

В результате получим

$$v_2 = v_1 \left(\frac{106}{65} \right)^2 = v_1 \cdot 2,66$$

С учетом этого соотношения можно записать

$$\rho Q v_1 (1 - 2,66) = R, \quad R = -1,66 \rho Q v_1,$$

т.е. использование конически сужающегося насадка конфузора теоретически может увеличить тягу судна приблизительно на 60–70 %. Знак «–» говорит о том, что реактивная сила направлена в сторону движения судна, т.е. действует противоположно по отношению к струе, вытекающей из насадки конфузора.

Эксперимент, проведенный в гидравлическом лотке кафедры ГЭСВТГ, показал, что при использовании сопла с углом конусности $\alpha = 41\text{--}42^\circ$, тяга водометного двигателя примерно увеличивается на 15–20 % из-за механических, гидравлических и тепловых потерь при работе водометного двигателя.

Литература

1. Качанов, И. В. Расчет оптимального угла конусности, используемого для реверсивно-струйной очистки металлических поверхностей от коррозии / И. В. Качанов, И. М. Шаталов, А. Н. Жук, В. В. Верременюк, А. В. Филиппчик // Наука и техника. – 2019. – Т.18. – № 3.–С. 216 – 222.

УДК 629.55

Экспериментальные исследования 3D-моделей корпусов мелкосидящих судов в гидродинамическом лотке

Ключников В. А.¹, Ленкевич С. А.¹, Афанасьев А. П.², Кособуцкий А. А.¹

¹Белорусский национальный технический университет

Минск, Республика Беларусь;

²ОАО «Белсудопроект»

Гомель, Республика Беларусь

В статье приведены результаты лабораторных исследований 3D-моделей корпусов мелкосидящих буксирных теплоходов (МБТ) в гидродинамическом лотке. Даны рекомендации по снижению гидравлического сопротивления и увеличения подъемной силы при эксплуатации судов на мелководных участках рек и каналов Республики Беларусь.

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 эксплуатацией 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), представляющей из себя полость в днище судна, в которой с помощью нагнетателей поддерживается давления газа (чаще воздуха), изолирующего судно от воды.

Следует отметить, что у мелкоосидающих 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.



а

б

Рис. 1. Конструкция днища 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 лаборатор-

рии 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 скег (рис. 1, *a*);
- со скегами переменной высоты: 0,5 см, 1 см (рис. 1, *б*);

Установка скег препятствовала перетеканию нагнетаемого воздух, из днищевой части модели через боковые части корпуса в окружающей 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-перфарированной конструкции (рис. 3).



Рис. 2. Блочно-пакетная конструкция подачи воздуха



Рис. 3. Трубчато-перфарированная конструкция подачи воздуха

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

На представленных графиках по оси ординат приводятся значения сил, действующих на модель, в Н (ньютонх): 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.

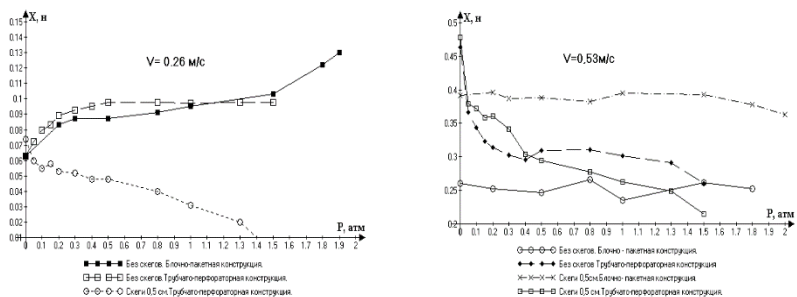


Рис. 4. Зависимость горизонтальной силы сопротивления X_r от давления воздуха и схемы его подачи

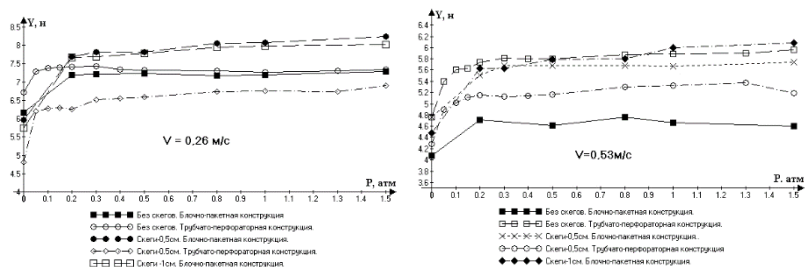


Рис. 5. Зависимость вертикальной подъемной силы Y_v от давления воздуха и схемы его подачи

Анализа полученных результатов, проведенных 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 скег;
- 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 скоро-

сти $V = 0,53$ м/с. С увеличением высоты скег этот эффект пропадает из-за увеличения сопротивления на смоченной поверхности скег.

3. По способу распределения воздуха в днищевой части следует отдать предпочтение трубчатой конструкции, т. к. в этом случае подачи 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 $P = 0,02-0,04$ МПа. Дальнейшее увеличение давления не влияло на рост подъемной силы, а лишь приводило к росту силы гидравлического сопротивления движению.

УДК 626: 8: 624.131.6

Мониторинг водного режима сельскохозяйственных земель, примыкающих к осушительным системам

Курчевский С. М.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

Изложено влияние мелиоративных систем на режим грунтовых вод смежных территорий. Дана оценка суммарного эффекта осушения на продуктивность прилегающих земель с учетом зон положительного, отрицательного и нейтрального его проявления.

Под влиянием осушения и сельскохозяйственного использования болот изменяются гидрогеологические условия на прилегающей к ним территории: увеличиваются уклоны потоков грунтовых вод, разгружающихся в пределах осушаемых болот, понижаются их уровни, изменяются элементы баланса (инфильтрация, испарение, отток, взаимосвязь с нижележащими водоносными горизонтами). Оценка этих изменений представляет не только научный, но и практический интерес, поскольку за ними следуют смена биоценозов, снижение продуктивности сельхозугодий, а также падение дебитов водозаборных скважины родников.