

**Результаты экспериментальных исследований 3D – моделей корпусов  
мелкосидящих буксирных теплоходов (МБТ)  
в гидродинамической лотке**

Ключников В. А.<sup>1</sup>, Качанов И. В.<sup>1</sup>, Ленкевич С. А.<sup>1</sup>, Афанасьев А. П.<sup>2</sup>,  
Шаталов И. М.<sup>1</sup>, Щербакова М. К.<sup>1</sup>, Ковалевич В. С.<sup>1</sup>, Рапичук Д. В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет

Минск, Республика Беларусь,

<sup>2</sup>ОАО «Белсудопроект»

Гомель, Республика Беларусь

*В статье приведены некоторые результаты лабораторных гидродинамических исследований 3D-моделей корпусов мелкосидящих буксирных теплоходов (МБТ). Сделаны выводы и даны рекомендации по снижению гидравлического сопротивления и увеличения подъемной силы.*

При эксплуатации речных судов, например, буксирных теплоходов (МБТ) проекта 570 (или 730), на мелководных и извилистых участках рек возникают сложности с прохождением судами этих участков. На этих участках рек резко уменьшается величина пропульсивного комплекса МБТ, который является основной характеристикой эффективной эксплуатации судов, увеличивается сила сопротивления движению, резко падает тяга водометного двигателя, происходит присасывание судна к дну водотока (реки или канала).

Одной из составляющих силы сопротивления движению судна является сила трения, возникающая в пристеночном слое днищевой части судна и связанная с вязкостью воды. Уменьшить сопротивление трения можно за счет уменьшения смоченной поверхности корпуса судна, либо понижением вязкости воды, омывающей эту поверхность.

Одним из путей уменьшения смоченной поверхности является создание воздушной каверны в днищевой части судна (рис. 1, а), представляющей из себя полость в днище судна, в которой с помощью нагнетателей поддерживается давления газа (чаще воздуха), изолирующего судно от воды.

Снижение вязкости воды в пристеночном слое можно получить за счет создания пузырьковой смазки путем ввода плотной пелены пузырьков под гладкое днище судна через специальные каналы или отверстия (рис. 1, б).

Следует отметить, что у мелкосидящих судов (МБТ) при определенных режимах движения возникает нежелательное явление – присасывание судна к дну, вследствие падения давления под днищевой частью. При создании воздушной каверны под днищевой частью судна это явление исчезает, т.к. при

подаче воздуха возникает вертикальная подъемная сила, что исключает присасывание судна к дну водотока.



Рис. 1. Конструкция дна корпуса 3D-модели МБТ:  
*а* – с каверной и трубчато-перфорированной подачей воздуха без скегов,  
*б* – с блочно-пакетной подачей воздуха со скегами

Для оценки величины силы сопротивления движению и подъемной силы при движении МБТ проекта 570 (или 730) в гидравлической лаборатории кафедры «ГЭСВТГ» БНТУ были проведены исследования 3D-моделей корпуса МБТ. Экспериментальная установка включала в себя гидродинамический лоток, программно-измерительный комплекс для регистрации усилий, 3D-модель корпуса судна с днищевой каверной и системой подачи воздуха.

В процессе проведения исследований выяснялся вопрос влияния параметров подачи воздуха в днищевую каверну на величину силы сопротивления движения судна и величину подъемной силы.

Исследования проводилась при следующих конструктивных особенностях 3D-модели корпуса МБТ:

- без скегов (рис. 1, *а*);
- со скегами переменной высоты: 0,5 см, 1 см (рис. 1, *б*);

Установка скегов препятствовала перетеканию нагнетаемого воздуха из днищевой части модели через боковые части корпуса в окружающую поток воды и тем самым позволяла под днищем 3D-модели корпуса судна создать компактную воздушную каверну.

Для каждого из перечисленных вариантов подача воздуха в днищевую часть модели производилась двумя способами:

- при помощи блочно-пакетной конструкции (рис. 2);
- при помощи трубчато-перфорированной конструкции (рис. 3).

Исследования проводились при скоростях потока  $V = 0,26$  м/с и  $V = 0,53$  м/с. Основные результаты исследований представлены на рис. 4–5.



Рис. 2. Блочно-пакетная конструкция подачи воздуха



Рис. 3. Трубчато-перфорированная конструкция подачи воздуха

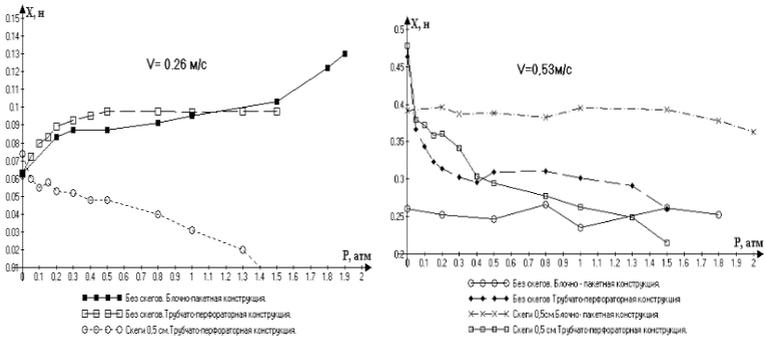


Рис. 4. Зависимость горизонтальной силы сопротивления  $X_h$  от давления воздуха и схемы его подачи

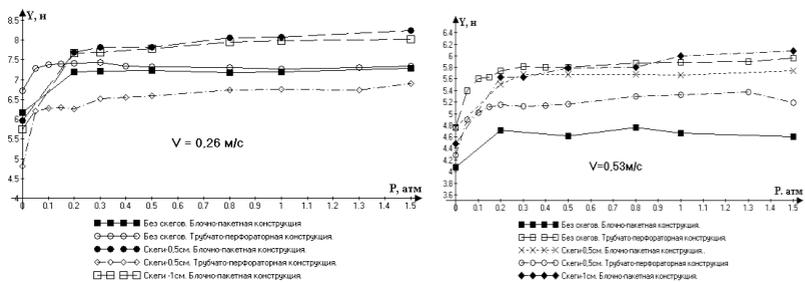


Рис. 5. Зависимость вертикальной подъемной силы  $Y_v$  от давления воздуха и схемы его подачи

На представленных графиках по оси ординат приводятся значения сил, действующих на модель, в Ньютонах:  $X$  – сила в горизонтальной плоскости – сила гидравлического сопротивления движению,  $Y$  – сила в вертикальной плоскости – подъемная сила. По оси абсцисс указаны значения давления подачи воздуха  $P$ , атм.

Анализ полученных результатов позволил сделать следующие выводы:

1. Установлен положительный эффект от создания воздушной каверны в днищевой части 3D-модели корпуса МБТ. Снижение силы сопротивления достигало 57 %, а увеличение подъемной силы – 36 %. Полученный положительный эффект зависит от способа подачи воздуха и конструкции днища судна, а именно:

- конструкции днищевой части корпуса: со скегами и без скегов;
- конструкции распределения воздуха: трубчатого или пакетного;
- направления подачи воздуха по отношению к набегающему потоку;
- скорости набегающего потока;
- давления воздуха, подаваемого в днищевую часть судна.

2. Наибольший эффект на 3D-модели корпуса проявляется для конструкции со скегами высотой 0,5 см и трубчатой подачей воздуха при скорости  $V = 0,53 \text{ м/с}$ . С увеличением высоты скег этот эффект пропадает из-за увеличения сопротивления на смоченной поверхности скегов.

3. По способу распределения воздуха в днищевой части следует отдать предпочтение трубчатой конструкции, т.к. в этом случае подача воздуха осуществляется в двух направлениях: в сторону днища и по направлению потока, а в блочно–пакетной схеме направление подачи воздуха только одно – перпендикулярно набегающему потоку, что создает добавочное гидравлическое сопротивление.

4. Увеличение подъемной силы проявляется при различных конструкциях корпуса и разных скоростях потока. Наибольший эффект от действия

подъемной силы наблюдается при малых скоростях и скеговой конструкции, при этом способ подачи воздуха существенно не влиял на величину подъемной силы.

5. Оптимальное давление подачи воздуха в днищевую часть 3D-модели судна составило  $P = 0,02\text{--}0,04$  МПа. Дальнейшее увеличение давления не влияло на рост подъемной силы, а лишь приводило к росту силы гидравлического сопротивления движению.

УДК 620.4539.37

### **Компьютерное моделирование в DEFORM-3D процесса скоростного выдавливания биметаллических резцов для дорожных машин**

Качанов И. В., Шаталов И. М., Ленкевич С. А., Быков К. Ю., Рабченя В. С.  
Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь

*В статье приведены результаты моделирования дорожных резцов в DEFORM-3D и результаты их испытаний в лабораторных (на кафедре «ГЭСВТГ» БНТУ) и натурных (на дорогах г. Минска и Минского района РБ) условиях. На основании полученных результатов сделан вывод о принципиальной возможности производства отечественных дорожных резцов в рамках импортозамещения.*

Современное развитие промышленного производства тесно связано с использованием наукоемких и высоких технологий, обеспечивающих конкурентоспособность выпускаемой продукции на мировом рынке путем внедрения новых эффективных процессов обработки материалов при одновременном снижении энерго- и ресурсопотребления. В этой связи большими потенциальными возможностями обладают технологии, основанные на получении биметаллических формообразующих деталей штамповой оснастки методом скоростного горячего выдавливания (СГВ), позволяющие за один удар получать высокоточные изделия с экономией штамповых сталей до 90 % [1, 2]. Эти технологии могут получить широкое применение для получения отечественных биметаллических резцов для снятия асфальтобетонных покрытий.

Профилирование старого асфальтобетонного покрытия – это автоматически управляемый процесс его холодного фрезерования для восстановления заданного поперечного и продольного профиля, удаления бугров, выбоин, зон износа, а также других дефектов покрытия, что и выполняют современные дорожные фрезы (рис. 1).