

**К вопросу об использовании конической насадки в водометных двигателях мелкосидящих буксирных теплоходов (МБТ)**

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

<sup>1</sup>ОАО «Белсудопроект»

Гомель, Республика Беларусь,

<sup>2</sup>Белорусский национальный технический университет

Минск, Республика Беларусь

*В статье приводится обоснование применения конической насадки в водометных двигателях мелкосидящих теплоходов (МБТ) проекта 570 (730).*

При эксплуатации мелкосидящих судов, например, буксирных теплоходов проекта 570 и 730, на реках и каналах Республики Беларусь возникают затруднительные ситуации при прохождении этими судами мелководных и извилистых участков рек. В этом случае возможно появление двух основных отрицательных эффектов при эксплуатации судна:

- посадка судна на дно реки на участке мелководья;
- достаточно резкое падение скорости движения на извилистых участках рек из-за отсутствия надлежащей тяги водометного двигателя.

В первом случае для устранения отрицательного эффекта можно использовать днищевую воздушную каверну. Во втором случае для увеличения тяги водометного двигателя предлагается использовать конически сходящуюся насадку (конфузор) 2, которую необходимо установить между водометной трубой с гребным винтом 1 и рулевым устройством 3 МБТ (рис. 1).

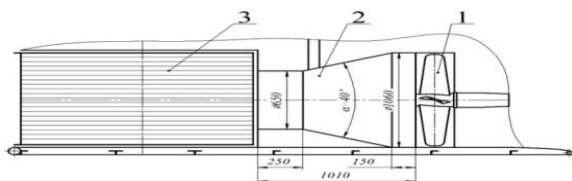


Рис. 1. Струеформирующая насадка между водометной трубой и рулем МБТ

При движении судна вода попадает на рабочее колесо (гребной винт), где ускоряется лопастями рабочего колеса.

Далее поток воды поступает в спрямляющий аппарат, где изменяет направление так, чтобы уменьшить потери энергии, вызванные закруткой

потока на гребном винте. Затем поток воды поступает в сужающиеся сопло (конически сходящийся насадок), которое позволяет в 1,1–1,2 раза увеличить тягу водометного движителя.

Сужающееся сопло конфузора для увеличения тяги может быть выполнено (по данным теоретических и лабораторных гидравлических исследований, проведенных на кафедре ГЭСВТГ БНТУ), с углом конусности в пределах 39–43° (среднее значение 40–41°) [1].

Поток воды, проходя через такое сужающее сопло, плавно сжимается, увеличивая свою скорость более чем в два раза. При увеличении скорости движения потока воды попутно увеличивается количество движения и возникает импульс реактивной силы, направленный в сторону движения судна, который далее увеличивает тягу водометного движителя.

При использовании струеформирующего конфузора на гребном винте буксира проекта 570 (или 730) входной диаметр предлагаемого конического насадка (конфузора) выполняется диаметром 1060 мм, выходной диаметр – 650 мм.

Тогда используя уравнение неразрывности и сплошности потока и теорему изменения количества движения (или импульса силы) можно оценить порядок величины реактивной силы и степень увеличения тяги судна.

При установившемся движении воды через гребной винт, т.е. при  $Q = \text{const}$ , можно записать уравнения неразрывности и сплошности потока и изменения количества движения для конфузора в виде

$$Q_1 = Q_2 = Q = \text{const} \text{ или } v_1 S_1 = v_2 S_2, \\ m v_1 - m v_2 = \Delta R t$$

где  $v_1$  и  $v_2$  – средние скорости в начале и в конце конфузора;  $S_1$  и  $S_2$  – площади поперечного сечения в начале и в конце конфузора;  $Q_1$  и  $Q_2$  – объемный расход в конфузоре, равный  $Q = \text{const}$ ;  $m$  – масса воды, проходящей через гребной винт и конфузор;  $R \Delta t$  – импульс реактивной силы.

Решение системы этих уравнений позволяет оценить порядок величины реактивной силы и степень увеличения тяги буксирного теплохода проекта 570(730). Для этого преобразуем уравнение импульса

$$m v_1 - m v_2 = R \Delta t.$$

Учитывая, что  $\frac{m}{\Delta t} = M$  – массовый расход воды, который можно выразить в виде

$$M = \rho Q,$$

это уравнение запишем следующим образом:

$$\rho Q v_1 - \rho Q v_2 = R,$$

где  $R$  – реактивная сила, увеличивающая тягу судна;  $\rho$  – плотность воды.

Выразим скорость  $v_2$  через  $v_1$ , используя уравнение неразрывности

$$v_2 = v_1 \frac{\omega_1}{\omega_2} = v_1 \left( \frac{D}{d} \right)^2,$$

где  $D$  – больший диаметр конфузора;  $d$  – меньший диаметр конфузора.  
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 противонаправлено по отношению к струе, вытекающей из насадки конфузора.

Эксперимент, проведенный в гидравлическом лотке кафедры ГЭСВТГ, показал, что при использовании сопла с углом конусности  $\alpha = 40-41^\circ$  тяга водометного двигателя примерно увеличивается на 10-20 % 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. Филлипчик // Наука и техника. – 2019. – Т.18, №3. – С. 216 – 222.

УДК [574+504] (576)

### Применение беспилотных летательных аппаратов для мониторинга берегов и верховых откосов сооружений водохранилищ

Левкевич В. Е.<sup>1</sup>, Бузук А. В.<sup>2</sup>, Касперов Г. И.<sup>3</sup>,  
Мильман В. А.<sup>4</sup>, Решетник С. В.<sup>4</sup>

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

<sup>2</sup>Университет гражданской защиты МЧС Республики Беларусь

<sup>3</sup>Белорусский государственный технологический университет

<sup>4</sup>Объединенный институт проблем информатики НАН Беларуси  
Минск, Республика Беларусь

*В настоящей статье приведены результаты исследований по оценке деформаций естественных берегов и состояния эксплуатируемых сооружений берегозащиты и креплений откосов подпорных сооружений на водохранилищах Беларуси с помощью средств дистанционной диагностики. На*