

блочно-пакетная. При создании воздушной каверны под днищем судна возникает дополнительная выталкивающая сила, которая исключает «присасывание» или «прилипание» днища судна к дну водотока (реки) на отметках или участках с минимальной глубиной.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Горбачев, Ю.Н. Как доступными средствами повысить энергоэффективность и экологическую безопасность речного флота / Ю.Н. Горбачев, А.С. Буянов, А.В. Сверчков. – Ж.: «Речной транспорт», № 6, 2014.
2. Пустошный, А.В. Экспериментальные исследования и проектные проработки по применению воздушных каверн на судах смешанного плавания / А.В. Пустошный, А.В. Сверчков, Ю.Н. Горбачев. – Труды «ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова», вып. 69 (353), 2012.
3. Технология воздушной каверны [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://korabley.net/> (дата обращения – 15.10.19).
4. Басин, А.М. Управление пограничным слоем судна. / А.М. Басин, А.И. Короткин, Л.Ф. Козлов. – Л-д: «Судостроение», 1968.
5. Монин, А.С. Статистическая гидромеханика: механика турбулентности. А.С. Монин, А.М. Яглов. – часть 1: М.: Наука, 1965. – 640 с.
6. Ferziger, J. Computational Methods for Fluid Dynamics. – Berlin: Springer, 2002. – 431 p.
7. Blazek, J. Computational Fluid Dynamics: Principles and Applications. – Elsevier, 2001. – 440 p.

УДК 669:620.197

В.А. Денисов, М.А. Капуза, И.В. Чайчиц

Научные руководители: И.В. Качанов, И.М. Шаталов
Белорусский национальный технический университет

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ИННОВАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ РЕВЕРСИВНО-СТРУЙНОЙ ОЧИСТКИ СУДОВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ОТ КОРРОЗИИ

Одним из направлений повышения производительности и улучшения условий труда при очистке корпусов судов от коррозии на предприятиях водного транспорта РБ является использование метода гидроабразивной очистки (ГАО). Процесс очистки состоит в эрозионном воздействии высокоскоростной водяной струи и твердых абразивных частиц на обрабатываемый материал, требующий больших затрат энергии. Вода при

этом выполняет лишь функцию носителя. В основе гидроабразивного метода, широко используемого в последнее время, лежит комбинированный механизм очистки, хрупкого и усталостного разрушения и местного оплавления [1]. Обработка осуществляется за счет определенного количества отдельных «съемов» материала, вызываемых ударением в него твердых частиц. Скорость процесса эрозии зависит от кинетической энергии формы частиц, угла атаки потока, механических свойств очищаемого материала. Сущность метода состоит в том, что в рабочую зону очистки под большим давлением подают водно-песчаную смесь (пульпу). В аппаратах ГАО интенсивное смешивание песка с водой происходит в смесительном сопле. Для предотвращения интенсивного окисления очищаемой поверхности на завершающей стадии процесса в рабочую жидкость добавляют (до 2% по объему) антикоррозийный раствор. Производительность ГАО до чистого металла может составлять до 45–60 м²/час.

Однако, отрицательным моментом рассмотренной технологии следует считать неполное использование кинетической энергии струи жидкости, взаимодействующей с преградой. Растекающаяся в результате взаимодействия с преградой струя в ряде случаев может вызвать поражение обслуживающего персонала и за счет выноса из рабочей зоны продуктов коррозии и загрязнений оказывает негативное воздействие на окружающую среду [2].

Для устранения отмеченных недостатков, с одновременным повышением производительности труда предлагается при очистке, использовать реверсивно-струйное течение жидкости относительно обрабатываемой поверхности [3]. Для получения такого течения сопловый блок помещается в корпус, который позволяет произвести разворот струи на 180° и тем самым более полно использовать кинетическую энергию струи, увеличивая силовое воздействие на обрабатываемую поверхность ориентировочно на 70–80%. Кроме того, устройство, использующее реверсивную струю рабочей жидкости, позволяет решить вопросы по сбору жидкости после проведения очистки поверхности и отправить ее на регенерацию [4–6].

Однако объем современных теоретических и экспериментальных исследований, связанных с таким методом воздействия струи на преграду, является крайне недостаточным. Отсутствуют теоретические зависимости, позволяющие прогнозировать силовое воздействие струи на преграду с учетом кинематических параметров потока жидкости и механических свойств разрушаемых коррозионных отложений. Отсутствуют рекомендации по разработке конструкции соплового устройства, предназначенного для

осуществления технологии инновационной реверсивно-струйной очистки поверхности от загрязнения.

Одним из основных направлений повышения энергоэффективности и производительности процесса реверсивно-струйной очистки судовых стальных поверхностей является оптимизация параметров очистки, заключающаяся в подборе ее основных параметров (расход жидкости, параметров сопел, соотношения диаметров струи и корпуса и т.д.). Для решения поставленной задачи были проведены теоретические и экспериментальные исследования инновационного процесса реверсивно-струйной очистки металлических поверхностей, а также разработана методика расчета основных параметров, влияющих на процесс инновационной реверсивно-струйной очистки судовых стальных поверхностей.

В связи с вышеизложенным на кафедре «ГЭСВТГ» БНТУ в рамках студенческого гранта Министерства образования Республики Беларусь ГБ 12-12 №20120807 и договоров о научно-техническом сотрудничестве №02-07 от 04.07.2017 г. с СООО «Элизер», а также №37 от 09.07.2018 г. с ООО «Амкодор Можя» выполнялась работа по теме «Разработка технологии реверсивно-струйной очистки судовых поверхностей от коррозии», которая была внедрена в реальное производство на предприятиях водного транспорта, Министерства транспорта и коммуникации РБ и учебный процесс БНТУ.

В этой работе объектом исследования являлась новая технология реверсивно-струйной очистки судовых поверхностей от коррозии, а предметом исследования – энергоэффективное устройство для формирования реверсивной струи, воздействующей на преграду.

Цель работы – разработать современную отечественную инновационную технологию реверсивно-струйной очистки судовых поверхностей от коррозии; провести теоретические и экспериментальные исследования по определению величины давления от воздействия реверсивной струи рабочей жидкости на плоскую металлическую поверхность.

В результате выполненных исследований разработана конструкция нового струеформирующего устройства, обеспечивающая повышение силового воздействия на обрабатываемую поверхность за счет реверсивного разворота струи рабочей жидкости; получены патенты Республики Беларусь на изобретение [4–6]; проведены теоретические и экспериментальные исследования по определению величины давления рабочей жидкости на обрабатываемую поверхность при реверсивно-струйной очистке (РСО).

Проведены промышленные испытания установки инновационной реверсивно-струйной очистки металлических поверхностей на

производственной базе «Элизер» (г. Минск) на лазерном комплексе Nurer Gear 510 (Япония).

При выполнении НИРС были получены следующие результаты:

1. Разработана новая конструкция струеформирующего устройства, обеспечивающая повышение силового воздействия на обрабатываемую поверхность за счет реверсивного разворота струи рабочей жидкости, что позволяет реализовать процесс РСО с пониженными энергозатратами при производстве очистных работ с одновременным повышением культуры производства [4–6];

2. Разработана математическая модель для расчета силового воздействия реверсивной струи на преграду, состоящую из слоя коррозионных отложений [2].

3. В результате проведенных экспериментальных исследований были получены результаты по нахождению минимального давления разрушения, которые хорошо согласуются с теоретической зависимостью для расчета давления в точке соударения реверсивной струи с преградой, которая учитывает механические свойства разрушаемого материала, а также кинематические параметры струи [3];

4. Анализ данных, полученных в результате теоретического и экспериментальных исследований, показывает, что минимальное значение давление разрушения слоя коррозии составляет $p = 9$ МПа при коэффициенте обжатия струи $\lambda = 0,063$;

5. На основании полученных результатов предложено принимать в качестве критерия коэффициент обжатия струи λ , что позволяет прогнозировать минимальное давление разрушения слоя коррозии и, установив для данного λ величину струйного давления $p_{стр}$, корректно подбирать насосно-силовое оборудование для очистки металлических поверхностей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кошелев, А.А. Технологии и оборудование для автоматизированной гидроабразивной обработки деталей / А.А. Кошелев, Л.А. Эйзнер // Автоматизация технологических процессов в области машиностроения для животноводства и кормопроизводства. – Ростов-на-Дону: НИИТМ, 1981.

2. Качанов, И.В. Теоретические исследования процесса реверсивно-струйной очистки судовых поверхностей от коррозии / И.В. Качанов, А.Н. Жук, В.А. Ключников, А.А. Кособуцкий, И.М. Шаталов, В.С. Ковалевич, Е.В. Качанова // Materialy XIV Miedzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji «Nauka i inowacja – 2018», Volume 2 Przemysł: Nauka i studia. – 84 s.

3. Качанов, И.В. Результаты исследований процесса реверсивно-струйной очистки металлических поверхностей от коррозии / И.В. Качанов, А.Н. Жук, А.В. Филипчик, В.В. Пармон, Шаталов И.М., Ковалевич В.С., Качанова Е.В. // Materials of the XIII International scientific and practical Conference «Fundamental and applied science – 2018»: Sheffield. Science and education LTD -116 p.

4. Устройство для очистки от коррозии плоских стальных поверхностей: пат. 16526 Республика Беларусь, МПК В 08В 3/00, В63В 59/08 / И.В. Качанов, А.Н. Жук, И.М. Шаталов, В.Н. Шарий, С.О. Мяделец; опубл. 12.05.2010

5. Способ создания кавитирующей струи жидкости: пат. 13312 Республика Беларусь, МПК В 08В3/04 / И.В. Качанов, В.Н. Яглов, В.К. Недбальский, А.В. Филипчик. – № а 20081284, заявл. 14.10.2008; опубл. 26.03.2010 г.

6. Способ создания кавитирующей струи жидкости: пат. 14239 Республика Беларусь, МПК В 08В3/04 / И.В. Качанов, В.В. Недбальский, И.М. Шаталов, А.В. Филипчик (РБ). – № а 20090681, заявл. 12.05.2009; опубл. 30.12.2010.

УДК 627.8-1

И.И. Смагин, А.В. Лыш, В.А. Пришивалко

Научные руководители: И.М. Шаталов; М.К. Щербакова

Белорусский национальный технический университет

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЗМЕРОВ ЗОН
ВРЕДНОГО ВЛИЯНИЯ ЗЕМСНАРЯДА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ
ДНОУГЛУБИТЕЛЬНЫХ РАБОТ НА ВОДОТОКАХ РЕСПУБЛИКИ
БЕЛАРУСЬ**

В Республике Беларусь на больших и средних водотоках (реках и каналах) постоянно проводятся дноуглубительные работы с целью организации бесперебойного движения водного транспорта и работы по добыче сыпучих строительных материалов (песка, гравия и т.д.). Вышеуказанные работы связаны с постоянной эксплуатацией землесосных снарядов (земснарядов). При работе земснарядов (особенно при их включении) происходит интенсивное взвешивание частиц грунта, слагающих русло водотока. Далее взвешенные частицы переносятся потоком воды вниз по течению водотока (реки или канала), оказывая вредное воздействие на объекты животного мира и (или) среду их обитания и создавая экологические чрезвычайные ситуации.