

УДК 629.124

ИССЛЕДОВАНИЕ И ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО СПОСОБА СЦЕПКИ ТОЛКАЧА С ТОЛКАЕМЫМ СОСТАВОМ

Михеева Татьяна Александровна¹, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры проектирования и технологии постройки судов

e-mail: MiheevaTA@yandex.ru

Сироткина Алина Николаевна¹, бакалавр

e-mail: lina.sirotina.03@bk.ru

¹ Волжский государственный университет водного транспорта, Нижний Новгород, Россия

Аннотация. В период создания и внедрения сцепных устройств, накопления опыта вождения толкаемых составов при воздействии различных эксплуатационных факторов (волнение, мелководье, извилистость судового хода) фиксировались случаи отказов элементов сцепных устройств, что влекло за собой аварии составов. По мере совершенствования навыков эксплуатации составов количество аварий должно было снижаться, однако введение в эксплуатацию новых устройств, накопление износов, а также отсутствие системности при ведении статистических данных, не позволяло провести объективный анализ их аварийности. На основании имеющихся данных выполнено исследование и выбор оптимального способа сцепки толкача с толкаемым составом, обоснована необходимость разработки новых сцепных устройств, совершенствования расчетных методов определения счальных усилий и инновационных подходов к определению технического состояния и методам ремонта.

Ключевые слова: толкач, сцепные устройства, эксплуатационные факторы, буксировка толканием, сцепка состава, виды автосцепов.

RESEARCH AND SELECTION OF THE OPTIMAL METHOD OF COUPLING A PUSHER WITH A PUSHED TRAILER

Tatyana A. Mikheeva¹, Candidate of Technical Sciences and Digitalization, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Design and Technology of Ship Construction

e-mail: MiheevaTA@yandex.ru

Alina N. Sirotkina¹, Bachelor's Degree Student

e-mail: lina.sirotina.03@bk.ru

¹ Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. During the period of creation and implementation of coupling devices, accumulation of experience in driving pushed trains under the influence of various operational factors (waves, shallow water, tortuosity of the shipping channel), cases of failures of coupling device elements were recorded, which entailed accidents of trains. As the skills of operating trains improved, the number of accidents should have decreased, but the introduction of new devices into operation,

the accumulation of wear, as well as the lack of consistency in maintaining statistical data, did not allow for an objective analysis of their accident rate. Based on the available data, a study was carried out and an optimal method for coupling a pusher with a pushed train was selected, the need for developing new coupling devices, improving calculation methods for determining coupling forces and innovative approaches to determining the technical condition and repair methods was substantiated.

Keywords: pusher, coupling devices, operational factors, pushing towing, coupling of a train, types of automatic couplings.

Введение

Наибольшее развитие и совершенствование метода вождения судов толканием пришлось на вторую половину прошлого века. В это время были созданы различные типы сцепных устройств, получивших широкое распространение на водном транспорте. Можно выделить следующие преимущества метода буксировки толканием [1] :

1. Уменьшается сопротивление корпуса толкача, так как он движется в попутном потоке баржи.
2. Увеличивается упор движителя в связи с расположением толкача в попутном потоке.
3. Уменьшается вихревое сопротивление баржи. Попутный поток сопровождается возникновением вихрей, которые образуют, так называемое вихревое сопротивление. Поставленный в этот поток толкач уменьшает размеры потока, а, следовательно, уменьшает и вихревое сопротивление баржи.
4. Уменьшается сопротивление баржи из-за отсутствия струй, отбрасываемых движителем буксировщика при обычном способе буксировки.
5. Отсутствует сопротивление буксирного каната.
6. Возрастает устойчивость воза на курсе вследствие жесткого соединения толкача с баржей, что ведет к уменьшению сопротивления из-за рыскливости.

Сцепка толкаемого состава толкача и баржи является важным аспектом в судоходстве, особенно в условиях внутренних водных путей. Эффективная сцепка обеспечивает безопасность, маневренность и экономичность перевозок. В исследовании рассматриваются различные методы сцепки, их преимущества и недостатки, а также предлагаются оптимальные решения для различных условий эксплуатации.

Способы сцепки толкача с толкаемым составом

Сцепное устройство служит для соединения толкача с толкаемым составом. Соединяют суда с помощью натяжных устройств и сцепных автоматических замков [2]. В зависимости от способа установки разъемные связи во время стыковки подразделяют на ручные, механизированные и автоматические. В настоящее время наиболее часто используются автосцепы – автоматические сцепные устройства, которые представляют собой специальное замковое устройство, закрывающееся автоматически при соприкосновении судов. На речных судах применяют одно и двухзамковые торцовые автосцепы (рис. 1).



Рисунок 1 – Виды автосцепов

Автоматические сцепные устройства, предназначенные для толкания баржи относятся к жесткой сцепке. Жесткая сцепка между толкачом и баржей представляет собой один из наиболее надежных способов соединения, обеспечивающий стабильность и безопасность при транспортировке. В такой сцепке используют специальные соединительные устройства, такие как балки или рамы, которые фиксируют баржу к толкачу. Это соединение не допускает значительных относительных движений между судами. Жесткая сцепка обеспечивает высокую степень устойчивости во время движения, особенно при сильных волнах или в условиях плохой погоды. Минимизация относительных движений между судами снижает риск аварий и повреждений. Позволяет более эффективно передавать тяговые усилия от толкача к барже, что особенно важно при буксировке тяжелых грузов. Однако, жесткая сцепка не позволяет судам свободно маневрировать, что может быть проблемой в узких или сложных водах [3].

На речных толкачах мощностью от 110 до 1400 кВт в основном используются речные однозамковые автосцепы клешневого типа (рис. 2).

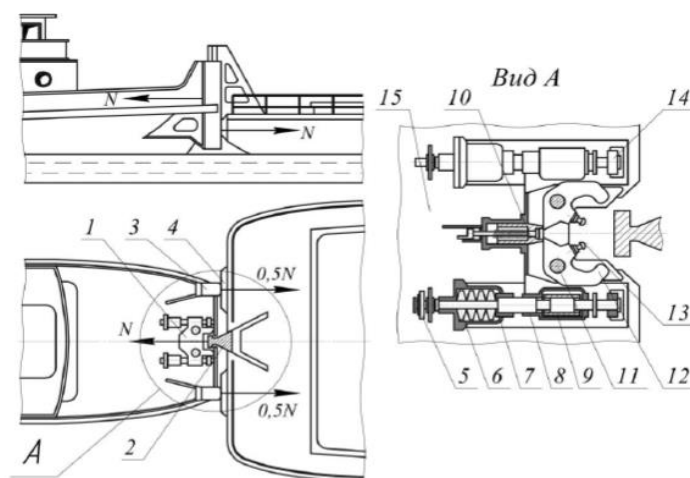


Рисунок 2 – Однозамковый речной автосцеп с замком Р-100:

1 – автосцепной замок; 2 – сцепная балка; 3 – упорная балка толкача; 4 – контактная часть баржи; 5 – трещотка; 6 – тарельчатые пружины; 7 – амортизатор; 8 – шток подвески; 9 – плавающая гайка; 10 – клин; 11 – ось клешни; 12, 13 – регулирующие кулачки; 14 – цепной привод; 15 – опора винта

Замок укрепляют в носовой части толкача в ДП. В кормовой оконечности баржи устанавливают массивную вертикальную балку таврового профиля, за которую цепляют клешни замка. Последние удерживаются в замкнутом положении запорным клином при помощи двух пружин. Автосцеп позволяет быстро соединить толкач с баржей без затраты физического труда. Раскрывается замок, как правило, из рулевой рубки толкача при помощи дистанционного устройства.

Толкачи мощностью от 220 до 2900 кВт, которые эксплуатируют на озёрах и в прибрежных морских районах оснащают озёрными однозамковыми автосцепами. На озерных автосцепках для уменьшения влияния качки дополнительно устанавливают продольные и поперечные пружинные амортизаторы. Подвеска автосцепного замка толкача (рис. 3) соединяет все элементы замка в одно целое, обеспечивает его поперечную подвижность, регулирование вылета головки и продольную амортизацию [4].

Амортизация осуществляется благодаря тарельчатым пружинам, набираемым на шток подвески. Число пружин у замков для толкачей больше, чем у баржевых замков. Этим обеспечивается большой ход амортизатора замка толкача. Запирающие детали головки замка (клешни, крюк, кулачок) образуют самотормозящий механизм, не раскрывающийся при нагружении клешней. Раскрывается замок только после принудительного поворота кулачка с помощью лебедки. Применение продольных и поперечных амортизаторов позволяет озерным замкам иметь необходимые степени свободы и поперечную подвижность, что позволяет использовать их в волновых условиях.

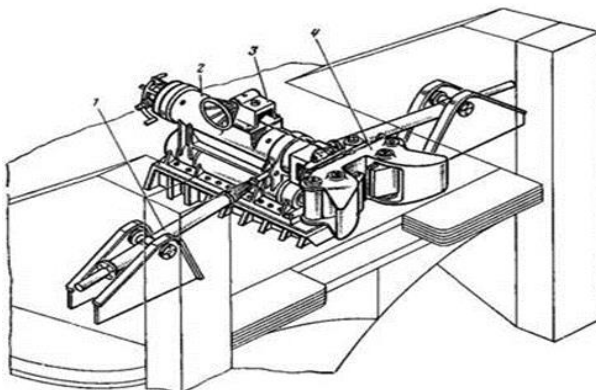


Рисунок 3 – Носовая оконечность толкача с однозамковым озерным автосцепом:

1 – поперечный амортизатор; 2 – подвеска; 3 – лебедка для расцепки автосцепки; 4 – головка замка

Для более тяжелых барж и в условиях сильного волнения используют универсальные двухзамковые автосцепы. Универсальные двухзамковые автосцепы (УДР) широко распространены на реках Сибири и Дальнего Востока. Два крюкообразных замка правого и левого бортов (рисунок 4) перемещаются в направляющих, которые одновременно являются упорами [5].

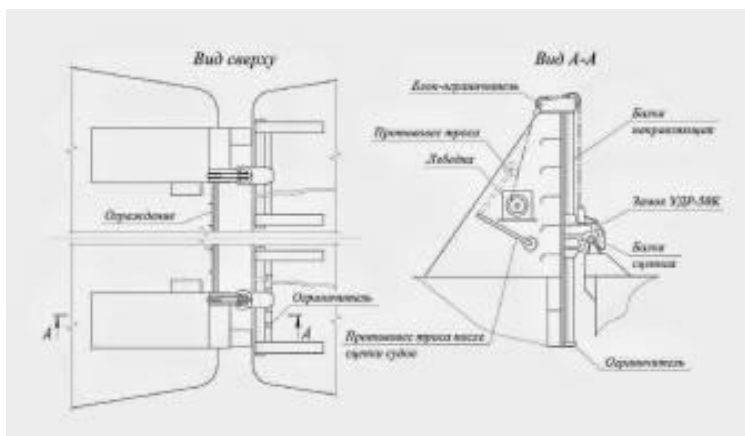


Рисунок 4 – Учалка баржи при помощи универсального двухзамкового автосцепки УДР-50К

Перед автосцепкой замки находятся на защелке в крайнем верхнем положении. При сближении носовой части толкача с транцем баржи защелка с помощью поворотного

устройства утапливается, замок падает в направляющей и зацепляется за сцепную балку. Основу сцепной балки составляет круглая стальная штанга, закрепленная в кормовой оконечности баржи. Расцепку замка осуществляют лебедкой, с помощью которой затем поднимают замок в исходное положение. Автосцепы УДР отличает простота конструкции и надежность соединения состава [6].

Толкание большегрузных двух- и трехниточных составов потребовало создания бортовых сцепных устройств, которые также используются при транспортировке грузов, которые необходимо обезопасить от вибрации и колебаний. Конструкция такого устройства позволяет при бортовой сцепке одну баржу подводить к другой, стоящей у причала, под некоторым углом, обеспечивая первоначально сцепку носового замка. Затем производится сцепка кормового замка. При этом носовой замок воспринимает как поперечные, так и продольные усилия, а кормовой – только поперечные [7].

Сцеп с изгибающим устройством применяют для осуществления независимого поворота судна в составе при движении по узким участкам малых рек. Наиболее распространены изгибающие гидравлические устройства.

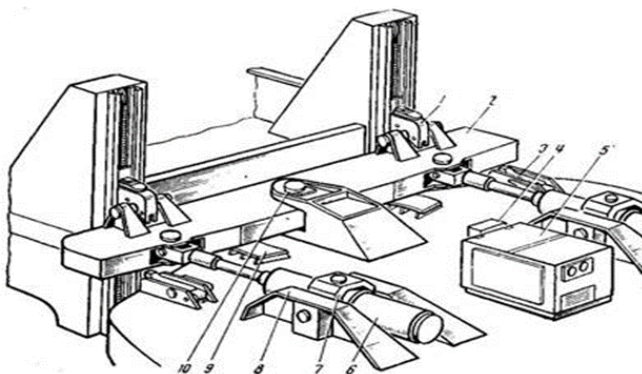


Рисунок 5 – Изгибающее устройство с поворотной балкой:

1 – автосцеп УДР; 2 – поворотная балка; 3 – фиксатор нейтрального положения; 4 – станция управления; 5 – насосная станция; 6 – гидроцилиндр; 7 – карданный подвес; 8, 9 – опоры гидроцилиндра и поворотной балки; 10 – кронштейн центральной оси поворота

Сравнение преимуществ и недостатков однозамкового и двухзамкового автосцепов

В связи с тем, что модели однозамкового и двухзамкового автосцепов применяются на речных и озёрных толкачах наиболее часто, при изучении условий применения этих автосцепов была разработана сравнительная таблица 1, где отражены их преимущества и недостатки [8].

Таблица 1. Сравнение автосцепов по конструктивным и эксплуатационным параметрам

Параметры	Однозамковый автосцеп	Двухзамковый автосцеп
Конструкция	-Имеет один замок, который соединяет толкач (буксир) с баржей. -Простая конструкция, что делает его легче и дешевле в производстве.	-Имеет два замка, что обеспечивает более надежное соединение между толкачом и баржей. -Более сложная конструкция, что может увеличить вес и стоимость.

Безопасность	-Менее надежен в условиях сильных нагрузок и вибраций, так как один замок может не всегда обеспечить достаточное сцепление. -Риск расцепления при резких маневрах или сильных волнах.	-Обеспечивает более высокий уровень безопасности благодаря дополнительному замку, который предотвращает расцепление. -Лучше справляется с нагрузками и вибрациями, что особенно важно в условиях открытых водоемов.
Эксплуатационные характеристики	-Может быть использован для менее нагруженных барж или в спокойных водах. -Упрощенное обслуживание и ремонт.	-Подходит для более тяжелых барж и в условиях сильного волнения. -Может требовать более сложного обслуживания из-за своей конструкции.
Области применения	-Чаще используется на внутренних водных путях, где требования к безопасности не столь высоки. -Подходит для транспортировки менее тяжелых грузов. -Применяются в европейской части России	-Используется на более нагруженных водных путях и в условиях повышенных требований к безопасности. -Идеален для транспортировки тяжелых и ценных грузов, где критически важна надежность сцепления. -Применяется на реках Сибири и Дальнего Востока.

В таблице 2 представлено сравнение бортового и изгибающего сцепов, где выполнено исследование их преимуществ и недостатков [9].

Таблица 2. Сравнение бортового и изгибающего сцепа по конструктивным и эксплуатационным параметрам

Параметры	Бортовое сцепное устройство	Сцеп с изгибающим устройством
Конструкция	-Бортовые устройства представляют собой жесткие конструкции, которые фиксируют баржу к толкачу. -Обычно включают в себя системы замков и крюков, которые обеспечивают надежное соединение.	-Изгибающие устройства имеют более гибкую конструкцию, позволяющую некоторую степень движения между толкачом и баржей. -Обычно включают в себя шарнирные соединения или системы с амортизацией.
Безопасность	-Высокий уровень безопасности благодаря жесткому соединению, что снижает риск расцепления. -Однако могут быть менее эффективными при маневрировании или в условиях сильных волн.	-Хотя изгибающие устройства могут быть менее надежными в плане жесткости соединения, они могут предотвратить повреждения от резких движений. -Снижают риск повреждения как толкача, так и баржи при столкновениях или сильных волнах.
Эксплуатационные характеристики	-Обеспечивают стабильное соединение между толкачом и баржей, что минимизирует движение относительно друг друга. -Подходят для прямолинейного движения и стабильных условий.	-Позволяют барже немного "играть" относительно толкача, что может быть полезно при маневрировании и в условиях волнения. -Обеспечивают лучшую адаптацию к изменяющимся условиям водной поверхности.

Области применения	-Используются в основном на внутренних водных путях и при перевозке грузов, требующих высокой степени стабильности. -Подходят для ситуаций, где важно поддерживать постоянное положение баржи относительно толкача.	-Чаще используются в открытых водоемах и в условиях, где требуется маневренность. -Подходят для транспортировки грузов, которые могут подвергаться вибрациям и колебаниям. -На боковых и малых реках со значительным искривлением судового хода соединение в кильватер баржи с баржей или самоходного грузового судна с грузовой приставкой нередко выполняется в виде сцепа с изгибающим устройством.
--------------------	--	--

Пути совершенствования и модернизации автосцепов с целью повышения их эксплуатационной безопасности

Стандартными путями совершенствования и модернизации автосцепов толкачей для повышения их эксплуатационной безопасности могут быть следующие [10]:

1. Разработка новых сцепных устройств. Необходимо совершенствовать расчётные методы определения счальных усилий, которые возникают при воздействии различных эксплуатационных факторов.

2. Разработка подходов к определению технического состояния и методов ремонта.

3. Установка электропривода и системы дистанционного управления. Это позволит обеспечить надёжное, быстрое и безопасное сцепление толкача с буксируемым объектом, уменьшить время манёвров и облегчить условия труда обслуживающего персонала.

4. Уменьшение усилий на рычаге открытия замка. Можно уменьшить диаметр кулачка при изменённых плечах тяги и горизонтальном расположении удлинителя рычага.

5. Обеспечение возможности дистанционного открывания замка. Для этого можно использовать пневмоцилиндр, в который подается воздух из рулевой рубки судна.

Очень важно при модернизации автосцепы учитывать, что сцепка толкача и толкаемого состава связана с опасными и вредными факторами, поэтому необходимо обеспечивать безопасные условия труда.

Однако модернизация процесса сцепки толкача и толкаемого состава может осуществляться и за счёт усовершенствования конструкции корпуса баржи. С этой целью предлагается заложить в проектное решение конструкции баржи углубления, которые при сцепке с толкачами играют важную роль в обеспечении безопасности, эффективности и надёжности водного транспорта [10]. Они выполняют несколько важных функций:

1. Улучшение сцепки: Углубления помогают обеспечить более плотное и надёжное соединение между толкачом и баржей, что увеличивает эффективность передачи сил и уменьшает вероятность смещения.

2. Снижение нагрузки: Углубления могут помочь распределить нагрузки более равномерно по поверхности соединения, что снижает риск повреждения, как толкача, так и баржи.

3. Аэродинамика и гидродинамика: Углубления могут улучшить обтекаемость баржи в воде, снижая сопротивление и повышая общую эффективность движения.

4. Упрощение монтажа: Наличие углублений может облегчить процесс установки и демонтажа сцепки, позволяя быстрее и удобнее фиксировать или освободить соединение.

5. Снижение вибраций: Углубления могут помочь в амортизации ударов и вибраций, возникающих при движении, что также способствует увеличению срока службы судов. В



целом, углубления в баржах являются важным элементом конструкции, который способствует улучшению функциональности и безопасности при эксплуатации судов.

Выводы

При выборе оптимального способа сцепки необходимо учитывать ряд факторов, которые будут способствовать принятию решения в данном вопросе:

1. Тип водоема: на реках с сильным течением или в условиях мелководья предпочтительнее использовать гибкую сцепку с возможностью регулировки длины троса для адаптации к изменяющимся условиям.
2. Грузоподъемность: для тяжелых грузов наиболее целесообразно использовать жесткую сцепку.
3. Скорость движения: для высокоскоростных перевозок лучше подходит жесткая сцепка с усиленными конструкциями для обеспечения прочности и устойчивости.
4. Условия эксплуатации: в условиях сильного волнения или плохой видимости гибкая сцепка может обеспечить большую безопасность.
5. Для комбинированных условий эксплуатации: разработка комбинированной системы, которая позволит переключаться между жесткой и гибкой сцепкой в зависимости от условий эксплуатации.

Список литературы:

1. Сцепные устройства буксирных судов [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://sea-man.org/scepnnoe-ustroystvo.html> (Дата обращения 21.04.2025).
2. Сторожев Н.Ф. Судовые сцепные устройства. – Изд. 2-е перераб. И доп. – М.: Транспорт, 1978. – 272 с.
3. Преснов С.В. Метод определения усилий в счалах толкаемых составов смешанного (река-море) плавания / С.В. Преснов. М.: ООО ИПК «Корабел» - 2006 -89с.
4. Устройство и принцип действия автосцепов [Электронный ресурс] Режим доступа: https://studwood.net/1644521/tehnika/ustroystvo_printsip_deystviya_avtostsepov/ (Дата обращения 25.05.2022).
5. Российское Классификационное Общество. Правила классификации и постройки судов. Часть 5. (раздел 5 Буксирное и сцепное устройства)
6. Патент Кормовая оконечность несамоходного судна. Кеслер А.А. - 2021 г [Электронный ресурс] Режим доступа: https://studopedia.ru/11_16243_vidi-i-printsip-deystviya (Дата обращения 10.04.2025).
7. Виды и принцип действия автосцепов [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://avtostsepov.html?ysclid=m9dybx14gq931216110> (Дата обращения 10.04.2025).
8. Сцепные устройства толкаемых составов. Состав сцепного устройства толкаемых судов и толкачей [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://samvguvт.livejournal.com/56445.html> (Дата обращения 10.04.2025).
9. Управление судами и правила плавания. Методические указания — часть 6 [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://3uch.ru/textbook/detu/reatha/frillab> (Дата обращения 10.04.2025)
10. Швартовое, буксирное и сцепное устройства [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://cyberpedia.su/12xd5c2.html> (Дата обращения 21.04.2025).

