

УДК 629.122

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ МЕТОДОМ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ УСТУПОК ПРИ ВЫБОРЕ ЛЮКОВОГО ЗАКРЫТИЯ**Пчельникова Наталья Васильевна¹**, магистрант*e-mail:* natashkavasilna@gmail.com**Кузнецова Вера Владимировна¹**, кандидат технических наук*e-mail:* anis88vera@mail.ru¹ Волжский государственный университет водного транспорта, Нижний Новгород, Россия

Аннотация. В статье представлены применяемые типы люковых закрытий в судостроении. Рассмотрен метод последовательных уступок при решении задачи многокритериальной оптимизации, с выбором оптимального варианта. Определены критерии для реализации метода последовательных уступок с последующей оценкой перспективности использования в решении задач на этапе проектирования судов.

Ключевые слова: люковые закрытия, оптимизация, уступки, критерии оптимизации, критерии эффективности.

SOLVING THE PROBLEM OF MULTI-CRITERIA OPTIMIZATION BY THE METHOD OF SUCCESSIVE CONCESSIONS WHEN CHOOSING A HATCH CLOSURE**Pchelnicova Natalia Vasilyevna¹**, Master's Degree Student*e-mail:* natashkavasilna@gmail.com**Kuznetsova Vera Vladimirovna¹**, Candidate of Technical Sciences*e-mail:* anis88vera@mail.ru¹ Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. The article presents the types of hatch cover used in shipbuilding. The method of successive concessions when solving a multicriteria optimization problem is considered. With the choice of the option. Criteria have been defined for implementing the method of successive concessions with subsequent assessment of the prospects for use in solving problems at the stage of ships design.

Keywords: hatch closures, optimization, concessions, optimization criteria, efficiency criteria.

Люковые закрытия играют важную роль на судах, обеспечивая безопасность и надежность при эксплуатации судовых трюмов. Эти конструктивные элементы позволяют герметично закрывать люки и обеспечивать защиту от проникновения воды, пыли и посторонних предметов.

Одной из ключевых особенностей люковых закрытий является их сопротивление высоким нагрузкам. Ведь на судах люки подвергаются различным воздействиям, таким как ветер, волны и грузы, которые могут создавать значительные нагрузки на эти конструкции. Поэтому люковые закрытия должны быть достаточно прочными и долговечными, чтобы выдерживать высокие механические нагрузки. При выборе люкового закрытия следует учитывать ряд критериев оптимизации:

1. Герметичность: люковое закрытие должно обеспечивать высокую степень герметичности, чтобы предотвратить проникновение воды внутрь судна. Это особенно важно для судов, которые перевозят грузы или проводят работы под водой.

2. Прочность: закрытие должно быть достаточно прочным, чтобы выдерживать воздействие внешних факторов, таких как ветер, волны и удары. Оно должно быть способно выдерживать высокие нагрузки и предотвращать деформацию или разрушение.

3. Легкость использования: закрытие должно быть удобным в использовании и не требовать особых навыков или усилий для открытия и закрытия. Это важно для обеспечения быстрой и эффективной работы экипажа.

4. Универсальность: закрытие должно быть универсальным и подходить для различных типов судов и их конструкций. Оно должно быть легко адаптируемым и настраиваемым под разные требования и условия.

5. Безопасность: закрытие должно быть безопасным в использовании и предотвращать возможные травмы или аварии. Оно должно быть оборудовано соответствующими механизмами безопасности, такими как предохранители или аварийные выходы.

6. Стоимость: закрытие должно быть экономически выгодным и иметь разумную стоимость производства и эксплуатации. Оно должно быть долговечным и требовать минимальных затрат на обслуживание и ремонт.

7. Стандарты и сертификация: закрытие должно соответствовать соответствующим международным и национальным стандартам и требованиям. Оно должно быть сертифицировано и иметь все необходимые документы и разрешения для использования на судах.

Каждый из этих критериев имеет свою важность и должен быть учтен при выборе люкового закрытия в судостроении [1].

Математическая формализация задач, когда нельзя ограничиться рассмотрением только одного критерия выбора в силу того, что важность имеют сразу несколько качественных факторов, привела к тому, что была создана теория многокритериальной оптимизации. При постановке подобной задачи существует ряд конкурирующих свойств (количество – качество, качество-расход и т.д.) [2].

Метод последовательных уступок является одним из наиболее широко применяемых методов решения задач, особенно в области судостроения. Этот метод позволяет систематически приближаться к оптимальному решению, делая серию последовательных уступок от начального плана к конечному результату. Основная идея метода состоит в том, чтобы разделить сложную задачу на более простые подзадачи и решать их поочередно. На каждом этапе происходит некоторое изменение параметров или условий задачи, что позволяет получить новый план или решение. Затем проводится анализ нового результата, который может потребовать дополнительных модификаций для достижения требуемого качества или эффективности. В процессе создания судна возникают множество сложных инженерно-технических задач: выбор материалов, организация рабочего пространства, расчет прочности конструкции и другие. Каждая из этих задач требует индивидуального подхода и может быть решена с помощью метода последовательных уступок [3].

Преимуществами метода последовательных уступок в судостроении являются:

1. Гибкость: метод позволяет проводить исследования и анализ различных аспектов проектирования и строительства судов. Благодаря возможности пошагового подхода можно систематически анализировать результаты каждого шага и вносить изменения или дополнения для достижения желаемого результата.

2. Эффективность: метод позволяет достичь более точного решения за меньшее количество времени и затрат по сравнению со стандартными методами. Поскольку каждый следующий шаг базируется на предыдущем, процесс сходится к точному решению задачи.

3. Возможность учета нелинейности: судостроение – это сложная и многомерная задача, в которой часто присутствуют нелинейные зависимости. Метод последовательных уступок позволяет учесть эти особенности и проводить расчеты с высокой степенью точности [4].

Однако метод последовательных уступок имеет и свои ограничения:

1. Потребность в начальном приближении: для применения метода требуется начальное предположение о решении задачи. Изначально это может быть достаточно грубое приближение, но без него метод не будет работать. Неверное или неточное начальное приближение может привести к неправильным результатам.

2. Зависимость от выбора параметров: выбор шагового размера или других параметров процедуры является важным аспектом применения метода последовательных уступок. Некорректный выбор может значительно затруднить или даже сделать невозможным получение правильного решения.

3. Ограниченность области применимости: метод последовательных уступок подходит для решения большого числа задач, но не является универсальным. Он может быть неэффективен или бесполезен в случаях сильно нелинейных или сложных задач. [4].

Для того чтобы в дальнейшем определить какого типа судовые люковые закрытия применить в заданном проекте в качестве критериев предварительно определим такие, как критерий массы металла, критерий стоимости, критерий времени, затрачиваемого на открытие и закрытие крышек.

1. Критерий массы металла.

В критериях затрат наиболее правильно было бы использовать не значения самой массы металла, применяемой для изготовления люковых крышек, а его относительное значение, поскольку суда имеют существенные отличия в размерениях, водоизмещении, дедвейте, объемах грузовых трюмов и пр. Поэтому в качестве критерия затрат металла примем отношения массы крышек к кубатуре грузовых трюмов.

$$\begin{aligned} F_M^C &= m_c / V_{T.C}; \\ F_M^{ШО} &= m_{ШО} / V_{T.ШО}; \\ F_M^O &= m_o / V_{T.O}; \\ F_M^{CD} &= m_{CD} / V_{T.CD}; \\ F_M^H &= m_H / V_{T.H}, \end{aligned} \quad (1)$$

где $F_M^C, F_M^{ШО}, F_M^O, F_M^{CD}, F_M^H$ – критерии массы металла для съёмных, шарнирно-откидных, откатываемых, сдвигаемых, наматываемых люковых закрытий соответственно;

$V_{T.i}$ – кубатура грузовых трюмов с люковыми закрытиями соответствующего типа;

m_i – масса соответствующего типа люкового закрытия.

2. Критерий стоимости.

Для определения критериев принимают относительное значение стоимости металла от его массы, чтобы получить модуль.

$$F_C^C = S_c / m_c; \quad (2)$$

$$F_C^{ШО} = S_{ШО}/m_{ШО};$$

$$F_C^O = S_O/m_O;$$

$$F_C^{сд} = S_{сд}/m_{сд};$$

$$F_C^H = S_H/m_H,$$

где $F_C^C, F_C^{ШО}, F_C^O, F_C^{сд}, F_C^H$ – критерии стоимости для съёмных, шарнирно-откидных, откатываемых, сдвигаемых, наматываемых люковых закрытий соответственно;

S_i – стоимость соответствующего люкового закрытия, млн. р.

3. Критерий времени.

Открытие и закрытие люковых крышек разных типов осуществляется различными способами, к примеру, с помощью гидроцилиндров или же мостового, или берегового крана. Время открытия/закрытия люкового закрытия в диапазоне от 15 до 45 минут.

Сводка полученных значений критериев представлена в таблице 1.

Таблица 1

Сопоставление типов люкового закрытия по критериям

Параметр	Типы люкового закрытия сухогрузных судов				
	Съёмные	Шарнирно-откидные	Откатываемые	Сдвигаемые	Наматываемые
1 Критерий массы $F_M, \text{т/м}^3$	0,0196	0,0192	0,0237	0,0222	0,0297
2 Критерий стоимости $F_C, \text{тыс. р./т}$	0,0675	0,0757	0,0679	0,0667	0,0526
3 Критерий среднего времени, затрачиваемого на открытие / закрытие g_B одного трюма, мин	20,000	15,000	15,000	25,000	45,000

Для выбора типа люковых закрытий необходимо проанализировать достоинства и недостатки каждого из них. Используя метод последовательных уступок выбрать наиболее предпочтительную альтернативу. Решая поставленную задачу, были минимизированы критерии эффективности и приняты следующие величины уступок:

для критерия массы – 0,004 т/м³;

для критерия стоимости – 0,020 тыс. ед.;

для критерия времени – 6 мин.

Принцип применения метода основан на изменении предельного значения. Это означает, что к минимальному значению критерия путем сложения значения величины уступки получается коэффициент, после чего сравнивают полученное значение с данными, представленными в таблице 1. Если величина в таблице превышает величину значения с уступкой, то сравниваемый вариант исключается. Процедура происходит до тех пор, пока по всем критериям не будет произведен анализ и выявлен наиболее удовлетворяющий вариант. Из сравнения следует, что оптимальным вариантом является съёмный тип люковых закрытий.

В заключении хочется отметить, что в решении проблем и развития метода последовательных уступок в многокритериальной оптимизации с выбором люкового закрытия можно предложить несколько направлений дальнейшего исследования.

Во-первых, исследование возможности упрощения метода и сокращения количества итераций. Использование алгоритма машинного обучения для автоматического определения уступок и выбора наиболее приемлемого решения. Такой подход значительно сокращает затраты на вычислительные ресурсы и время.

Во-вторых, исследование возможности учета новых критериев и ограничений при выборе люкового закрытия. Учет экологических показателей, энергоэффективности или удобства эксплуатации позволит создавать более универсальные и инновационные решения. Однако для его дальнейшего развития необходимо проведение дополнительных исследований по упрощению метода и применения в других областях. Только в этом случае метод сможет полностью раскрыть свой потенциал и применение.

Список литературы:

1. Васильев А.Л. Закрытия судовых грузовых люков. Изд-во: СУДПРОМ ГИЗ. Ленинград, 1961.
2. Шевченко Д.В. Методы оптимальных решений: практикум / Д.В. Шевченко, З.Ш. Аглямова. – Казань: Изд-во «Познание» Казанского инновационного университета им. В.Г. Тимирязова (ИЭУП), 2018. – 149 с.
3. Мастяева И.Н., Горемыкина Г.И., Семенихина О.Н. Методы последовательных уступок. М.: Курск, 2016.
4. Соболев И.М., Статников Р.Б. Выбор оптимальных параметров в задачах со многими критериями. М.: Дрофа, 2006. – 175 с

