

УДК 629.122

## ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО СОСТАВАМ СМЕШАННОГО ПЛАВАНИЯ

Зольникова Елена Михайловна<sup>1</sup>, магистрант

*e-mail:* [elena.zolnickova2011@yandex.ru](mailto:elena.zolnickova2011@yandex.ru)

Кеслер Анатолий Александрович<sup>1</sup>, кандидат технических наук, доцент

*e-mail:* [anatoly.kesler@yandex.ru](mailto:anatoly.kesler@yandex.ru)

<sup>1</sup> Волжский государственный университет водного транспорта, Нижний Новгород, Россия

**Аннотация.** В статье переведены результаты аналитических исследований по обоснованию технических решений по составам смешанного плавания, как отечественных исследователей, так и зарубежных. На основе этих исследований проводился анализ выбора сцепного устройства для составов смешанного плавания и поднимается вопрос импортозамещения зарубежных технологий отечественным аналогом.

**Ключевые слова:** исследования, составы смешанного плавания, импортозамещение, буксир - толкач, Arcticoupler KVC3545.

## JUSTIFICATION OF TECHNICAL SOLUTIONS FOR RIVER-SEA NAVIGATION FLEET

Zolnikova Elena Mikhailovna<sup>1</sup>, Master's Degree Student

*e-mail:* [elena.zolnickova2011@yandex.ru](mailto:elena.zolnickova2011@yandex.ru)

Kesler Anatolij Aleksandrovich<sup>1</sup>, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

*e-mail:* [anatoly.kesler@yandex.ru](mailto:anatoly.kesler@yandex.ru)

<sup>1</sup> Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

**Abstract.** The article translates the results of analytical studies to substantiate the technical solutions of the river-sea fleet, both domestic and foreign researchers. Based on these studies, an analysis was carried out of the choice of coupling device for the river-sea fleet and the issue of import substitution of foreign technologies with a domestic analogue was raised.

**Keywords:** studies, river-sea fleet, import replacement, tug - pusher, Arcticoupler KVC3545.

В связи с последними мировыми событиями возникла необходимость импортозамещения. Опасность такого развития страна осознала в 2014 году, когда первая волна санкций сделала затруднительным ведение дел вместе с партнёрами из Европы, США и других стран. Это сразу отразилось на российской экономике, которая замедлилась. 2015 год прошёл под «знаком новой экономической реальности», то есть стагнации. Тогда и заговорили про импортозамещение.

Для реализации данного вопроса необходимо поднять ранние исследования как Российских, так и западных учёных.

Ещё в 1998 году были предложены конструктивно-технические решения, которые нашли отражение при создании базовых проектов судов нового конструктивного исполнения. Одним из таких трудов была диссертация Лобастова В.П. [1].

В ней были выявлены специфические особенности толкаемых составов смешанного плавания и исследовано влияние их проектных характеристик на параметры качки, волновые нагрузки, сопротивление движению. Определены основные особенности формирования обводов корпусов секций состава. Разработаны рекомендации по дополнительным условиям к расчётам остойчивости состава на тихой воде и на волнении.

Экспериментальные исследования качки, волновых нагрузок и мореходности двухсекционного состава показали, что поведение секции на волнении, его мореходные качества и ходкость, а также усилия в корпусе и сцепе определяются целым рядом гидродинамических и конструктивных особенностей. К числу наиболее важных следует отнести: тип сцепного устройства, главные размерения и их соотношение, положение сцепного устройства по длине состава, конструктивный тип кормовой оконечности грузовой секции. Чет этих факторов даёт возможность при проектировании Толкаемых составов смешанного плавания (ТССП) за счёт конструктивных мероприятий добиваться существенного улучшения их мореходных качеств и эффективности.

При выборе судового устройства определяющим фактором является количество степеней свободы относительных перемещений секций, предоставляемых сцепным устройством.

Применение жёсткого сцепа позволяет радикально улучшить обитаемость энергетической секции в условиях волнения. Так килевая качка энергетической секции при жёстком сцепе в 2 – 3 раза меньше, чем при шарнирном сцепе с одной степенью свободы.

Со снижением килевой качки энергетической секции связано также снижение дополнительного сопротивления на волнении. В зависимости от частоты волнения дополнительное сопротивление "жёсткой" модели может быть в 1,5 – 2 раза ниже дополнительного сопротивления модели с шарнирным сцепом секций.

Однако, такое существенное улучшение некоторых мореходных качеств состава, достигается ценой резкого увеличения, примерно, в 3 – 4 раза вертикальных усилий в сцепе и в 1,4 – 2 раза вертикального изгибающего момента на миделе баржи по сравнению с составом с шарнирным соединением секций.

При выборе места расположения сцепа по длине состава, при шарнирном соединении секций достаточно эффективным средством воздействия на мореходные и прочностные качества состава является изменение положения оси шарнира по длине. В наибольшей мере положение оси сцепа влияет на качку энергетической секции и величину вертикального усилия в сцепе. Для улучшения этих характеристик мореходности и прочности необходимо стремиться: к максимально возможному (насколько возможно большему) выдвигению шарнира в нос толкача. Следует отметить, что это смещение благоприятно также для исключения оголения движителей.

На горизонтальные усилия в сцепе положение сцепного устройства и его тип практического влияния не оказывают.

При проектировании кормовой оконечности баржи рассматривалось конструктивное решение по созданию углубления для носа толкача или же рецесса.

Дополнительные возможности улучшения ходовых и мореходных качеств состава с врезным упором связаны с выбором размеров и формы рецесса грузовой секции.

Удлинение рецесса, особенно на переднем ходу, благоприятно влияет на килевую качку энергетической секции, что обусловлено умерением возмущающего воздействия волнения

из-за экранирующего действия скегов. Наиболее заметно это волнение на сравнительно коротких волнах.

Испытания показали, что соединение толкача с баржой с помощью шарнирного сцепа положительно сказывается на продольной качке толкача. Но при этом из-за одерживающего эффекта энергетической секции ухудшается всхожесть грузовой секции на волну. Для обеспечения лучших мореходных качеств состава по результатам модельных и натурных испытаний установлено, что вместо ложкообразного или санеобразного носа лучше применять полные обводы с V-образными шпангоутами, имеющими увеличенный развал борта в надводной части. Угол наклона форштевня рекомендуется применять в диапазоне от 70° до 90°.

В 1997 году компания Marine Heavy Lift Partners (MHLP) и консалтинговая фирма MARVECO обсудили с Институтом морских исследований Нидерландов (MARIN) проектирование и разработку новой концепции буксира и баржи [2].

Для достижения нужных целей необходимо было иметь комбинацию с возможностью простой замены речного и морского буксира, сохраняя баржу неизменной и, таким образом, избегая перегрузки и связанных с этим потерь времени. Однако такая концепция требовала тщательных исследований, чтобы гарантировать не только хорошие пропульсивные свойства как на мелководье, так и на большой глубине, но и хорошую мореходность и манёвренность.

Система баржа - толкач не должна создавать недопустимых волн во время плавания по реке, чтобы защитить берега. Конечно, высота мостов и перепады уровней воды в реке также оказали влияние на дизайн этой комбинации.

Все эти соображения привели к следующему:

- система толкающих барж;
- стандартный речной буксир-толкач на реке;
- морской буксир-толкач в море.

На корме толкающей баржи расположены следующие приспособления, оба судна могут подключаться к существующим и хорошо зарекомендовавшим себя системам сцепки. На реке сцепка будет осуществляться обычным способом с использованием лебёдок и тросы, в то время как в море была выбрана шарнирная система. С помощью шарнирной системы буксир и баржа могут быть просто соединены при различных сочетаниях осадки. Были разработаны два основных типа муфт: с фрикционным зацеплением и с зубчатым зацеплением, каждая из которых имеет свои специфические характеристики. Для этого проекта используется K-образная муфта (с зубчатым зацеплением), которая отличается большей прочностью конструкции и способна выдерживать практически любые погодные условия и воздействие моря и принята международными классификационными обществами для обозначения нормального класса. Схематический чертёж приведён на рисунке 1.



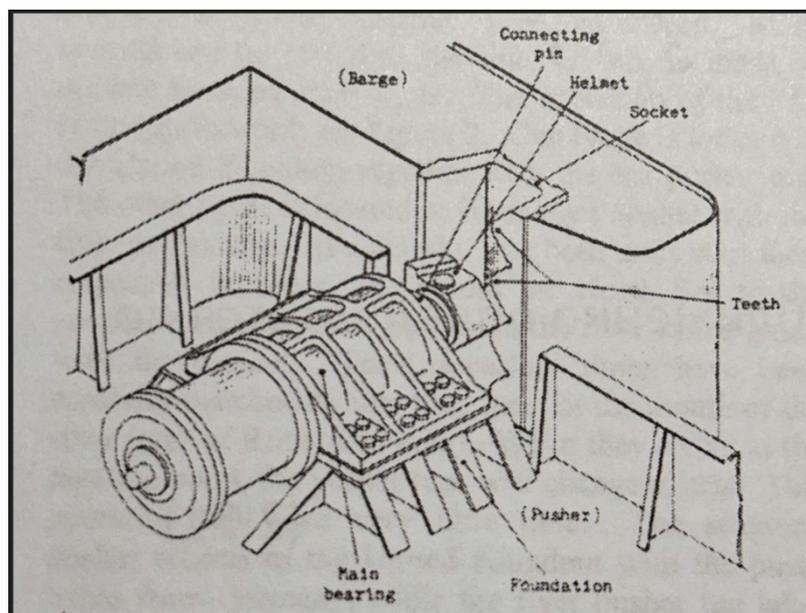


Рисунок 1 – Версия шарнирной К-пары

Помимо конструктивных соображений, для оптимизации формы корпуса и соединения между буксиром и баржей были использованы инструменты CFD (вычислительной гидродинамики). После этого была проведена серия модельных испытаний в спокойной воде как на большой глубине, так и на ограниченной. Учитывая потребность в хороших и безопасных мореходных качествах, была проведена серия испытаний на мореходность и манёвренность.

В феврале 2013 года Средне-Невский судостроительный завод заключил контракт с компанией ООО «П.ТрансКо» на строительство шести буксиров -толкачей проекта 81.

Буксиры проекта 81 предназначены для толкания и кратковременной буксировки барж с полезной нагрузкой 4300 тонн и скоростью более девяти узлов.

Наиболее интересной частью судна является патентованное бортовое сцепное устройство типа Arcticoupler KVC3545 фирмы Taisei Engineering Consultant Inc (Япония). За счёт автоматики автосцепов может обеспечиваться соединение баржи с буксиром-толкачом при разнице в осадке между судами до 150 мм.

Бортовое сцепное устройство типа «Arcticoupler» – самоцентрирующийся автосцеп, который может сдерживать любое отрицательное влияние переноса осей, неизбежно возникающего в обычной судостроительной практике. Соединение может обеспечиваться практически при любой разнице в осадке между баржей и буксиром - толкачом за короткое время за счёт дистанционного управления с мостика буксира - толкача.

Благодаря тому, что баржа и буксир связаны между собой одной осью, на волнении состав имеет определённую свободу, что снижает нагрузку на корпуса судов.

Проведя анализ исследований и технических решений по составам смешанного плавания, как Российских, так и зарубежных учёных, и инженеров можно сделать вывод, что все идеи приходят к использованию сцепных устройств шарнирного типа. Такой вид сцепного устройства позволяет производить сцепку буксиров-толкачей и барж с разной осадкой, уменьшает сопротивление движения и увеличивает манёвренность толкаемого состава.

Так же в нашей стране уже были попытки использовать данную технологию сцепки. Были построены буксиры - толкачи проекта 81 и баржи проекта 82. Но так как автосцеп типа Arcticoupler KVC3545, используемый в данных проектах, поставлялся Японской фирмой Taisei Engineering Consultant Inc, необходимо рассмотреть вопрос об

импортозамещении данной технологии отечественными аналогами. Ведь Япония является одной из стран поддерживающих пакет санкций против России, в вопросе поставок технологий.

**Список литературы:**

1. Лобастов, В.П. Обоснование и разработка новых технических решений по судам смешанного плавания / В.П. Лобастов. – Н. Новгород: Изд-во ОАО ОКБ «Вымпел», 1998. – С. 32.

2. Henk H. Valkhof, Teun Hoogeveen, Reint P. Dallinga, Serge L. Toxopeus, Timo F. Verwoest. A Tug and barge system for sea and river service / – SNAME Annual meeting, 2000. – С. 24.

