

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
СОПРОТИВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЮ 3D-МОДЕЛЕЙ СОСТАВОВ
СУДОВ, ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ В РЕЖИМАХ ТОЛКАНИЯ И
БУКСИРОВКИ В УСЛОВИЯХ МЕЛКОВОДЬЯ**

**Афанасьев А.П.¹, Качанов И.В.², Ленкевич С.А.²,
Ключников В.А.², Щербакова М.К.², Колпаков Р.М.²**

- 1). ОАО «Белсудопроект», Гомель, Республика Беларусь
- 2). Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь

На водотоках (реках и каналах) и в водоемах (озерах и водохранилищах) Республики Беларусь в настоящее время наблюдается низкий уровень воды и большое количество мелководных участков.

Плавание на мелководье является одним из наиболее сложных условий, в которых оказывается судно в процессе эксплуатации. И сложность ситуации заключается не только в том, что малый запас воды под килем в данных условиях представляет собой реальную навигационную опасность, но и в том, что поведение судна или состава судов (например, барже-буксирного состава) на мелководье существенно отличается от поведения на глубокой воде.

Для разработки рекомендаций по повышению эффективности работы реальных барже-буксирных составов необходимы дополнительные лабораторные исследования по влиянию условий движения (скорость движения, изменения размерений, режим движения состава (буксировка, толкание), изменение граничных условий) на сопротивление движению моделей в гидродинамическом лотке.

Для проведения гидродинамических лабораторных исследований были разработаны и изготовлены цифровые 3D-модели барже-буксирного состава в масштабе М1:100 (рисунок 1–3), а также разработана современная методика проведения исследований и создан экспериментальный стенд для определения сил сопротивления движения и подъемной силы при испытании барже-буксирного состава в режиме обращенного движения при толкании и буксировке. В составе стенда использовался силоизмерительный комплекс с применением тензодатчиков и с цифровой записью подъемных сил и сил сопротивления, действующих на модели составов в гидродинамическом лотке в режиме обращенного движения. Измерение осредненных скоростей в потоке, обтекающем модельные составы, производилось гидродинамической вертушкой ГМЦМ-1 с погрешностью $\pm 1\%$.

В результате выполненной работы были определены величины сил сопротивления движению и подъемной силы 3D-модели барже-буксирного состава в режиме толкания и буксировки. Экспериментальные

исследования проводились в гидродинамическом лотке в режиме обращённого движения.

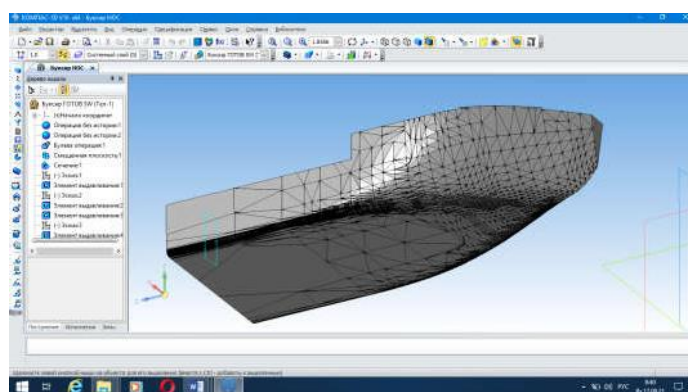


Рисунок 1 – Цифровая модель носовой части буксира проекта 570

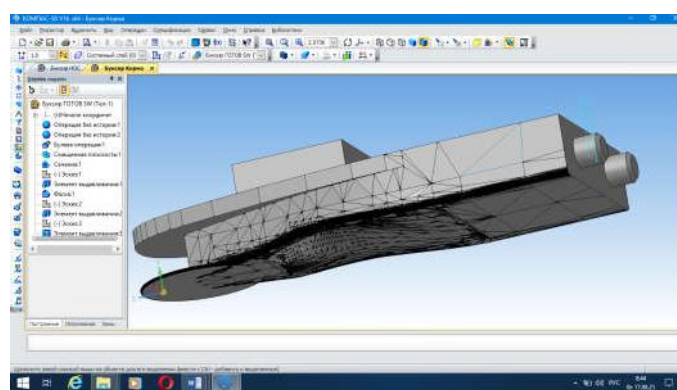


Рисунок 2 – Цифровая модель кормовой части буксира проекта 570

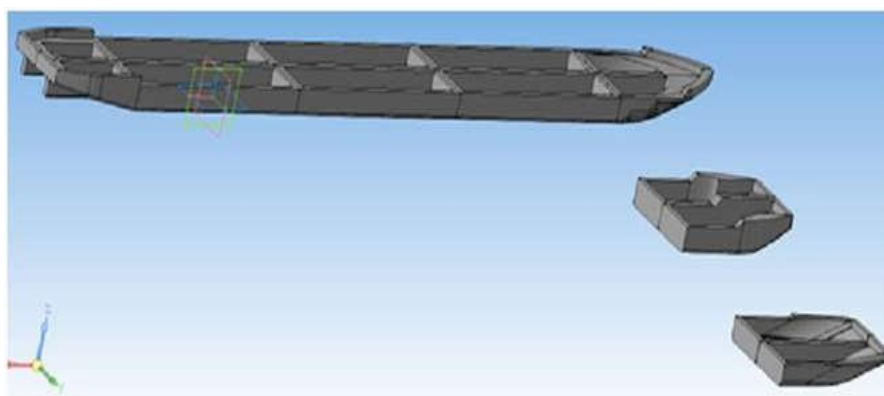


Рисунок 3 – Цифровая модель в сборе баржи проекта 775 с различными вариантами носовой оконечности

В результате проведенных исследований было установлено, что для баржевых составов по параметру силы сопротивления режим толкания является более предпочтительным, чем режим буксировки. Экспериментально установлено, что при скорости потока воды $V = 0,18$ м/с, сила сопротивления движению модели состава в режиме буксировки на 40 % больше, чем при режиме толкания. С ростом скорости эта разница возрастает и при скорости $V = 0,28$ м/с сила сопротивления при буксировке, почти в два раза больше, чем при режиме толкания.