

2. Войкутинский, Я.И. Справочник по теории корабля: в трех томах. Том 1. Гидромеханика. Сопротивление движению судов. Судовые движители / Под ред. Я. И. Войткунского. – Л.: Судостроение, 1985. – 768 с., ил.

УДК 629.1

Е.В. Афанасьева, Р.М. Колпаков, И.Д. Лохан,  
Белорусский национальный технический университет,  
Минск, Республика Беларусь

**АНАЛИЗ ТЕХНИКО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК  
БАРЖЕ-БУКСИРНЫХ СОСТАВОВ, ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ НА  
ВНУТРЕННИХ ВОДНЫХ ПУТЯХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ В  
УСЛОВИЯХ МЕЛКОВОДЬЯ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО  
ИХ МОДЕРНИЗАЦИИ**

*Научный руководитель – Качанов И. В., д.т.н, профессор, Ленкевич С. А.*

При выполнении научно-технического договора №2402/20с от 02.06.2020 г. с ОАО «Белсудопроект» были проведены следующие виды работ:

- анализ современной научно-технической литературы в области эксплуатации барже-буксирных составов на внутренних водных путях (реки, каналы, озера, водохранилища), в том числе Республики Беларусь;
- теоретические и экспериментальных исследования технико-эксплуатационных характеристик барже-буксирных составов, эксплуатируемых на внутренних водных путях, в том числе на мелководье;
- разработка технических предложений, в том числе рекомендаций, по модернизации барже-буксирных составов с целью определения их оптимальных технико-эксплуатационных характеристик.

Проведенные исследования позволили сделать следующие выводы и дать некоторые рекомендации по модернизации барже-буксирных составов:

1. Расчетным методом установлено, что при эксплуатационной скорости барже-буксирного состава (буксир-толкач проекта 570+баржа проекта 775) 8 км/час сила сопротивления движению в режиме буксировки на 36 % больше чем в режиме толкания.

2. По результатам экспериментальных исследований установлено, что при скорости потока воды  $v = 0,18$  м/с (7 км/ч), сила сопротивления  $X$  движению моделей состава (буксир-толкач проекта 570+баржа проекта 775) в режиме буксировки на 40 % больше, чем при режиме толкания. С ростом скорости эта разница возрастает и при скорости  $v = 0,28$  м/с (10 км/ч) сила сопротивления движению при буксировке, почти в два раза больше, чем при режиме толкания.

Сравнение результатов расчета (36 %) и эксперимента (40 %) показывает их достаточно хорошую сходимость (корреляцию).

3. По результатам испытаний для состава с баржей с измененным соотношением  $L/B = 5,43$  и увеличенной грузоподъемностью корпуса баржи и различными обводами носовой части в режимах толкания и буксировки установлено, что при малых скоростях (6–8 км/ч) лекальные обводы повышают эффективность движения состава даже при режиме буксировки. Однако при выходе на рабочие скорости (8–10 км/ч) режим толкания эффективнее для всех типов обводов, а при режиме буксировки сопротивление движению резко возрастает на 25–30 % в зависимости от типа обводов.

4. Из вышеперечисленного следует, что наличие толкача за составом улучшает обтекание кормовой оконечности концевой (последнего в составе) судна и тем самым снижает коэффициент счала, т. е. при прочих равных условиях коэффициент счала толкаемых составов всегда меньше, чем буксируемых. Поэтому для толкания состава требуется меньшая мощность (на 12–29 %), чем для его буксировки на тросе. Толкаемые составы имеют меньшее сопротивление воды движению, по сравнению с буксируемыми, вследствие отсутствия влияния потока, отбрасываемого движителем, и рыскливости состава относительно толкача, а также из-за того, что толкач находится в зоне попутного потока от состава (буксировочный к.п.д. возрастает на 20–51 %).

5. С целью модернизации баржи проекта 775 для снижения сопротивления движению баржевого состава предложены пневматическая и конструктивная схемы для создания воздушной каверны под днищем судна, включающая систему кавернообразования, состоящую из трех установленных на днище продольных ограничительных скегов-ресиверов как источника принудительной подачи воздуха под днище судна для создания и поддержания образованной воздушной каверны. Проведенная модернизация позволит повысить эксплуатационные характеристики судна в условиях ограниченности фарватера и на мелководье (снижение сопротивления движению на 10–15 %).

6. Разработаны конструкторские эскизы для реализации воздушной каверны с укрупненным подсчетом требующихся элементов пневмосистемы, материалов и компрессорного оборудования при модернизации. Рекомендован следующий компрессор – винтовой компрессор модель HGS 11 (2шт), который имеет следующие характеристики: максимальное давление – 7,5 бар; производительность – 102 м<sup>3</sup>/час; мощность – 11 кВт.

7. Установлено, что для тихоходных судов с полными обводами корпуса рекомендуется применять строевые по шпангоутам, имеющие выпуклую или прямую носовую ветвь, а кормовая ветвь должна иметь вид прямой линии.

8. Для баржи проекта 775 кормовая оконечность имеет обводы типа «сани» с углами притыкания в кормовой оконечности судна  $11^\circ$ , поэтому можно рекомендовать сохранение кормовой оконечности без изменений.

9. По результатам экспериментальных исследований установлено, что модель с лекальными обводами и носом с углом подъема  $25^\circ$  и малой килеватостью показала наилучший результат как в сравнении с прототипом баржи пр. 775, так и моделью с плоским носом. Снижение сопротивления движению при буксировке в сравнении с прототипом достигало 13 %, а в режиме толкания – 14 %. Следовательно, можно рекомендовать форму обводов с лекальными обводами и носом с углом подъема  $25^\circ$  и малой килеватостью для модернизации баржи проекта 775.

10. По результатам экспериментальных исследований для моделей с измененным соотношением  $L/B = 5,43$  и увеличенной грузоподъемности (до порядка 1700 т) установлено, что модель с носовой частью типа «сани» с плоским носом и углом подъема  $22^\circ$  в режиме толкания демонстрирует преимущество при числах Фруда до значения  $Fr = 0,25$  (8–9 км/ч), а при дальнейшем увеличении скорости сопротивление движению возрастает на 10 % в сравнении с моделями с лекальными обводами. К тому же, плоская форма обводов подвержена повышенному силовому воздействию на корпус в носовой части при движении на открытой воде, что сужает возможности транспортировки грузов по районам плавания. Тем не менее, данную форму обводов можно рекомендовать для судов эксплуатирующихся на мелководье с низкими скоростями передвижения, либо в качестве второго судна в баржевом кильватерном составе с расширением районов плавания.

11. Установлено, что модели при  $L/B = 5,43$  с лекальными обводами при скоростях эксплуатации демонстрируют практически паритет по значениям сопротивления движению. Однако при скоростях движения свыше 10 км/ч модель с лекальными обводами и носом с углом подъема  $25^\circ$  с малой килеватостью показывает снижение сопротивления движению порядка на 8 % в сравнении с моделью с лекальными обводами и ложкообразным носом. Таким образом, оба варианта лекальной формы обводов можно рекомендовать для изготовления корпуса баржи. Причем, данные типы обводов можно рекомендовать в качестве обводов головной баржи в кильватерном составе с возможностью эксплуатации как на мелководье, так и на крупных водоемах и озерах.

12. При определении предпочтительной формы лекальных обводов и разработке проекта баржи с соотношением  $L/B = 5,43$  и увеличенной грузоподъемности следует руководствоваться наибольшей технологичностью изготовления корпуса баржи, а также возможностью использования для

постройки части годных материалов и конструкций корпусов судов, подлежащих списанию.

УДК 626/627

Н.Я. Шпилевский, Н.В. Седляр, О.А. Шавловская  
Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь

## **ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ БЕЛАРУСИ И МИРА И ИХ СРАВНЕНИЕ**

*Научный руководитель – Медведева Ю.А.*

На сегодняшний день вопрос о сохранении природы и экологии – один из основных вопросов, рассматриваемых в мире. Один из пунктов, который может быть использован для способствования решению этого вопроса – это использование возобновляемых источников энергии, выработка «чистой» электроэнергии, то есть выработка электроэнергии без выбросов и загрязнений природы, либо с их минимальным количеством. И в этом всё может помочь использование таких способов выработки электроэнергии, как на различных видах ГЭС и в целом гидротехнические сооружения. На сегодняшний день актуально сравнить гидротехнические сооружения в разных странах мира и Беларуси, в частности.

Гидротехнические сооружения – это объекты, которые используются для регулирования, использования и защиты водных ресурсов. Они могут быть разных типов, в зависимости от их цели, места расположения и характера воздействия на водные потоки. Некоторые из них имеют большое историческое, культурное и экономическое значение, а также являются достопримечательностями и символами разных стран и городов.

Гидротехнические сооружения Беларуси достаточно разнообразны и в нашей стране насчитывается около 10 тысяч гидротехнических сооружений, имеющие свои особенности и цели использования. Основными из них являются:

– водохранилища, созданные путем строительства дамб и плотин на реках. В Беларуси насчитывается 105 водохранилищ общей площадью более 100 тысяч гектаров. Самыми крупными из них являются: Вилейское, Чигиринское, Днепровское, Заславское. Водоохранилища используются для регулирования стока, обеспечения водоснабжения, судоходства, рыболовства, отдыха и т.д.;

– гидроэлектростанции, предназначенные для производства электроэнергии из водной энергии. В Беларуси функционируют