

DOI: 10.21821/2309-5180-2024-16-4-646-655

DETERMINING THE MOST RATIONAL METHOD OF AUTOMOORING VESSELS IN A NAVIGATION LOCK CHAMBER

N. M. Ksenofontov, G. P. Dekelman, E. Ye. Ol'khovik

Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping,
St. Petersburg, Russian Federation

The article presents the results of a study to determine the most rational method of automatic mooring of vessels in a navigation lock chamber. The relevance of the study is due to updated regulatory requirements in the field of designing the specified shipping hydraulic structures, the need to improve the efficiency and safety of navigation, including ensuring the passage of unmanned vessels, as well as the lack of ready-made technical solutions for their installation on the structures in question. To solve this problem, the authors of the study used the method of expert assessments, which allows taking into account the opinions and experience of specialists in the field of shipping, which ensures a more objective and reasonable choice of the most rational method of automatic mooring. As a method of expert assessment, taking into account the issues under consideration, the method of point assessments was chosen. For this purpose, during the study, a survey was conducted among the involved experts, during which each of them gave his intuitionistic assessment. In this study, vacuum, electromagnetic and lever-and-hinge devices are considered as methods of automatic mooring. The criteria considered include, among other things, the need to reconstruct the lock chamber, environmental friendliness, the ability to hold the vessel, the complexity of the device, and reliability indicators. As a result of collecting and processing the obtained data, it was found that the most preferable method of auto-mooring of vessels in the lock chamber is a vacuum device. The results obtained indicate the feasibility of developing and implementing vacuum auto-mooring devices on shipping hydraulic structures. The results of the study are of practical interest to specialists in the field of shipping and can be used in the design and reconstruction of navigation locks.

Keywords: navigation lock, mooring of a vessel, mooring device, auto-mooring devices, expert assessment method.

For citation:

Ksenofontov, Nikolay M., Grigory P. Dekelman, and Ekaterina Ye. Ol'khovik. "Determining the most rational method of automooring vessels in a navigation lock chamber." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 16.4 (2024): 646–655. DOI: 10.21821/2309-5180-2024-16-4-646-655.

УДК 626.414: 626.422.3: 626.45: 620.192.63: 620.193.73

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАИБОЛЕЕ РАЦИОНАЛЬНОГО СПОСОБА АВТОШВАРТОВКИ СУДОВ В КАМЕРЕ СУДОХОДНОГО ШЛЮЗА

Н. М. Ксенофонтов, Г. П. Декельман, Е. Е. Ольховик

ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова»,
Санкт-Петербург, Российская Федерация

В статье приведены результаты исследования по определению наиболее рационального способа автошвартовки судов в камере судоходного шлюза. Актуальность исследования обусловлена обновленными нормативными требованиями в области проектирования указанных судопропускных гидротехнических сооружений, необходимостью повышения эффективности и безопасности судоходства, в том числе обеспечения пропуска безэкипажных судов, а также отсутствием готовых технических решений для их установки на рассматриваемые сооружения. Для решения указанной задачи в работе использован метод экспертных оценок, позволяющий учесть мнение и опыт специалистов в области судоходства, что обеспечивает более объективный и обоснованный выбор наиболее рационального способа автошвартовки. В качестве метода экспертной оценки, с учетом рассматриваемой проблематики, выбран метод балльных оценок. Для этого в ходе исследования было проведено опросное анкетирование среди привлеченных экспертов, в ходе которого каждый из них дал свою интуитивистскую оценку. В данном ис-

следовании в качестве способов автошвартовки рассмотрены вакуумные, электромагнитные и рычажно-шарнирные устройства. В качестве критериев в том числе рассмотрены: необходимость реконструкции камеры шлюза, экологичность, возможность удержания судна, сложность устройства, а также показатели надежности. В результате сбора и обработки полученных данных установлено, что наиболее предпочтительным способом автошвартовки судов в камере шлюза является вакуумное устройство. Полученные результаты свидетельствуют о целесообразности разработки и внедрения на судоходных гидротехнических сооружениях вакуумных автошвартовочных устройств. Результаты исследования представляют практический интерес для специалистов в области судоходства и могут быть использованы при проектировании и реконструкции судоходных шлюзов.

Ключевые слова: судоходный шлюз, швартовка судна, швартовное устройство, автошвартовочное устройство, экспертный метод.

Для цитирования:

Ксенофонтов Н. М. Определение наиболее рационального способа автошвартовки судов в камере судоходного шлюза / Н. М. Ксенофонтов, Г. П. Декельман, Е. Е. Ольховик // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2024. — Т. 16. — № 4. — С. 646–655. DOI: 10.21821/2309-5180-2024-16-4-646-655.

Введение (Introduction)

Швартовка судна в камере судоходного шлюза является одной из основных операций во время процесса шлюзования (судопропуска). Данная операция является одной из немногих, требующих непосредственного участия человека: членов экипажа судна или работников судопропускного сооружения. В настоящее время швартовка судов выполняется с помощью канатов за причальные тумбы, подвижные и неподвижные рымы, что помимо риска получения травм или увечий членами швартовочных бригад, из-за нарушения техники безопасности, также является одним из ограничений работы безэкипажных судов на внутренних водных путях РФ. Среди способов решения указанной проблемы является оснащение судоходных шлюзов автошвартовочными устройствами (далее — АШУ), позволяющими в автоматическом или автоматизированном режиме выполнять швартовку судов, тем самым также давая возможность увеличить скорость судопропуска.

Кроме того, следует отметить, что необходимость оснащения вновь проектируемых и реконструируемых шлюзов АШУ указана в стандарте СП 101.13330.2023 «СНиП 2.06.07–87 Подпорные стены, судоходные шлюзы, рыбопропускные и рыбозащитные сооружения». При этом готовое техническое решение АШУ отсутствует и ни на одном из 108 эксплуатируемых судоходных шлюзов, расположенных на внутренних водных путях РФ, АШУ не установлено. Также установка АШУ не предусмотрена проектом на реконструируемом шлюзе № 15 Городецкого гидроузла и на строящемся Багаевском гидроузле.

Исследования в области разработки АШУ активно велись в СССР в период с 1970-х по 1980-е гг. В частности, под руководством В. Л. Шведова были разработаны вакуумные АШУ на основе плавучего рыма, которые успешно прошли натурные испытания, выполненные на Волховском шлюзе, шлюзах Волго-Балтийского водного пути и Волго-Донского судоходного канала [1]–[3]. Однако, несмотря на положительные результаты испытаний, дальнейшего развития они не получили.

За рубежом работы по созданию рассматриваемых устройств ведутся примерно с 2004 г. В частности, группой компаний Savotec разработано вакуумное АШУ, которое в настоящее время эксплуатируется на судоходных шлюзах, расположенных на морском пути Святого Лаврентия в Канаде и США [4], [5]. При этом дальнейшего внедрения данных устройств на других судоходных шлюзах, эксплуатируемых в указанных странах, не последовало, что, в частности, в исследовании [6] объясняется отличием состава шлюзуемого флота. В исследованиях [7]–[9] установлено, что из предлагаемых различных способов автошвартовки в практике на данный момент нашли применение вакуумные и электромагнитные АШУ, а также рычажно-шарнирные устройства. Следует отметить, что для причальных сооружений в большинстве случаев рассматриваются первые два из указанных способов автошвартовки [10]. Эти же способы приведены и в ранее указанном СП 101.13330.2023 в части требований к проектированию швартовочных устройств шлюзов.

Одним из выявленных недостатков приведенных ранее результатов исследований в рассматриваемой области служит отсутствие сравнительной оценки способов автошвартовки судов в камере шлюза с учетом различных факторов с обоснованием выбора наиболее рационального. В ходе поиска и анализа научных публикаций было установлено, что в отношении шлюзов подобный анализ был выполнен лишь в исследовании В. П. Бутина [11]. В настоящей работе предлагается дополнить и уточнить некоторые положения методики автошвартовки судов, рассмотренной в работе [11].

С учетом ранее изложенного целью настоящего исследования является определение наиболее рационального способа автошвартовки судов в камере шлюза с помощью метода экспертного оценивания.

Методы и материалы (Methods and Materials)

В качестве способов автошвартовки в настоящем исследовании рассмотрены следующие.

Способ 1. *Использование вакуумных устройств.* Реализация данного способа основана на создании вакуума. Устройство использует одну или несколько вакуумных подушек для соединения с корпусом судна. Вакуумные подушки соединены с рычагом, который перемещает подушку в требуемую точку соединения. Данный способ автошвартовки является самым распространенным. Вакуумными АШУ оснащено большое количество морских причальных сооружений. Также данные устройства уже эксплуатируются на шлюзах, расположенных на морском пути Святого Лаврентия в Канаде и США.

Способ 2. *Использование электромагнитных устройств.* В электромагнитном АШУ для соединения с корпусом судна используются магнитные подушки (группа электромагнитов), также соединенные с рычагом, обеспечивающим их перемещение в заданную точку. Удержание судна в этом случае происходит за счет создания магнитного поля. Несмотря на более простую реализацию, по сравнению с вакуумными, устройства данного типа применяется намного реже.

Способ 3. *Использование шарнирно-рычажных устройств.* Шарнирно-рычажное устройство представляет собой механическую систему в виде роботизированного шарнирного манипулятора. Данное устройство для швартовки судна использует *роботизированную руку*, оснащенную запирающим устройством. В зависимости от конструкции это устройство может быть установлено как на стенке камеры шлюза, так и непосредственно на судне. Следует отметить, что известен только один случай использования данного устройства, установленного на носовой и кормовой частях автономного контейнеровоза Yara Birkeland [12], [13]. Радиус действия манипулятора составляет 21 м. Данное АШУ разработано компанией MacGregor.

Оценивание выбранных способов автошвартовки представляется наиболее целесообразным осуществить с помощью экспертной оценки путем получения индивидуального мнения членов экспертной группы. В качестве метода экспертной оценки, с учетом рассматриваемой проблематики, выбран *метод балльных оценок*. В рамках настоящего исследования выбранный метод характеризуется следующими признаками:

- форма участия — заочная;
- количество итераций — одношаговая;
- решаемая задача — оценивание вариантов;
- тип ответа — абсолютная / относительная шкалы;
- способ обработки мнений экспертов — аналитический;
- количество привлекаемых экспертов — 10 человек.

Для экспертизы привлечены лица, обладающие знаниями в рассматриваемой области исследования и способные высказать аргументированное мнение по исследуемому вопросу. К ним относятся сотрудники проектных и научно-исследовательских организаций, а также специалисты организаций, эксплуатирующих судоходные гидротехнические сооружения (СГТС). Для проведения опроса подготовлены информационные материалы и бланки анкет, которые были разосланы экспертам.

Для выполнения экспертной оценки выбраны наиболее значимые, по мнению авторов исследования, критерии, перечень которых с необходимыми пояснениями приведен в табл. 1. Выбор критериев выполнен с учетом имеющегося опыта эксплуатации судопропускных сооружений, а также сведений, представленных в научных публикациях и технической литературе.

Таблица 1

Критерии оценки способов автошвартовки судов

Номер критерия	Наименование критерия	Краткое описание критерия
1	2	3
Критерий 1	Возможность швартовки судов из композиционных материалов	Критерий оценивает способность автошвартовного устройства обеспечивать безопасную и надежную швартовку судов, изготовленных из композиционных материалов. Ожидается, что в ближайшее время доля таких судов будет расти. При этом они могут иметь специфические требования к швартовке из-за своих уникальных характеристик
Критерий 2	Возможность удержания судна	Критерий оценивает способность автошвартовного устройства удерживать швартуемое судно во время наполнения и опорожнения камеры шлюза, а также при воздействии бокового ветра
Критерий 3	Необходимость дооборудования судна	Критерий оценивает необходимость установки дополнительных элементов или оборудования на швартуемом судне для использования автошвартовного устройства (например, установка дополнительных элементов подкрепления корпуса судна, приспособлений, установка специальных датчиков, систем управления или других компонентов)
Критерий 4	Необходимость реконструкции камеры шлюза	Критерий оценивает потребность реконструкции камеры шлюза для установки и использования автошвартовного устройства (например, установка закладных частей, устройство проемов и ниш, установка дополнительного оборудования или другие изменения)
Критерий 5	Экологичность	Критерий оценивает влияние использования автошвартовного устройства на окружающую среду (например, энергопотребление, выбросы вредных веществ, шум и другие экологические факторы)
Критерий 6	Конструктивная сложность устройства	Критерий оценивает сложность конструкции автошвартовного устройства, которая оказывает влияние на стоимость его изготовления и монтажа, а также удобство технического обслуживания и ремонта в процессе эксплуатации
Критерий 7	Безопасность швартовных операций	Критерий оценивает способность автошвартовного устройства обеспечивать безопасность швартовных операций (например, возможность надежного удержания судна, снижения риска травматизма среди членов экипажа и работников шлюзов, а также другие аспекты безопасности)
Критерий 8	Безотказность	Критерий оценивает вероятность отказа автошвартовного устройства и возможность сохранения им своих функциональных возможностей во время эксплуатации
Критерий 9	Ремонтопригодность	Критерий оценивает возможность ремонта автошвартовного устройства в случае его отказа во время эксплуатации
Критерий 10	Долговечность	Критерий оценивает ожидаемый срок службы (ресурс) автошвартовного устройства до момента его замены

Определение наиболее рационального способа автошвартовки выполнено в форме статистического анализа результата экспертизы в табличной и графической форме.

Результаты (Results)

Сведения о привлеченных экспертах к проведению опроса приведены в табл. 2. На рис. 1 приведена диаграмма выбора способа автошвартовки судов с учетом рассматриваемых критериев. Результаты определения веса критериев представлены в табл. 3, их визуализация — на рис. 2. В ходе сбора и обработки мнений экспертов установлено, что наиболее значимыми критериями из рас-

смаатриваемых являются возможность торможения судна и необходимость реконструкции камеры шлюза, а наименее значимыми — сложность устройства и экологичность.

Таблица 2

Сведения об экспертах, привлеченных к проведению опроса

Порядковый номер эксперта	Должность	Ученая степень	Стаж работы
Э1	Заместитель начальника отдела механического оборудования	–	Более 30 лет
Э2	Заместитель начальника службы — начальник отдела механического оборудования	–	15 лет
Э3	Главный специалист отдела гидротехнических сооружений и энергетики	–	21 год
Э4	Профессор	Д-р техн. наук	Более 30 лет
Э5	Главный конструктор	–	Более 30 лет
Э6	Начальник испытательного центра	Канд. техн. наук	19 лет
Э7	Главный инженер-конструктор	–	20 лет
Э8	Главный механик	–	24 года
Э9	Доцент	Канд. техн. наук	10 лет
Э10	Заведующий научно-исследовательской лабораторией	Канд. техн. наук	14 лет

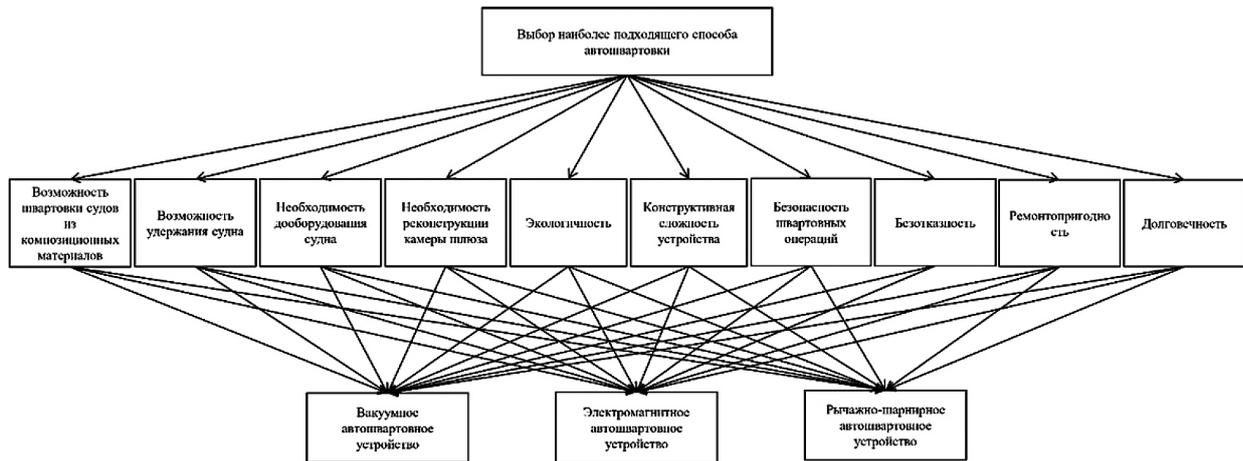


Рис. 1. Обобщенная иерархическая структура критериев и альтернатив для выбора наиболее подходящего способа автошвартовки

Таблица 3

Расчет веса критериев

Наименование критерия	Назначенные веса критериев экспертами, %										Среднее значение	
	Э1	Э2	Э3	Э4	Э5	Э6	Э7	Э8	Э9	Э10	%	в долях
Возможность швартовки судов из композиционных материалов	5	5	5	5	5	5	7	2	5	10	5,4	0,054
Возможность торможения судна	25	15	15	15	20	10	15	40	40	15	21,0	0,210
Необходимость дооборудования судна	0	0	0	10	15	20	15	5	25	5	9,5	0,095
Необходимость реконструкции камеры шлюза	25	10	15	30	20	20	15	5	10	15	16,5	0,165
Экологичность	0	5	0	5	5	5	5	3	2	5	3,5	0,035
Сложность устройства	0	5	5	0	0	10	7	5	2	10	4,4	0,044
Безопасность швартовных операций	0	10	15	20	15	10	10	10	2	10	10,2	0,102
Безотказность	0	20	15	10	5	10	9	20	5	10	10,4	0,104
Ремонтпригодность	0	10	15	2	10	10	10	5	7	10	7,9	0,079
Долговечность	20	20	15	3	5	5	7	5	2	10	9,2	0,092

Примечания: 1. Каждому критерию присваивается вес, который отражает его важность относительно других критериев. 2. Веса могут быть выражены в числах от 0 до 100 %, где 100 % означает максимальную важность, 0 — отсутствие важности. 3. Сумма всех весов должна быть равна 100 %.

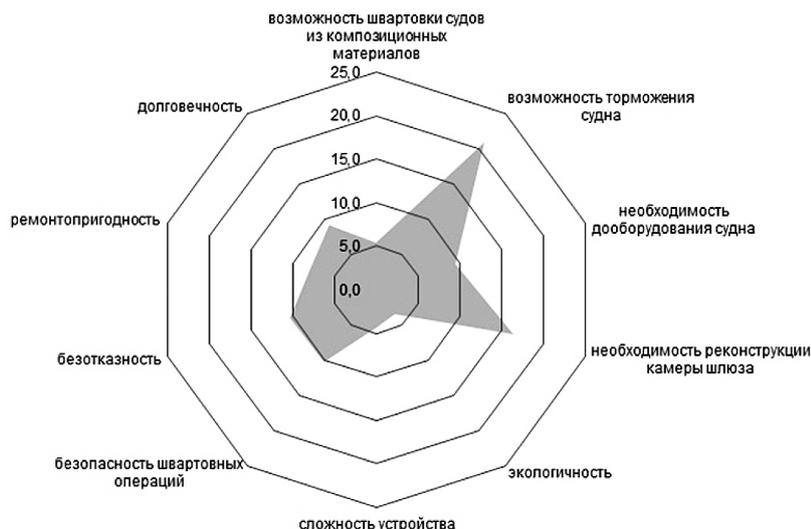


Рис. 2. Визуализация веса критериев для выбора наиболее рационального способа автошвартовки, %

Обобщенные результаты опроса экспертов об оценке рассматриваемых способов автошвартовки представлены в табл. 4 и 5. В результате обработки полученных данных с учетом имеющихся весов критериев установлено, что наиболее рациональным способом автошвартовки является использование вакуумных устройств.

Таблица 4

Результаты суммарной балльной оценки способов автошвартовки

Наименование критерия	Усредненная оценка мнений экспертов согласно рассматриваемым способам автошвартовки		
	вакуумное АШУ	электромагнитное АШУ	рычажно-шарнирное АШУ
Возможность торможения судна	4,3	4,1	3,7
Необходимость реконструкции камеры шлюза	3,5	3,5	3,7
Безотказность	3,8	4,1	3,4
Безопасность швартовных операций	4,4	3,4	3,5
Необходимость дооборудования судна	3,7	3,4	3,8
Долговечность	3,9	4,2	4,0
Ремонтопригодность	3,6	3,9	4,1
Возможность швартовки судов из композиционных материалов	4,5	1,4	4,1
Сложность устройства	3,9	3,9	2,9
Экологичность	3,9	4,0	3,7

Примечание. В контексте 5-балльной системы оценивания анализируемых решений, каждое из них оценивается по шкале от 1 до 5, где 1 — абсолютно не подходит; 2 — скорее, не подходит; 3 — нейтрально; 4 — скорее, подходит; 5 — абсолютно подходит.

Таблица 5

Результаты определения наиболее рационального способа автошвартовки судов в камере шлюза с учетом веса критериев

Наименование критерия	Вес критерия	Балльная оценка экспертов по рассматриваемым способам автошвартовки		
		вакуумное АШУ	электромагнитное АШУ	рычажно-шарнирное АШУ
Возможность швартовки судов из композиционных материалов	0,054	0,2430	0,0756	0,2214
Возможность торможения судна	0,210	0,9030	0,8610	0,777

Таблица 5
(Окончание)

Необходимость дооборудования судна	0,095	0,3515	0,3230	0,361
Необходимость реконструкции камеры шлюза	0,165	0,5775	0,5775	0,6105
Экологичность	0,035	0,1365	0,1400	0,1295
Сложность устройства	0,044	0,1716	0,1716	0,1276
Безопасность швартовых операций	0,102	0,4488	0,3468	0,3570
Безотказность	0,104	0,3952	0,4264	0,3536
Ремонтопригодность	0,079	0,2844	0,3081	0,3239
Долговечность	0,092	0,3588	0,3864	0,3680
Сумма баллов		3,87	3,62	3,63

Обсуждение (Discussion)

Полученные результаты экспертной оценки свидетельствуют о том, что наиболее предпочтительным способом автошвартовки является применение вакуумных устройств. Полученный результат в целом согласуется с результатами исследования [11], а также совпадает с результатами аналогичных исследований, проведенных для причальных морских сооружений [14], [15].

При этом следует отметить, что по мнению автора работы [16], наиболее целесообразным является использование электромагнитных АШУ. В качестве основных преимуществ данного типа устройств автором указанной работы отмечается простота конструкции, малые габариты всей установки, большой период между техническим обслуживанием и нетрудоемкий сервис, большая сила притяжения на единицу поверхности, высокая точность базирования благодаря жесткости сердечника, быстрота примагничивания к поверхности, а также более длительный период эксплуатации благодаря долговечности конструкции. В качестве отрицательных сторон помимо отсутствия возможности швартовки судов с корпусами, изготовленными из ферромагнитных материалов, автором работы [16] указывается нагрев катушки.

В качестве дополнительных недостатков электромагнитного способа швартовки следует отметить потерю удерживающей способности устройства при внезапном отключении электроэнергии. Помимо этого существует вероятность налипания посторонних металлических предметов на магнитные подушки в процессе швартовки, возникновения остаточной намагниченности на участках контакта корпуса судна с подушками, воздействия магнитного поля на системы управления судном, а также вероятность деформации корпуса судна, в том числе с возможностью отрыва тонкостенной обшивки от набора.

Кроме того, следует отметить, что все реализованные вакуумные АШУ, а также предлагаемые конструкции электромагнитных АШУ работают в надводном положении, что увеличивает их ресурс за счет минимизации воздействия на них коррозионно-активной среды, а также попадания посторонних предметов между захватным устройством и корпусом судна при швартовке. При этом состав шлюзуемого флота на внутренних водных путях РФ достаточно разнообразен, и высота надводного борта может быть меньше требуемой для осуществления захвата. На рис. 3, в качестве примера приведено процентное соотношение судов по величине надводного борта, прошедших через шлюз № 5 ФБУ «Волго-Балт» в навигацию 2023 г. В представленных на рис. 3 данных не учтено наличие привального бруса, который также ограничивает полезную площадь захвата как для вакуумных, так и для электромагнитных АШУ, а также из-за отсутствия необходимых сведений не учтена высота надводного борта прошлюзованных несамходных барж. Кроме того, необходимо обратить внимание, что в судопропуске участвуют суда, по бортам которых дополнительно установлены (вывешены) различные амортизирующие устройства.

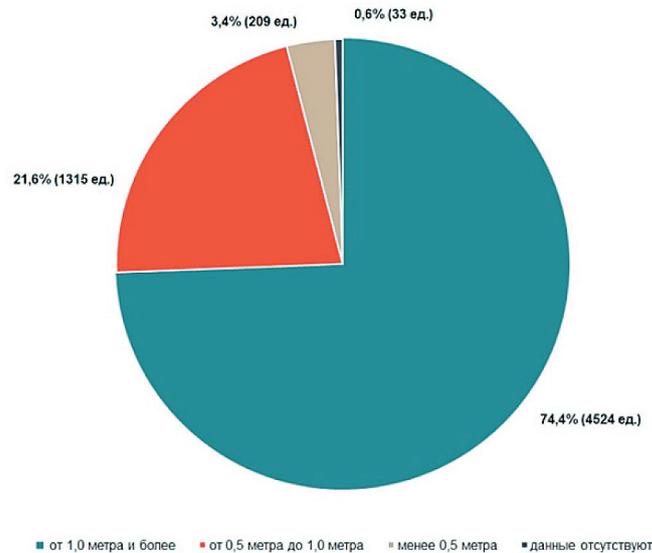


Рис. 3. Соотношение судов, прошедших через шлюз № 5 ФБУ «Администрация «Волго-Балт» в 2023 г., по высоте надводного борта

Представляется, что с течением времени, по мере накопления опыта эксплуатации и доработки устройств, часть негативных факторов в каждом из рассматриваемых вариантов будет исключена или минимизирована.

Заключение (Conclusion)

Определение наиболее рационального способа автошвартовки судов в камере судоходного шлюза является начальным этапом внедрения автошвартовных устройств на указанных сооружениях.

В качестве способов автошвартовки были рассмотрены вакуумные, электромагнитные и рычажно-шарнирные устройства. Каждый из этих способов автошвартовки имеет свои достоинства и недостатки. Для исключения субъективной оценки определение наиболее предпочтительного способа автошвартовки выполнено с помощью проведения экспертной оценки, осуществляемой на соответствие разработанным наиболее значимым критериям.

В результате проведения исследования установлено, что наиболее предпочтительным способом автошвартовки судов в камере судоходного шлюза является использование вакуумных устройств.

Следующим этапом исследования должна явиться разработка технического решения с последующим созданием макетного образца вакуумного автошвартовного устройства с последующим его испытанием. При разработке технического решения необходимо учесть и минимизировать имеющиеся недостатки выбранного способа автошвартовки.

Благодарности (Acknowledgements)

Данная статья подготовлена в рамках научно-исследовательской работы по теме «Выполнение исследований для определения оптимального технического решения по автоматизации швартовных операций классических и беспилотных судов на судоходных шлюзах» (Приказ от 28.08.2023 № 908). Авторы выражают искреннюю благодарность экспертам, принявшим участие в настоящем исследовании.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Экспериментальное исследование опытного образца автоматических швартовых устройств на одном из шлюзов Северо-Западного бассейна: отчет о НИР (заключительный) / В. Л. Шведов. — Л.: ЛИВТ, 1975. — 36 с.

2. Натурные испытания автоматических швартовых устройств на причалах шлюзов ВБВП им. В. И. Ленина и лабораторные исследования модели устройства для камер шлюзов: отчет о НИР / Шведов В. Л. — Л.: ЛИВТ, 1978. — 39 с.
3. Натурные испытания автоматического швартовного устройства АШУ-2 на шлюзе № 1 ВБВП им. В. И. Ленина: отчет о НИР (заключительный) / В. Л. Шведов. — Л.: ЛИВТ, 1981. — 25 с.
4. *Perlman D.* St. Lawrence Seaway: Overview of Safety, Efficiency, Operational, and Environmental Issues: discussion paper / D. Perlman, J. Stanford, E. Wallischeck. — Cambridge, MA: U. S. Department of Transportation, 2017. — 42 p.
5. *William R. Miles P. E.* Navigation improvements for the Welland canal / P. E. William R. Miles // *PIANC-World Congress Panama City, Panama 2018*. 2018.
6. *Williams L. M.* Hands-free mooring for inland USACE Locks, Phase I: technical screening / L. M. Williams, J. D. Cheek, E. A. Hammack, M. M. Johnston, R. E. Smith. — 2023.
7. *Jørgensen U.* Automated Mooring Systems / U. Jørgensen, O. E. Mørkrid, P. R. Bellingmo // *22nd Conference on Computer Applications and Information Technology in the Maritime Industries COMPIT'23*. — 2023.
8. Кузнецов С. С. Обзор технических решений автошвартовых устройств на судоходных шлюзах / С. С. Кузнецов, Н. М. Ксенофонтов, А. А. Буцанец // *Транспортное дело России*. — 2024. — № 4. — С. 223–225.
9. Буцанец А. А. Исследование проблемы построения автоматизированной системы управления для обеспечения безопасного пропуска безэкипажных судов через судоходные шлюзы / А. А. Буцанец, Н. М. Ксенофонтов, Т. А. Волкова // *Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова*. — 2023. — Т. 15. — № 6. — С. 1115–1129. DOI: 10.21821/2309-5180-2023-15-6-1115-1129.
10. Декельман Г. П. Обзор технических решений автошвартовых устройств на причальных сооружениях / Г. П. Декельман, А. А. Буцанец, К. В. Калужный // *Транспортное дело России*. — 2024. — № 4. — С. 214–218.
11. Бутин В. П. Автоматизация швартовки судов при их шлюзовании / В. П. Бутин // *Журнал университета водных коммуникаций*. — 2010. — № 3. — С. 31а-42.
12. Automatic mooring: Technical gap analysis. Report № : OC2022 A-093-Unrestricted. — Norway: SINTEF Ocean AS, 2022. — 23 p.
13. MacGregor [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://www.macgregor.com/globalassets/tts/product-sheets/auto-mooring_4page.pdf (дата обращения: 05.02.2024).
14. *Kuzu A. C.* Analytic comparison of different mooring systems / A. C. Kuzu, Ö. Arslan // *Global Perspectives in MET: Towards Sustainable, Green and Integrated Maritime Transport*. — 2017. — Pp. 265–274.
15. *Nazligul Y. E.* Comparison of automated mooring systems against existing mooring systems by using the IF-TOPSIS method / Y. E. Nazligul, D. Yazir // *Ocean Engineering*. — 2023. — Vol. 285. — Pp. 115269. DOI: 10.1016/j.oceaneng.2023.115269.
16. Заслонов В. В. К вопросу о применении существующих конструкций автоматизированных швартовых устройств в автономном судовождении / В. В. Заслонов // *Морские интеллектуальные технологии*. — 2024. — № 1–1 (63). — С. 251–258. DOI: 10.37220/MIT.2024.63.1.030.

REFERENCES

1. Eksperimental'noe issledovanie opytnogo obraztsa avtomaticheskikh shvartovykh ustroystv na odnom iz shlyuzov Severo-Zapadnogo basseina. Scientific report. L.: LIVT, 1975.
2. Naturnye ispytaniya avtomaticheskikh shvartovykh ustroystv na prichalakh shlyuzov VBVP im. V. I. Lenina i laboratornye issledovaniya modeli ustroystva dlya kamer shlyuzov. Scientific report. L.: LIVT, 1978.
3. Naturnye ispytaniya avtomaticheskogo shvartovnogo ustroystva AShU-2 na shlyuze № 1 VBVP im. V. I. Lenina. Scientific report. L.: LIVT, 1981.
4. Perlman, David, Joseph Stanford, and Eric Wallischeck. *St. Lawrence Seaway: Overview of Safety, Efficiency, Operational, and Environmental Issues: discussion paper*. Cambridge, MA: U. S. Department of Transportation, 2017.
5. William R. Miles, P.E. “Navigation improvements for the Welland canal.” *PIANC-World Congress Panama City, Panama 2018*. 2018.
6. Williams, Locke M., J. D. Cheek, E. A. Hammack, M. M. Johnston, and R. E. Smith. “Hands-free mooring for inland USACE Locks, Phase I: technical screening.” (2023).

7. Jørgensen, Ulrik, Odd Erik Mørkrid, and Pauline Røstum Bellingmo. "Automated Mooring Systems." *22nd Conference on Computer Applications and Information Technology in the Maritime Industries COMPIT'23*. 2023.
8. Kuznetsov, S., N. Ksenofontov, and A. Butsanets. "Overview of technical solutions for mooring devices on shipping locks." *Transport business of Russia* 4 (2024): 223–225.
9. Butsanets, Artem A., Nikolay M. Ksenofontov, and Tamara A. Volkova. "Studying the problem of constructing an automated control system to ensure the safe passage of unmanned vessels through shipping locks." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 15.6 (2023): 1115–1129. DOI: 10.21821/2309-5180-2023-15-6-1115-1129.
10. Dekelman, G., A. Butsanets, and K. Kalyuzhny. "Overview of technical solutions for mooring devices at berthing facilities." *Transport business of Russia* 4 (2024): 214–218.
11. Butin, V. P. "Automation of the mooring of ships during their locking through." *Zhurnal universiteta vodnykh kommunikatsii* 3 (2010): 31a-42.
12. Automatic mooring: Technical gap analysis. Report № : OC2022 A-093-Unrestricted. Norway: SINTEF Ocean AS, 2022.
13. MacGregor. Web. 5 Feb. 2024 <https://www.macgregor.com/globalassets/tts/product-sheets/auto-mooring_4page.pdf>.
14. Kuzu, Ali Cem, and Özcan Arslan. "Analytic comparison of different mooring systems." *Global Perspectives in MET: Towards Sustainable, Green and Integrated Maritime Transport*. 2017. 265–274.
15. Nazligul, Yunus Emre, and Devran Yazir. "Comparison of automated mooring systems against existing mooring systems by using the IF-TOPSIS method." *Ocean Engineering* 285 (2023): 115269. DOI: 10.1016/j.oceaneng.2023.115269.
16. Zaslunov, V. V. "To the question of using existing design automated mooring devices in autonomous navigation." *Marine Intellectual Technologies* 1–1(63) (2024): 251–258. DOI: 10.37220/MIT.2024.63.1.030.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Ксенофонтов Николай Михайлович — кандидат технических наук
 ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова»
 198035, Российская Федерация, Санкт-Петербург, ул. Двинская, 5/7
 e-mail: ksenofontovnm@gumrf.ru

Декельман Григорий Павлович — инженер
 ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова»
 198035, Российская Федерация, Санкт-Петербург, ул. Двинская, 5/7
 e-mail: grishadekelvan@gamil.com

Ольховик Екатерина Евгеньевна — инженер
 ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова»
 198035, Российская Федерация, Санкт-Петербург, ул. Двинская, 5/7
 e-mail: uid@gumrf.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Ksenofontov, Nikolay M. — PhD
 Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping
 5/7 Dvinskaya Str., St. Petersburg, 198035, Russian Federation
 e-mail: ksenofontovnm@gumrf.ru

Dekelman, Grigory P. — Engineer
 Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping
 5/7 Dvinskaya Str., St. Petersburg, 198035, Russian Federation
 e-mail: grishadekelvan@gamil.com

Otkhovik, Ekaterina Ye. — Engineer
 Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping
 5/7 Dvinskaya Str., St. Petersburg, 198035, Russian Federation
 e-mail: uid@gumrf.ru

Статья поступила в редакцию 15 августа 2024 г.
 Received: August 15, 2024.