

## СЕКЦИЯ 3 АРКТИКА

УДК 622:658.011.56

### СОЗДАНИЕ 3D МОДЕЛИ ХВОСТОХРАНИЛИЩА

*Д.А. Асанович<sup>1</sup>, В.С. Заболотный<sup>1</sup>, Д.А. Комаров<sup>1</sup>, Д.Н. Шибалева<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>*Филиал Мурманского арктического государственного университета в г. Апатиты*

<sup>2</sup>*Горный институт Кольского научного центра РАН*

Отходы горнодобывающей и горно-перерабатывающей промышленности возникают на каждом этапе: от выемки из недр полезного ископаемого до получения конечного продукта. Объемов техногенного сырья по трем ГОКа (КФ АО «Апатит», АО «Олкон», АО «Ковдорский ГОК») сегодня составляет 6,8 млрд.т. Усложняющиеся горно-геологических условия отработки запасов, сопровождающиеся повышением уровня разубоживания добытой рудной массы пустыми породами, снижение содержания полезного компонента в добываемых рудах и питании обогатительных фабрик при сохранении спроса на товарную продукцию, способствуют возрастанию количества отходов, причем увеличатся объемы хвостов обогащения добытых руд минеральной крупности, с повышенным негативным влиянием на окружающую среду. Принятая технология формирования хвостохранилищ АО «Апатит» характеризуется наибольшей из всех типов размещения протяженностью дамб отвалообразования и повышенной способностью к пылепереносу из-за больших площадей и дамб. В связи с чем, данный объект является источником загрязнения окружающей среды, водных объектов и городских территорий. Поэтому необходимость понимания процессов, происходящих в пространстве хвостохранилищ, взаимозависимостей между используемым оборудованием, человеком и окружающей средой, является весьма актуальной задачей.

Одним из важнейших инструментов, способствующим расширению знаний о происходящих процессах, является 3D-визуализация, поскольку, как правило, доступ на действующие горные предприятия ограничен из-за удаленности, высоких требований к безопасности. С использованием проектных данных и информации о текущем его положении по картам Googlemaps создана трехмерная реалистичная модель хвостохранилища АНОФ-2, с возможностью визуализации происходящих процессов.

УДК 629.55

### ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ КОНИЧЕСКОЙ НАСАДКИ В ВОДОМЕТНЫХ ДВИЖИТЕЛЯХ МЕЛКОСИДЯЩИХ БУКСИРНЫХ ТЕПЛОХОДОВ (МБТ)

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

<sup>1</sup>*ОАО «Белсудопроект»*

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

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 (рисунок 1).

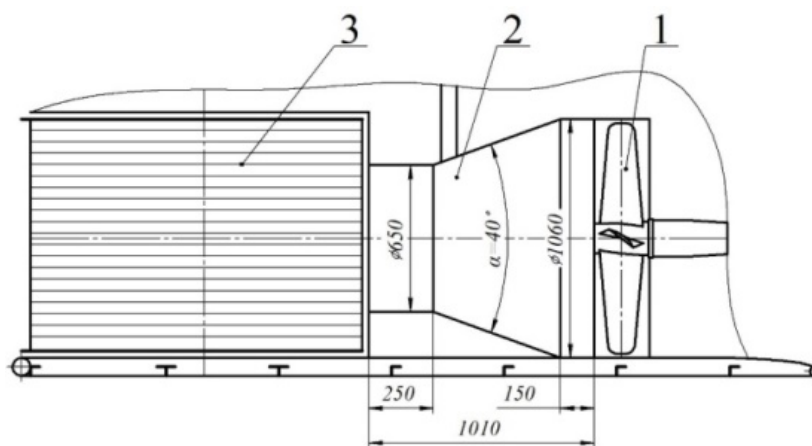


Рисунок 1 – Струеформирующий насадок между водометной трубой и рулем МБТ

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 сужающееся 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).

Поток воды, проходя через такое сужающееся 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

$$Q_1 = Q_2 = Q = \text{const} \text{ или } v_1 S_1 = v_2 S_2;$$

$$mv_1 - mv_2 = \Delta R t$$

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, которое в результате примет следующий вид.

С учетом этого соотношения можно записать

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

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  $\alpha = 40\text{--}41^\circ$  тяга водометного двигателя примерно увеличивается на 10–20 % из-за механических, гидравлических и тепловых потерь при работе водометного двигателя.

УДК 627.824

## ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ПОТОКА НА ГРЕБНЕ РАЗМЫВАЕМОЙ ВСТАВКИ РЕЗЕРВНОГО ВОДОСБРОСА

*П.М. Богославчик*

*Белорусский национальный технический университет*

Одним из уравнений, описывающим размыв грунтовой вставки резервного водосброса при переливе воды через гребень, является уравнение деформации, которое при применении в качестве формулы расхода твердого стока формулы В.Н.Гончарова, имеет следующий вид

$$\frac{dy}{dt} = -\sigma_{\Pi}^{0,4} m^{0,4} \frac{B}{\rho_0} (z - y)^{0,61} \frac{dh}{dx}, \quad (1)$$

где  $B = 6,74(1 + \varphi)dg^{2,16} \left( \frac{5,64n\sqrt{2g}}{\varphi w} \right)^{3,33}$  ;

$\sigma_{\Pi}$  – коэффициент подтопления;

$m$  – коэффициент расхода;

$\rho_0$  – плотность грунта, кг/м<sup>3</sup>;

$z$  – уровень верхнего бьефа, м;

$y$  – отметка гребня, м;

$\varphi$  – параметр турбулентности – отношение расчетной скорости падения частицы к ее действительной гидравлической крупности;

$d$  – средний диаметр частиц грунта, м;

$w$  – гидравлическая крупность, м/с;

$n$  – коэффициент шероховатости;

$h$  – глубина на гребне, м.

Для решения этого уравнения требуется найти значение величины  $\frac{dh}{dx}$ .

Установлено, что на гребне

$$\frac{dh}{dx} = \frac{dz}{dx} = -K \frac{x}{g}. \quad (2)$$

На рисунке 1 представлена схема истечения через размываемую вставку.

Уклоны свободной поверхности по длине возрастают, достигая в некоторой точке перегиба  $O_{\Pi}$  максимума, затем уменьшаются до точки в сжатом сечении  $O_1$ . Изменение уклона свободной поверхности потока для кривой  $OO_{\Pi}$  выражается зависимостью (2). Проведенными исследованиями установлено, что

$$K = \frac{2g(1-1,26m^{2/3})}{\beta^2(z-y)}. \quad (3)$$