная сила судна по проектной документации, P [3].
2. Определяется водоизмещение расчётного судна порожнем [5]:

$$\Delta_{\text{ПОР}} = \frac{P}{1,12}, \text{ тс}; \quad (8)$$

3. Определяем водоизмещение судна в полном грузу [5]:

$$\Delta = \frac{\Delta_{\text{ПОР}}}{1 - \eta_{DW}}, \text{ тс}; \quad (9)$$

где η_{DW} - коэффициент утилизации по дедвейту; принимается по статистическим данным в зависимости от полученного значения $\Delta_{\text{ПОР}}$. Для доков проекта «Торос» и «Север» в качестве расчётного докуемого объекта принимается «гражданский» вариант.

4. Рассчитывается мощность для ряда скоростей в зависимости от значения Δ и типа судна. Тип судна принимается без изменений как для расчётного судна:

$$N_s = \frac{\Delta^{\frac{1}{2}} \cdot V_s^{\frac{5}{2}}}{C}, \text{ кВт}; \quad (10)$$

где: V_s – расчётная скорость, уз; принимается как у расчётного судна дока.

C – адмиралтейский коэффициент; принимается как у расчётного судна для рассматриваемого дока.

5. Выбор судна, аналогичного по характеристикам расчётному судну по каталогам, конструкторской документации, либо данным официальных сайтов судоходных компаний.

6. Принятие количество членов экипажа $n_{экс}$ в соответствии со спецификацией судна.

Полученные результаты приведены в таблице 2.

Таблица 2

Проект дока	P	$\Delta_{пор}$	Δ	V_s	N_s	Принятое расчётное судно	$n_{экс}$
1760	8500	7589	25298	12,3	3103	Танкер "Ester"	12
1760КР	8900	7946	26488	13,2	3788	Танкер "Inge"	14
19731	25000	22321	74405	11,9	4899	Сухогруз "Clensy"	15
19731У	13500	12054	40179	14,3	5699	Контейнеровоз "Pamsy"	12
50474	20000	17857	59524	15,6	8622	Танкер "Alseмова"	14

Принятое количество спальных мест для рассматриваемых проектов плавучих доков представлено в таблице 3.

Таблица 3

Проект дока	1760	1760КР	19731	19731У	50474
Количество спальных мест	22	24	29	24	30

При генерировании оптимальных геометрических элементов жилых кают приняты константы, соответствующие размерам судовой мебели «в плане», наиболее часто принимаемой на плавдоках и соответствующей стандартам ISO. Так же учтены секторы площадей дверей (входной и санблока) во время открытия которых часть площади каюты невозможно использовать для расстановки мебели и для перемещения по каюте.

Таблица 4

Наименование изделия	Диван	Койка	Шкаф для платья	Кресло мягкое	Стол письменный	Сектор входной двери	Сектор двери санблока
Размеры, мм х мм	620х1840	840х2000	600х800	400х500	450х800	-	-
Площадь сектора, м ²	-	-	-	-	-	0,30	0,24

В работе [6] приведена методика оптимизации расстановки мебели и установки судовых дверей. В тоже время расчёты предусматривают поправки, которые учитывают конструктивные особенности помещений (конфигурация, согласование с обводами корпуса, учёт словов корпуса и т. п.). Для несамходных плавучих доков указанные конструктивные особенности не актуальны; в связи с этим ряд поправочных коэффициентов в данном исследовании не учитывался.

Расчётная база для исследуемых проектов композитных плавучих доков представлена в виде массива (11).

$$\begin{pmatrix} \Delta_{пор}^1 & n_{ЭКС}^1 & n_{ЭКД}^1 & F_{КК}^1 & n_{БК}^1 & B_B^1 \\ \Delta_{пор}^2 & n_{ЭКС}^2 & n_{ЭКД}^2 & F_{КК}^2 & n_{БК}^2 & B_B^2 \\ \Delta_{пор}^3 & n_{ЭКС}^3 & n_{ЭКС}^3 & F_{КК}^3 & n_{БК}^3 & B_B^3 \\ \Delta_{пор}^4 & n_{ЭКС}^4 & n_{ЭКС}^4 & F_{КК}^4 & n_{БК}^4 & B_B^4 \\ \Delta_{пор}^5 & n_{ЭКС}^5 & n_{ЭКС}^5 & F_{КК}^5 & n_{БК}^5 & B_B^5 \end{pmatrix} \quad (11)$$

где: $\Delta_{пор}^i$ - водоизмещение порожнем i -го докуемого плавсредства, тс;

i – количество рассматриваемых проектов плавучих доков;

$i = 5$, для данного исследования;

$n_{ЭКС}^i$ - количество членов экипажа для докуемого судна, согласно таблице 2;

$n_{ЭКД}^i$ - количество членов экипажа плавучего дока, согласно спецификации;

$F_{КК}^i$ - площадь кают-компаний i -го проекта плавучего дока, м²;

$n_{БК}^i$ - количество блок-кают для i -го проекта плавучего дока.

B_B^i – ширина башни плавучего дока.

Применив метод кинематического синтеза [7-8] получены оптимальные данные геометрических и конструктивных параметров помещений рассматриваемых проектов плавучих доков (Рисунок). Так же проведён сопоставимый анализ с результатами, полученными в [5], который подтвердил высокую точность расчёта.

Вывод

Разработан принципиально новый подход определения уровня обитаемости и комфортности для помещений несамостоятельных плавучих сооружений. Результаты исследования позволяют рассчитать основные геометрические параметры судовых помещений с учётом применения стандартных композитных зашивочных панелей.

Литература

1. Щедролюсов О.В. Сучасний стан модульного формування приміщень на плавучих доках / Щедролюсов О.В., Терлич С.В. // 36. наук. праць НУК. – Миколаїв: УДМТУ, 2008. - №1(418). – С. 94–99.
2. Терлич С.В. Розмірний та конструктивний аналіз приміщень на плавдоках / Терлич С.В. // Вісник СевНТУ. Механіка. Енергетика. Екологія. – Севастополь: СевНТУ, 2008. - №88 – С. 52-55.
3. Проектування, технологія та організація будівництва композитних плавучих доків / [О.С. Рашковський та ін.]; під наук. ред. О.С. Рашковського: Монографія. – Миколаїв: НУК: РАЛ-поліграфія, 2008 – 614 с.
4. Анитропов В.А. Особенности утилизации судов атомного технического обслуживания / Анитропов В.А., Александров Н.И., Тарасов И.Н. // журнал «Судостроение», 2004. - №3. –С. 54-58.
5. Селиверстов К.Л. Моделирование подсистем функционального комплекса технических средств обеспечения обитаемости корабля на ранних стадиях проектирования. / Селиверстов К.Л., Серафимович О.П., Козлов А.С. // Результаты Всероссийской научно-практической конференция, посвященной 200-летию образования Училища Корабельной Архитектуры - Высшего военно-морского инженерного училища имени Ф. Э. Дзержинского. – Спб: ВМИИ, 1998. – С. 101-106.
6. Любимова Н.Е. Экологическое значение исследований, связанных с обеспечением безопасности экипажей судов при наличии неблагоприятных факторов риска / Любимова Н.Е., Шагиданов В.И. // Труды десятой всероссийской научно-практической конференции, «Актуальные проблемы защиты и безопасности», Российская Академия Ракетных и Артиллерийских Наук. С-Пб. 2007 г., С. 168–171.
7. Георгиев А.А. Оптимизация геометрических судовых параметров / Георгиев А.А., Сулов Д.В. // Журнал «Морской вестник». – 2007. – №1(4). – С. 87-94.
8. Мохов А.Г. Проектирование объектов морской техники с использованием методик теории изобретательских задач и функционально-стоимостного анализа: формулирование концепции и задания / Мохов А.Г. // Морской вестник. – Спб.: 2002. – № 3(3). – С. 91-98.