

ВЛИЯНИЯ ФОРМЫ ОБВОДОВ БАРЖИ НА СОПРОТИВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЮ СОСТАВА СУДОВ НА ОСНОВЕ БУКСИРА-ТОЛКАЧА ПРОЕКТА 570 И БАРЖИ ПРОЕКТА 775

*профессор, д т. н И.В. Качанов, доцент, к. т. н В.А. Ключников научный
сотрудник НИЛ ОМД С.А. Ленкевич,, студент Климович В.А., студент Махнач Н.А.
Белорусский национальный технический университет*

Введение

В настоящее время на водных путях в Республике Беларусь достаточно интенсивно эксплуатируются барже-буксирные составы в режиме толкания и буксировки. Эксплуатируемые составы, как правило, включают в себя буксир проекта 570 и баржу проекта 775. Рациональное и эффективное использование подобных составов судов является весьма актуальной задачей для предприятия речного транспорта Республики Беларусь. Решение этой задачи в свою очередь тесно связано со снижением сопротивления движению составов во время их эксплуатации на белорусских водотоках (Днепр, Зап.Двина, Неман, Сож, Припять, Березина, Днепро-Бугский водный путь и т.д.).

С этой целью был проведен достаточно детальный анализ влияния форм и обводов баржи на сопротивления движению баржи-буксирного состава в целом и даны рекомендации по модернизации состава на примере выбора оптимальной формы обводов баржи проекта 775 и соотношения основных размерений баржи проекта 775.

Особенности судов внутреннего и смешанного (река–море) плавания обусловлены экономическими требованиями и специфическими условиями эксплуатации. Их размерения жестко ограничиваются глубиной фарватера, габаритами шлюзов и извилистостью судового хода внутренних водных путей.

Поэтому изложенные ниже данные о влиянии геометрических элементов судна на величину сопротивления воды следует рассматривать как общие указания, надлежащее выполнение которых позволяет принять за основу определенный тип обводов корпуса, оптимальный с точки зрения ходовых качеств судна. Выбранные таким образом обводы корпуса проектируемого судна путем сравнительно небольших изменений можно привести в соответствие с другими требованиями, предъявляемыми к судну.

Основная часть

Так как баржи относятся к тихоходным судам, то введение цилиндрической вставки позволяет упростить технологический процесс корпусных работ, снизить стоимость постройки судна и придать более удобную конфигурацию грузовым трюмам, а также несколько заострить оконечности судна при неизменном значении коэффициента продольной полноты. Последнее обстоятельство может привести к более благоприятной

интерференции поперечных волн носовой и кормовой групп и к снижению волнового сопротивления тихоходных судов с полными обводами корпуса.

На величину сопротивления воды влияет форма носовой и кормовой ветвей строевой по шпангоутам, определяющая в известной мере характер обводов корпуса судна в оконечностях. Наибольшее сопротивление возникает при использовании клинообразных обводов в оконечностях. Наименьшая величина сопротивления воды движению несамходных судов при различных условиях плавания получается в случае применения носовых обводов ложкообразной формы и кормовых обводов типа «плоская ложка». Санеобразная форма оконечностей занимает промежуточное положение.

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 [1].

Выбор формы носовой ветви грузовой ватерлинии должен производиться в зависимости от относительной скорости судна, определяющей характер распределения наибольших гидродинамических давлений в районе расположения первого гребня носовой группы волн, а следовательно, и величину волнового сопротивления.

Результаты экспериментальных исследований в гидродинамическом лотке кафедры «ГЭСВТГ» БНТУ показывают, что при сравнительно малых относительных скоростях движения ($Fr < 0,22$) граница зоны наибольших гидродинамических давлений, обусловленных действием судовых волн, находится от форштевня на расстоянии, не превышающем 10–15% длины судна. Таким образом, в нашем случае должно выполняться условие, при котором длина носовой оконечности будет находиться в пределах 7,5–11 м.

Для уменьшения заливаемости судна на волнении носовые шпангоуты должны иметь достаточный развал бортов в надводной части, начинающийся не очень близко от грузовой ватерлинии. Повышению мореходных качеств судна также способствует наклон носовой ветви батоксов в сочетании с наклонным форштевнем.

Качество кормовых обводов определяется в гидродинамическом отношении тем, насколько выбранная форма этих обводов обеспечивает плавный, безотрывный сход струй с кормовой оконечности судна.

Этим требованиям в достаточной степени удовлетворяют обводы типа «плоская ложка» или «сани», которые позволяют придать необходимую плавучесть кормовой оконечности и обеспечить плавный сход струй с корпуса. Для обеспечения этих условий прежде всего необходимо, чтобы кормовые ветви батоксов были достаточно пологими с углами притыкания в кормовой оконечности судна (в плане) не более 12° .

У баржи проекта 775 кормовая оконечность имеет обводы типа «сани» с углами притыкания в кормовой оконечности судна 11° , поэтому можно рекомендовать сохранение кормовой оконечности без изменений.

Экспериментальные исследования влияния формы обводов баржи на сопротивление движению состава проводились в два этапа.

Первый этап экспериментальных исследований проводился для модели базирующейся на прототипе баржи проекта 775 с изменением носовой оконечности и сохранением остальных размерных величин без изменений.

Модель с носовой частью типа «сани» с плоским носом в режиме буксировки продемонстрировала результат худший в сравнении с прототипом баржи проекта 775, а в режиме толкания при выходе на рабочие скорости показала снижение сопротивления движению порядка 14% (см. рисунок 1).

Модель с лекальными обводами и носом с углом подъема 25° и малой килеватостью показала наилучший результат как в сравнении с прототипом, так и моделью с плоским носом. Снижение сопротивления движению при буксировке в сравнении с прототипом достигало 13%, а в режиме толкания – 14%.

Таким образом, можно рекомендовать форму обводов с лекальными обводами и носом с углом подъема 25° и малой килеватостью для модернизации баржи проекта 775 (рисунок 2).

Второй этап экспериментальных исследований проводился для модели с возможностью увеличения ее грузоподъемности. Модернизация в данном случае предусматривает увеличение длины баржи до $L = 75$ м и ширины судна до $B = 13,8$ м ($L/B = 5,43$), что позволит увеличить грузоподъемность до порядка 1700 т.

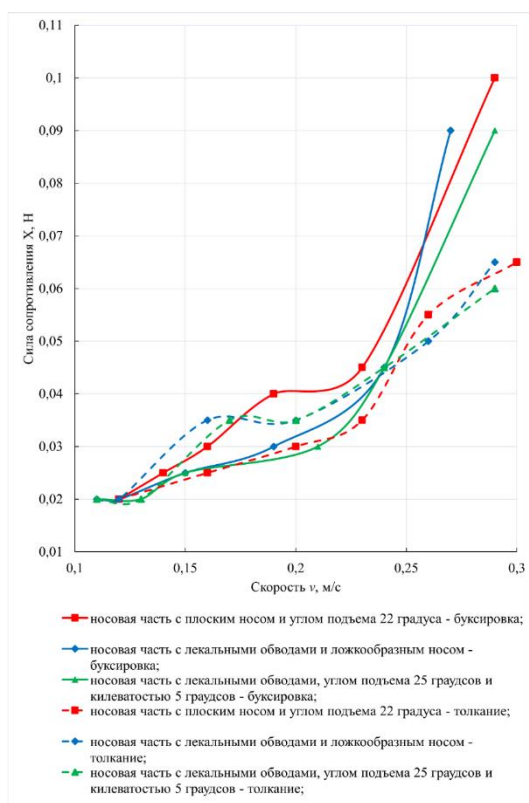


Рисунок 1 – График изменения силы сопротивления движению моделей состава судов в режимах буксировки и толкания при $L/B = 5,43$

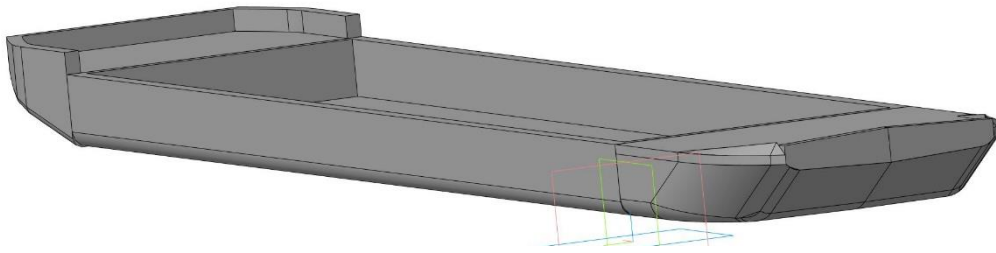


Рисунок 2 – Рекомендуемая форма обводов при модернизации баржи проекта 775 с заменой носовой части

С учетом того, что ранее было установлено преимущество режима толкания, следует учитывать при рекомендации формы обводов повышение реальных рабочих скоростей состава. Поэтому из зависимостей, представленных на рисунке 1 при разработке рекомендаций следует рассматривать участок исследований для чисел Фруда в диапазоне $Fr = 0,22-0,27$ (8–10 км/ч), который отражает преимущественный эксплуатационный режим состава.

Модель с носовой частью типа «сани» с плоским носом и углом подъема 22° в режиме толкания демонстрирует преимущество при числах Фруда до значения $Fr = 0,25$, 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 (рисунок 3).

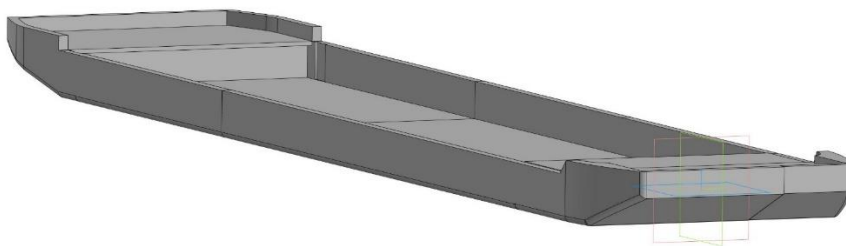


Рисунок 3 – Рекомендуемая форма обводов баржи для эксплуатации на мелководье (носковая часть с плоским носом и углом подъема 22°)

Модели с лекальными обводами при скоростях эксплуатации демонстрируют практически паритет по значениям сопротивления движению (рисунки 4–5).

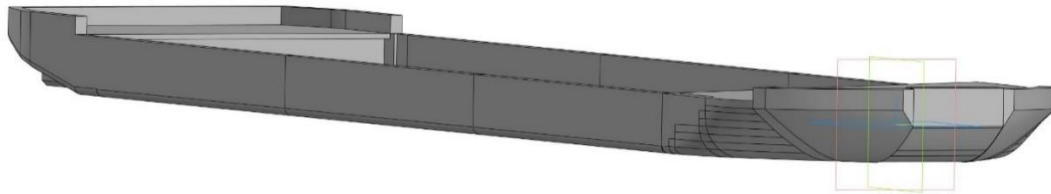


Рисунок 4 – Рекомендуемая форма обводов головной баржи (ложкообразная носовая часть)

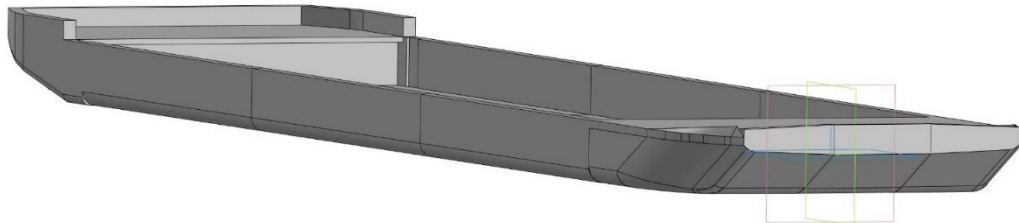


Рисунок 5 – Рекомендуемая форма обводов головной баржи (носовая часть с углом подъема 25° и малой килеватостью)

Однако при скоростях движения свыше 10 км/ч модель с лекальными обводами и носом с углом подъема 25° 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.

Заключение

Анализ влияния формы обводов баржи на сопротивление движению состава на основе баржи проекта 775 позволил сделать следующие выводы:

1. 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.

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

3. По результатам экспериментальных исследований установлено, что модель с лекальными обводами и носом с углом подъема 25° 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° и малой килеватостью для модернизации баржи проекта 775.

4. По результатам экспериментальных исследований для моделей с измененным соотношением $L/B = 5,3$ и увеличенной грузоподъемности (до порядка 1700 т) установлено, что модель с носовой частью типа «сани» с плоским носом и углом подъема 22° 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.

5. Установлено, что модели при $L/B = 5,3$ 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° 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.

6. При определении предпочтительной формы лекальных обводов и разработке проекта баржи с соотношением $L/B = 5,3$ 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.

При разработке проекта следует руководствоваться наибольшей технологичностью изготовления корпуса баржи, а также возможностью использования для постройки части годных материалов и конструкций корпусов судов подлежащих списанию.

УДК 691.1

НОВЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Т.В. Шатуха, И. И. Назаров, О.А. Шавловская

Белорусский национальный технический университет

Строительство развивается в области модульных и экологичных подходов с использованием передовых строительных материалов, которые