

Проектирование и конструкция судов

Научная статья

УДК 629.12

DOI: <https://doi.org/10.24866/2227-6858/2023-2/26-35>

Ю.А. Кочнев

КОЧНЕВ ЮРИЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ – к.т.н., доцент, tmnnkoch@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-6864-4473>

Кафедра проектирования и технологии постройки судов

Волжский государственный университет водного транспорта

Нижний Новгород, Россия

Оптимизация расположения помещений в надстройке грузового судна

Аннотация. При проектировании грузового судна одна из решаемых задач – увеличение объемов, выделяемых под размещение груза. На судне внутреннего и смешанного (река-море) плавания имеющем жёсткие ограничения по всем главным размерениям, добиться расширения грузовой зоны можно только путем снижения площадей, выделяемых на служебные и жилые нужды. Последнее требует проектирования компактной надстройки, чего можно добиться применением оптимизации и решения так называемой «задачи о рюкзаке». Однако нахождение в течение длительного времени человека внутри надстройки как в жилых, так и служебных помещениях требует соблюдения широкого спектра различных норм, одной из которых является обеспечение безопасной эвакуации экипажа, находящегося на посту управления или в зонах отдыха. В статье приведена общая математическая модель и адаптация генетического алгоритма для задачи оптимизации компоновки помещений в надстройке грузового судна по двум критериям – площадь и время эвакуации. Приведены результаты её реализации и сравнения с размещением помещений на реальном судне.

Ключевые слова: надстройка, компоновка помещений, оптимизация

Для цитирования: Кочнев Ю.А. Оптимизация расположения помещений в надстройке грузового судна // Вестник Инженерной школы Дальневосточного федерального университета. 2023. № 2(55). С. 26–35.

Введение

Одним из этапов проектирования грузового судна на начальных стадиях является разработка компоновки помещений, которая сводится к решению трёх взаимосвязанных задач:

- компактное размещение помещений в целях снижения занимаемых площадей и повышения полезных пространств под размещение грузов и механизмов;
- обеспечение требований нормативных документов для безопасной эксплуатации судна;
- повышение качества условий труда и отдыха членов экипажа.

Принятые решения оказывают в дальнейшем влияние как на мореходные качества судна (остойчивость, непотопляемость), так и безопасность судна через обеспечение возможности эвакуации экипажа в случае аварии [6, 9, 10].

При традиционных подходах к решению указанных задач проектанту приходится ориентироваться на собственный опыт, данные по судам-прототипам, хорошо зарекомендовавшим себя в эксплуатации, и на пожелания заказчика. Эти обстоятельства могут противоречить как друг другу, так и нормативным требованиям к надстройке.

Таким образом, необходима методика, обеспечивающая рациональное решение компоновочной задачи, которое может быть реализовано с использованием аппарата математического моделирования.

Материалы и методы

Проектирование внутренней структуры надстройки начинается с описания технического задания вектором $C(c_p)$, $p \in P$, элементы которого означают качественные и количественные требования к расположению помещений в надстройке.

В ходе разработки проекта определяется вектор оптимизируемых параметров $X(x_i)$, $i \in I$, где I – множество элементов и характеристик надстройки, определяемых в задаче проектирования. Математическая задача заключается в отыскании такого вектора X , отвечающего заданным ограничениям в виде равенств S_1 и неравенств S_2 ($S_1 \cup S_2 \in S$), чтобы некоторая функция цели $f(C, X)$ достигала экстремума, то есть в наиболее общем случае [1]:

$$\begin{aligned}
 & C(c_1, c_2, \dots, c_p); \\
 & X(x_1, \dots, x_n, x_{n+1}, \dots, x_N); \\
 & (x_i)_{\min} \leq x_i \leq (x_i)_{\max}, \quad i = 1, \dots, n \\
 & x_i = \|x_y\|, \quad i = n+1, \dots, N; \\
 & g_s(C, X) = b_s(C), \quad \forall s \in S_1; \\
 & g_s(C, X) \geq b_s(C), \quad \forall s \in S_2; \\
 & q_r(C, X) \otimes Q_r(C), \quad r \in R; \\
 & y_r = \{0, 1\}; \\
 & f(C, X) \rightarrow \text{extr}.
 \end{aligned} \tag{1}$$

где n – непрерывные компоненты вектора варьируемых параметров;

N – дискретные компоненты вектора X ;

$\|x_y\|$ – матрица допустимых значений дискретных компонентов вектора X ;

Q_r – требования логических условий.

В теории проектирования доминирующим средством формализации знаний об изделии является его математическая модель. Алгоритмы оптимизации являются средством обработки этих знаний. Определение математической модели базируется на представлении и анализе надстройки как сложной системы. Надстройка интерпретируется как алгебраическая система $A(M, R, P)$, где M – множество элементов системы, R – множество взаимосвязей между элементами системы и P – множество свойств системы. Система $A'(M', R', P')$ является моделью системы A , исследовав которую, можно получить свойства P исходной системы.

Формализовать математическую модель A' применительно к надстройке грузового судна можно следующим образом:

M' – множество переменных, описывающих состав самих помещений и их совместное расположение;

R' – вектор, представляющий собой функции и математические операторы, в том числе логические, описывающие взаимное расположение помещений внутри надстройки;

P' – множество оценок качества модели надстройки.

Размещение помещений относятся к типу NP-трудных задач, схожих по своей структуре с задачами об оптимальном раскрое и «задачей о рюкзаке», решаемых эвристическими методами, среди которых хорошо себя зарекомендовала группа генетических алгоритмов [8]. Подход, основанный на теории эволюции, включил её определения в ~~ею~~ терминологию математического анализа и в рассматриваемой задаче имеет следующую формулировку: пусть некоторое решение общего расположения помещений внутри надстройки (особь) может быть описано вектором v_h (хромосомой):

$$v_h = \{a_1, b_1, a_2, b_2, \dots, a_{np}, b_{np}\}, \tag{2}$$

где a_i или b_i – ген – признак решения для i -го помещения;
 np – общее число помещений;
 a_1, a_2, \dots, a_{np} – номер узла, в котором располагается i -е помещение;
 b_1, b_2, \dots, b_{np} – признак поворота помещения в a_i -м узле.

Размещение помещения осуществляется по математической модели, имеющей подробное описание в [5].

Набор нескольких решений представляет собой популяцию особей:

$$V = \{v_h\}, \tag{3}$$

где $h = 1, 2, \dots, ps$,

ps – число особей (число вариантов внутреннего расположения помещений) в популяции.

В дальнейшем рассматривается блок-схема эволюционного процесса популяции (рис. 1).

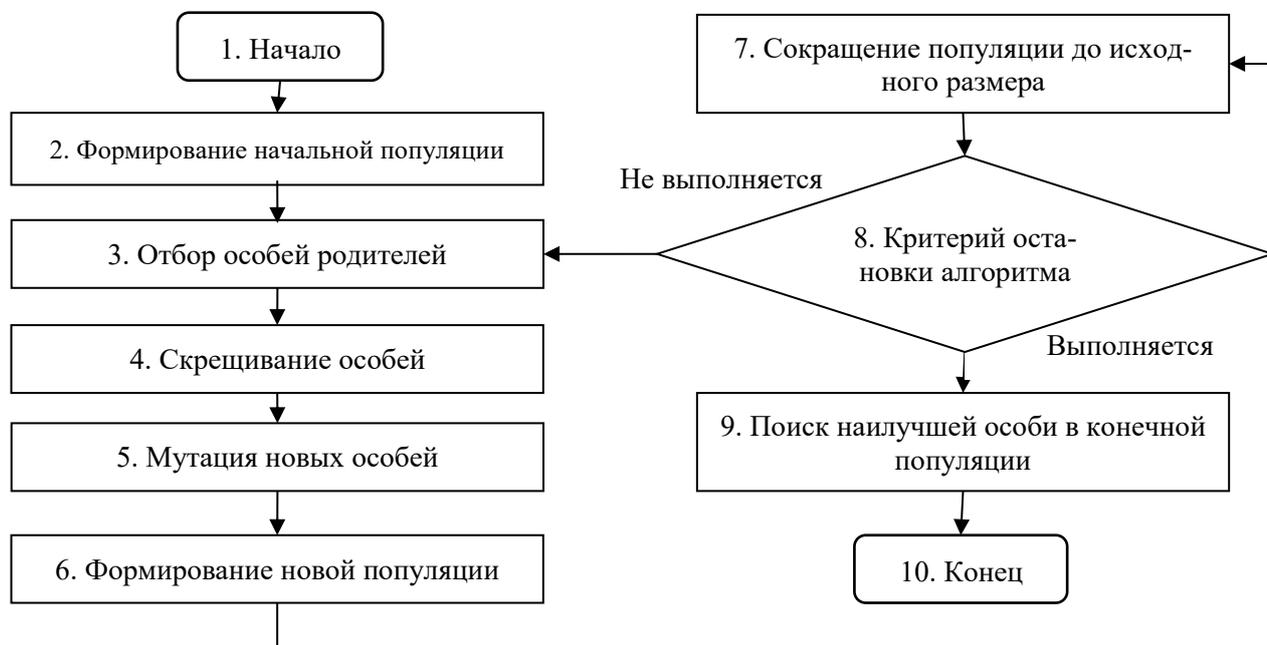


Рис. 1. Схема адаптации генетического алгоритма для задачи оптимизации расположения помещений внутри надстройки грузового судна

Исходные хромосомы генерируются случайным образом из числа допустимых решений как реализация математической модели и алгоритма (рис. 2). Размещение помещений, состав и размеры которых составляют исходные данные в виде массивов их длины (lp), ширины (bp), типа (shp), количества членов экипажа и их нахождение по помещениям перед эвакуацией (nk), ширина проходов и коридоров (bk) [4], выполняется на j -м ярусе в надстройке размером $L_i \times B_i$ [5], длиной и шириной не более заданных.

После формирования исходной популяции (блок 2, рис. 1) производится отбор наиболее качественных хромосом для формирования родителей (блок 3, рис. 1) – наиболее предпочтительных схем компоновки помещений, отвечающего лучшему значению аддитивного критерия:

$$K = d_1 \frac{S_y}{LB} + d_2 \frac{t_2}{t_n} \rightarrow \min, \tag{4}$$

где d_1, d_2 – весовые коэффициенты;

S_y – суммарная площадь надстройки при полученном расположении помещений;
 $t_э$ – время эвакуации экипажа из надстройки при полученном расположении помещений;
 t_n – нормировочное время, принятое в модели как время, затрачиваемое одним человеком на преодоление расстояния, равного длине надстройки;
 LB – максимальные размеры надстройки.

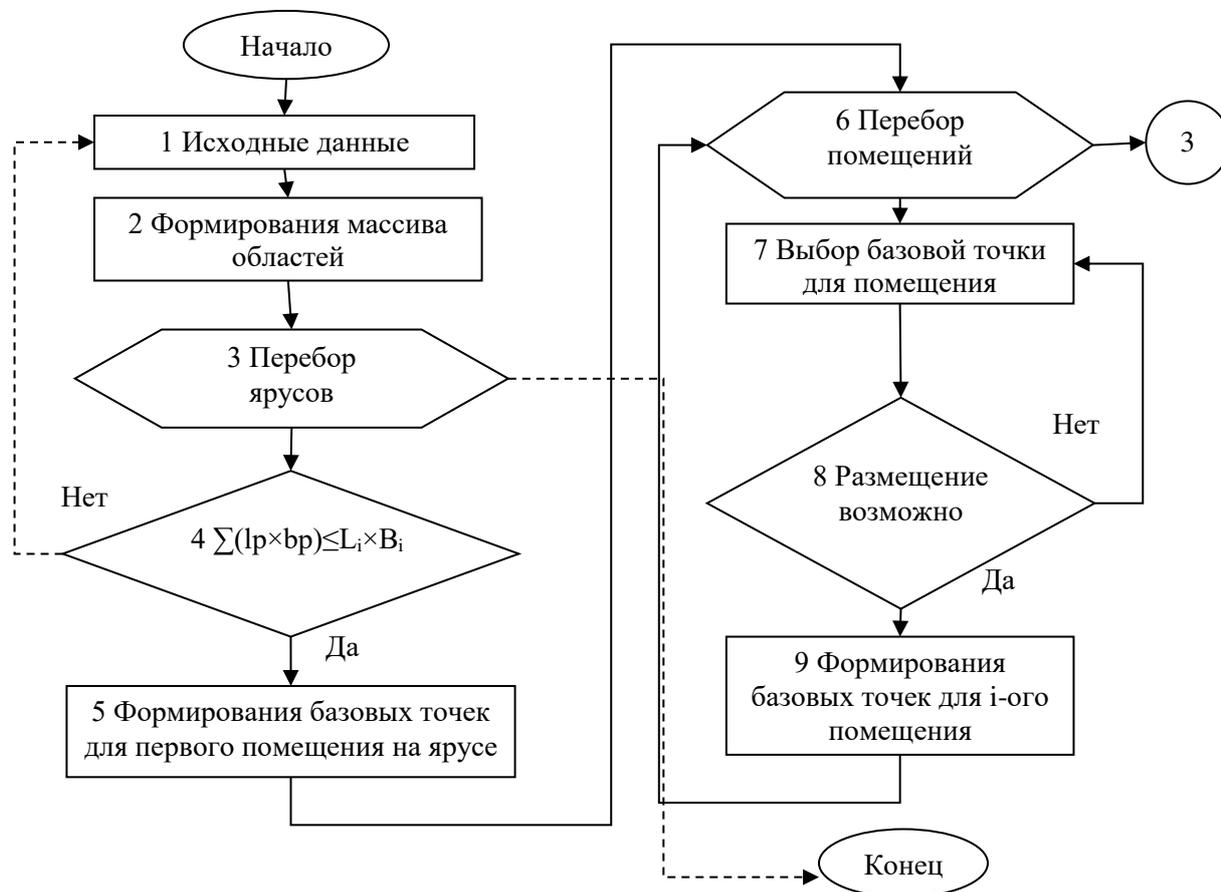


Рис. 2. Алгоритм проектирования расположения помещений в надстройке

На практике для выбора родителей с различными критериями приспособленности K_j большое распространение получил подход, называемый «колесо рулетки» [3]. Согласно этому подходу, отбор осуществляется на основе некоторой функции распределения, которая строится пропорционально вычисленным функциям соответствия сгенерированных вариантов-хромосом:

1. Вычисляется общая функция соответствия популяции по формуле

$$F = \sum_{h=1}^{ps} \left[K_h - \min_{j=1, ps} K_j \right]. \tag{5}$$

2. Вычисляется вероятность отбора для каждой хромосомы:

$$p_h = \frac{K_h - \min_{j=1, ps} K_j}{F}, \text{ где } h = 1, 2..ps. \tag{6}$$

3. Вычисляется совокупная вероятность:

$$q_h = \sum_{j=1}^h p_j, \text{ где } h = 1, 2..ps. \tag{7}$$

4. Генерируется случайное число r из интервала $[0,1]$.

5. Формируем новую популяцию из наиболее сильных хромосом. Для этого выбираем 1 хромосому, если $r < q_1$, иначе выбираем h -ю хромосому v_h из интервала $2 \leq h \leq ps$, такую, чтобы $q_{h-1} < r < q_h$.

На данном этапе особи со слабым генотипом будут отсеяны и, соответственно, их ген не будет использован на дальнейших итерациях, а новую популяцию обозначим v'_h .

Скрещивание особей (блок 4, рис. 1) выполняется с заданной вероятностью скрещивания $q_{cрк}$ в следующей последовательности:

1. Случайным образом с вероятностью $q_{cрк}$ выбираются две хромосомы. Обозначим их $v'_h{}^I$ и $v'_h{}^{II}$, которые будут записаны в виде генотипа

$$v'_h{}^I = \{a_1^I, b_1^I, a_2^I, b_2^I, \dots, a_{np}^I, b_{np}^I\} \quad (8)$$

и

$$v'_h{}^{II} = \{a_1^{II}, b_1^{II}, a_2^{II}, b_2^{II}, \dots, a_{np}^{II}, b_{np}^{II}\}. \quad (9)$$

2. Генерируется случайное число r из интервала $[1, np - 1]$, которое определяет точку скрещивания, то есть номер гена, после которого произойдет их обмен.

3. Из двух хромосом родителей $v'_h{}^I$ и $v'_h{}^{II}$ получаем два новых генотипа:

$$v''_h{}^I = \{a_1^I, b_1^I, a_2^I, b_2^I, \dots, a_r^I, b_r^I, a_{r+1}^{II}, b_{r+1}^{II}, \dots, a_{np}^{II}, b_{np}^{II}\}, \quad (10)$$

$$v''_h{}^{II} = \{a_1^{II}, b_1^{II}, a_2^{II}, b_2^{II}, \dots, a_r^{II}, b_r^{II}, a_{r+1}^I, b_{r+1}^I, \dots, a_{np}^I, b_{np}^I\}. \quad (11)$$

Для снижения скатывания алгоритма в локальный экстремум и повышения скорости сходимости применяется мутация хромосом (блок 5, рис. 1) – изменение планировки надстройки случайной сменой либо узла расположения помещения или его ориентации в пространстве.

В блоке 6 образуется новая большая популяция $V' = \{v_h, v''_h\}$ размерностью $2 \times ps$, которая в результате обычного выбора наиболее приспособленных особей в блоке 7 усекается до начального размера. В случае, если в конечной популяции доля одинаковых особей (q_{ocm}) больше или равна нормативному значению, то планировка с экстремальным критерием эффективности является решением задачи (блок 9). Иначе решение переходит на следующую итерацию в блок 3.

Адаптация генетического алгоритма применительно к задаче с целочисленными генами, характеризующими номер узла и ориентацию помещения в нём, позволила разработать программное обеспечение для оптимизации внутренней компоновки надстройки грузового судна (рис. 3).

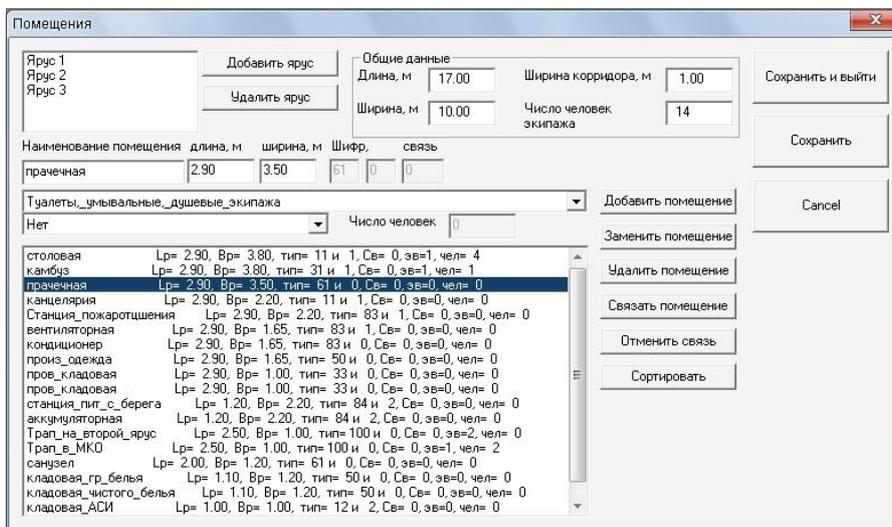


Рис. 3. Окно ввода исходных данных для оптимизации помещений надстройки

Результаты

Для практического использования в исследовательском или реальном проектировании математической модели, алгоритма и программного обеспечения необходима оценка адекватности, чувствительности и устойчивости разработанной методики.

Мерой адекватности модели сложной системы, по которой можно судить о возможности её использования в научной практике, служит соответствие между информацией, получаемой от этой модели и от реального объекта [7]. В то же время, учитывая множество факторов, влияющих на расположение помещений внутри надстройки (пожелания заказчика по составу помещений, рекомендации представителей предполагаемого экипажа, опыт эксплуатации подобных надстроек), под адекватностью так же можно понимать соответствие конечной компоновки требованиям нормативных документов и здравому смыслу.

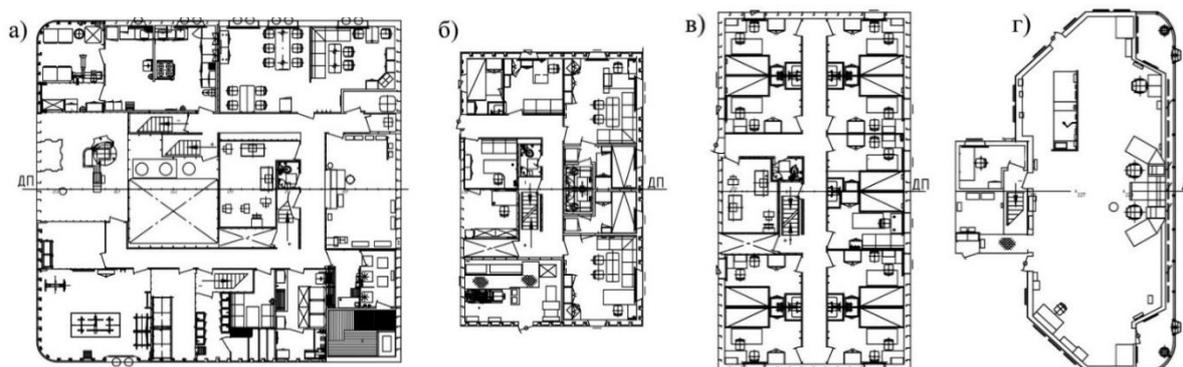


Рис. 4. Типовое расположение помещений в надстройке наливного судна.

Планировка помещений:

а – на главной палубе; б – на палубе юта; в – на второй палубе; г – на палубе ходового мостика

Таблица 1

Состав помещений в надстройке

№	Помещение	Длина, м	Ширина, м
1	Ярус 1	17,6	16,6
1.1	Туалет	1,15	1,35
1.2	Трап на второй ярус	2,00	1,00
1.3	Каюткомпания	8,80	4,50
1.4	Спорткаюта	5,50	4,50
1.5	Камбуз	5,55	4,45
1.6	Прачечная	3,67	5,45
1.7	Электроаппаратная	3,67	5,45
1.8	Провизионная	3,30	3,00
1.9	ЗИП	2,15	4,57
1.1	АСИ	3,30	2,30
1.1	Вентиляторная	2,80	2,27
1.1	Прозодежды	1,70	3,40
1.1	Провизионная	3,30	1,40
1.1	Трап из машинного	2,00	1,00
2	Ярус 2	8,8	13,1
2.1	Туалет	1,15	1,35
2.2	Трап с первого яруса/	2,00	1,00
2.3	Аварийная	5,00	3,30
2.4	Каюта 1	6,65	3,80
2.5	Каюта 2	6,65	3,80

№	Помещение	Длина, м	Ширина, м
2.6	Канцелярия	4,90	2,70
2.7	Каюта 3	4,95	3,00
3	Ярус 3	8,8	16,6
3.1	Туалет	1,15	1,35
3.2	Трап со второго	2,00	1,00
3.3	Каюта 1	3,80	2,90
3.4	Каюта 2	3,80	2,90
3.5	Каюта 3	3,80	2,90
3.6	Каюта 4	3,80	2,90
3.7	Каюта 5	3,80	2,70
3.8	Каюта 6	3,80	2,70
3.9	Каюта 7	3,80	2,70
3.10	Каюта 8	3,80	2,60
3.11	Каюта 9	3,80	2,60
3.12	Каюта 10	3,80	2,40
3.13	Кондиционер	3,50	2,40
4	Ярус 4	8,8	16,6
4.1	Трап	2,00	1,00
4.2	Рубка	4,30	16,60
4.3	Аппаратная	2,10	2,30
4.4	Трансляторная	2,10	2,30

За эталонную планировку примем надстройку нефтеналивного судна смешанного (ре-

судна, имеющей высокую плотность размещения помещений и ограничений по их расположению, не представляется возможным рассмотреть иные варианты схем ярусов и возможности по увеличению площадей.

Анализ влияния уменьшения площадей всех помещений на 10% и отсутствия помещений с заданным положением в надстройке (например, трапов или шахт) показал изменения как общей компоновки, так и критерия эффективности, что означает наличие чувствительности математической модели к изменению исходных данных.

Обсуждение

Результаты численного эксперимента показывают, что изменение размеров помещений, внутренней схемы организации ярусов и наличие (или отсутствие) объектов с жёсткой фиксацией по положению внутри надстройки оказывает влияние как на численный коэффициент эффективности, так и на фактическое их расположение.

Уменьшение площади помещений позволяет скомпоновать надстройку меньших размеров, разместив ближе друг к другу точки, откуда происходит эвакуация, и точку сбора экипажа, что, ожидаемо, понижает критерий эффективности.

Отсутствие постоянных помещений привело к расстановке помещений у внешних границ надстройки и повышению критерия эффективности, что свидетельствует о стремлении математической модели и алгоритма увеличивать число помещений с возможностью доступа с открытой палубы и наличия естественной освещённости.

Компоновка помещений без фиксации по положению на первом ярусе трапа и общественного санитарного блока показала формирование более удлинённой надстройки, что также характерно для выбранной схемы её структуры.

Из выполненных расчётов можно сформулировать ряд рекомендаций для проектирования с применением разработанной математической модели:

- для получения плотной планировки целесообразно ограничивать пространства для размещения помещений;
- схема областей внутри надстройки должна соответствовать предполагаемому результату.
- объекты, обязательные к размещению (трапы, санузлы, помещения кондиционеров), должны иметь жёсткую привязку и размещаться не в оптимизационном цикле, а конструктором вручную, аналогичное относится и к ряду возможных результатов, неполно отражающих требованиям взаимного расположения помещения.

Также анализ результатов расчёта по математической модели и алгоритму позволяет сделать выводы что задача «чистой» оптимизации помещений с точки зрения минимума занимаемой площади не актуальна. Более эффективная минимизация площади может быть достигнута за счёт уменьшения размеров самих помещений, а не их компактного расположения. Следовательно, в качестве критерия эффективности допустимо принимать только затрачиваемое время на эвакуацию, что повысит скорость сходимости алгоритма оптимизации.

Выводы

Разработанная методика автоматизированного оптимизационного проектирования надстройки грузового судна смешанного (река-море) плавания, реализованная в виде математической модели, алгоритма и программы позволили провести исследования полноты компоновки для надстройки судна типа «Волго-дон-макс». Полученные результаты близки по форме к типовой надстройке, что говорит о возможности применения разработанной методике как для задач исследовательского проектирования, так и для этапа эскизного проектирования, когда решаются вопросы общего расположения. При незначительной доработке алгоритма он может быть использован для оптимизации надстроек пассажирских судов и судов специального назначения, например, спасательных, для которых снижение времени эвакуации в случае

чрезвычайного происшествия, вследствие большего числа людей и меньшей их подготовленности к действиям по эвакуации, позволит качественно повысить безопасность.

Заявленный вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Гайкович А.И. Теория проектирования водоизмещающих кораблей и судов. В 2 т. Т. 1. Описание системы «Корабль». Санкт-Петербург: НИЦ МОРИНТЕХ, 2014. 819 с.
2. Гордеев Э.Н. Об исследовании устойчивости математических моделей и геометрических конфигураций // Вестник Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. Серия Приборостроение. 2015. № 5(104). С. 61–74. EDN: UOGWIT
3. Зернов М.М., Картавенков А.А. Способ и алгоритмы реализации генетического оператора рекомбинации на основе турнирной стратегии со случайным исходом // Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности. 2020. Т. 5, № 3(17). С. 11–20. EDN: RAMQID
4. Кочнев Ю.А. Декомпозиция структуры надстройки грузового судна и формализация предъявляемых к ней требований // Тр. 19-го междунар. науч.-пром. форума «Великие реки-2018»: мат. науч.-метод. конф. проф.-препод. состава, аспирантов, специалистов и студентов «Проблемы использования и инновационного развития внутренних водных путей в бассейнах великих рек», г. Волжский, 15–18 мая 2018 года. Вып. 7. Нижний Новгород: ВГУВТ, 2018.
5. Кочнев Ю.А. Математическая модель проектирования надстройки грузового судна // Речной транспорт (XXI век). 2022. № 2(102). С. 45–48. EDN: NIJETH
6. Наумов В.С. Кочнева И.Б. Совершенствование экологической маркировки судов // Научные проблемы водного транспорта. 2022. № 71. С. 268–276. DOI 10.37890/jwt.v71.269
7. Платов А.Ю., Платов Ю.И. Необходимые условия адекватности экономико-математических моделей на речном транспорте // Научные проблемы водного транспорта. 2020. № 64. С. 171–179. DOI 10.37890/jwt.vi64.108
8. Ропштейн А.П. Интеллектуальные технологии идентификации: нечёткая логика, генетические алгоритмы, нейронные сети. Винница: Универсум-Винница, 1999. 320 с /
9. Balakhontceva M., Karbovskii V., Sutuloa S., Boukhanovsky A. Multi-agent Simulation of Passenger Evacuation from a Damaged Ship under Storm Conditions. *Procedia Computer Science*. 2016;80:2455-2464. DOI 10.1016/j.procs.2016.05.547
10. Kim I., Kim H., Chang D., Jung D.-H., Sung H.G., Park S.-K., Choi B.C. Emergency evacuation simulation of a floating LNG bunkering terminal considering the interaction between evacuees and CFD data. *Safety Science*. 2021;140:105297. DOI 10.1016/j.ssci.2021.105297

FEFU: SCHOOL of ENGINEERING BULLETIN. 2023. N 2/55

Design and construction of vessels

www.dvfu.ru/en/vestnikis

Original article

<http://doi.org/10.24866/2227-6858/2023-2/26-35>

Kochnev Y.

YURI A. KOCHNEV, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, tmnknkoch@mail.ru
Volga State University of Water Transport
 Nizhny Novgorod, Russia

Optimization of the location of the premises in the superstructure of the cargo ship

Abstract. When designing a cargo ship, one of the tasks to be solved is to increase the volumes allocated for cargo placement. On a vessel of internal and mixed (river-sea) navigation, which has strict restrictions on all main dimensions, it is possible to achieve the expansion of the cargo area only by reducing the areas allocated for office and residential needs. The latter requires the design of a compact superstructure, which can be

achieved by using optimization and solving the so-called "backpack problem". However, the presence of a person inside the superstructure for a long time, both in residential and office premises, requires compliance with a wide range of different standards, one of which is to ensure the safe evacuation of the crew at the control post or in recreation areas. The article presents a general mathematical model and adaptation of a genetic algorithm for the task of optimizing the layout of rooms in the superstructure of a cargo ship according to two criteria – the area and time of evacuation, the results of its implementation and comparison with the placement of rooms on a real ship.

Keywords: superstructure, layout of premises, optimization

For citation: Kochnev Y. Optimization of the location of the premises in the superstructure of the cargo ship. *FEFU: School of Engineering Bulletin*. 2023;(2):26-35. (In Russ.).

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.
The authors declare no conflict of interests.

REFERENCES

1. Gajkovich A.I. Theory of design of displacement ships and vessels. In 2 vol. Vol. 1. Description of the "Ship" system. Saint Petersburg, SIC MORINTECH, 2014. 819 p. (In Russ.).
2. Gordeev E.N. Investigation of mathematical models stability and geometry configurations. *Herald of the Bauman Moscow State Technical University. Series: Instrument Engineering*. 2015;(5):61-74. (In Russ.).
3. Zernov M.M., Kartavenkov A.A. Method and algorithms for implementing the genetic recombination operator based on a tournament strategy with a random outcome. *International Journal of Information Technology and Energy Efficiency*. 2020;5(3):11-20. (In Russ.).
4. Kochnev Yu.A. Decomposition structure of the superstructure of the cargo ship and fort-malasezia requirements. *Proc. of the int. sci. and industrial forum "Great Rivers". Materials of the sci.-method. conf. of the faculty, graduate students and students "Problems of use and innovative development of inland waterways in the basins of the great rivers", Volzhsky, 2018 May, 15-18*. Vol. 7. Nizhny Novgorod, VSUWT, 2018. (In Russ.).
5. Kochnev Yu. A. Mathematical model for cargo ship's superstructure design. *River transport (XXI century)*. 2022;(2):45-48. (In Russ.).
6. Naumov V.S., Kochneva I.B. Improvement of environmental labels of ships. *Russian Journal of Water Transport*. 2022;(71):268-276. (In Russ.). DOI 10.37890/jwt.v71.269
7. Platov A.Yu., Platov Yu.I. Necessary conditions for the adequacy of economic and mathematical models on river transport. *Russian Journal of Water Transport*. 2020;(64):171-179. (In Russ.). DOI 10.37890/jwt.vi64.108
8. Ropshtejn A.P. Intelligent identification technologies: fuzzy logic, genetic algorithms, neural networks. Vinnicza, Universum-Vinnicza, 1999. 320 p. (In Russ.).
9. Balakhontceva M., Karbovskii V., Sutuloa S., Boukhanovsky A. Multi-agent Simulation of Passenger Evacuation from a Damaged Ship under Storm Conditions. *Procedia Computer Science*. 2016;80:2455-2464. DOI 10.1016/j.procs.2016.05.547
10. Kim I., Kim H., Chang D., Jung D.-H., Sung H.G., Park S.-K., Choi B.C. Emergency evacuation simulation of a floating LNG bunkering terminal considering the interaction between evacuees and CFD data. *Safety Science*. 2021;140:105297. DOI 10.1016/j.ssci.2021.105297