

импортозамещающей технологии комбинированного выдавливания резцов для снятия нежестких дорожных покрытий» (№ гос. регистрации 20212083).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Качанов И.В. Технология изготовления резцов для дорожных машин / И.В. Качанов, И.М. Шаталов, А.А. Рубченя, К.Ю. Быков // Materials of the XIII International scientific and practical Conference Proceedings of academic science – 2017, August 30 – September 7, 2017: Sheffield. Science and education LTD. – Volume 4. – № 9. – P. 24–29.

УДК 669:620.197

ИННОВАЦИОННАЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ РЕВЕРСИВНО-СТРУЙНОЙ ОЧИСТКИ (РСО) СУДОВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ОТ КОРРОЗИИ

Ковалёнок Н.А., Денисов В.А.

*Научный руководители: д.т.н., проф., Качанов И.В., ст. преподаватель
Шаталов И.М.*

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. 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.

Для устранения отмеченных недостатков, с одновременным повышением производительности труда предлагается при очистке использовать реверсивно-струйное течение жидкости относительно обрабатываемой поверхности. 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 $70\div 80\%$. Кроме того, устройство, использующее реверсивную струю рабочей жидкости, позволяет решить вопросы по сбору жидкости после проведения очистки поверхности и отправить ее на регенерацию.

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 энергоэффективной 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 исследования энергоэффективного процесса реверсивно-струйной очистки металлических поверхностей, а также разработана методика расчета основных параметров, влияющих на процесс энергоэффективной реверсивно-струйной очистки судовых стальных поверхностей.

Объектом исследования является энергоэффективная инновационная технология реверсивно-струйной очистки (РСО) судовых поверхностей от

коррозии. Предмет исследования – энергоэффективное инновационное устройство для реализации технологии РСО. Цель работы – разработать современную отечественную энергоэффективную инновационную технологию реверсивно-струйной очистки судовых поверхностей от коррозии; провести теоретические и экспериментальные исследования по определению оптимальных параметров технологии РСО.

На кафедре «ГЭСВТГ» БНТУ была разработана новая отечественная энергосберегающая технология реверсивно-струйной очистки (РСО) судовых поверхностей от коррозии. Эта технология РСО позволяет за счет разворота струи рабочей жидкости на 180° повысить в $1,5 \div 2$ раза силу струйного воздействия на обрабатываемую поверхность, что способствует значительной экономии энергоресурсов.

Кроме того, разработан состав рабочей жидкости, значительно повышающий качество обработки судовой поверхности. Полученный состав позволяет помимо очистки поверхности наносить защитное пленочное покрытие, длительное время предотвращающее образование повторных очагов коррозии.

На основе приближенного энергетического метода (метода верхней оценки) была также разработана математическая модель расчета давления разрушения от воздействия реверсивной струи на обрабатываемую поверхность, состоящую из слоя коррозионных отложений.

В результате решения вариационной задачи получена теоретическая зависимость для расчета минимальной величины давления разрушения p_{\min} в точке соударения реверсивной струи с преградой, учитывающая механические свойства разрушаемого материала – предел текучести σ_s и его плотность ρ , скорость струи $v_{\text{стр}}$ и параметр реверсивного течения – коэффициент обжатия струи λ . Далее в лаборатории кафедры «ГЭСВТГ» БНТУ были проведены экспериментальные исследования по определению оптимальных параметров технологии РСО.

Сопоставление экспериментальных данных, полученных с помощью двух методик (базируются на основе применения датчика разности давлений ЭДП-30 и пружинного динамометра с пределами измерений 25 и 80 МПа соответственно), с теоретическими в диапазоне рабочих скоростей реверсивного струйного воздействия $v_{\text{стр}} = (140 \div 200)$ м/с и давлений на преграду $14 \div 43$ МПа показало расхождение порядка $4 \div 15$ %. Полученное незначительное расхождение между теорией и экспериментом показывает, что оптимизированная теоретическая зависимость является вполне корректной и может быть использована в инженерной практике как для прогнозирования энергосиловых и кинематических параметров процесса реверсивно-струйной

очистки, так и для подбора соответствующего насосного оборудования, предназначенного для реализации этого процесса.

В результате выполненных исследований разработана конструкция нового струеформирующего устройства, обеспечивающая повышение силового воздействия на обрабатываемую поверхность за счет реверсивного разворота струи рабочей жидкости; получен патент Республики Беларусь на изобретение; проведены теоретические и экспериментальные исследования по определению оптимальных параметров технологии РСО.

Проведены промышленные испытания установки энергоэффективной реверсивно-струйной очистки судовых поверхностей на производственной базе «Элизер» (г. Минск) на лазерном комплексе Nurex Gear 510 (Япония).

Результаты работы внедрены в учебном процессе БНТУ, на предприятии СООО «Элизер» и ООО «Амкодор-Можа». Работа выполнялась в рамках договоров о научно-техническом сотрудничестве №02-07 от 04.07.2017 г. СООО «Элизер» и №37 от 09.07.2018 г. с ООО «Амкодор Можа», а также гранта Министерства образования Республики Беларусь ГБ 12-12 №20120807.

УДК 608

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ СЕПАРАЦИИ ПУЛЬПЫ (ЭТСП) ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ДНОУГЛУБИТЕЛЬНЫХ РАБОТ НА ВОДОВОТОКАХ И ВОДОЁМАХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Шкрабкова Н.В., Климович В.А.

Научные руководители: д.т.н., проф., Качанов И.В., ст. преп., Шаталов И.М., ассистент Хвилько К.В.

Проведение дноуглубительных работ на внутренних водных путях Республики Беларусь является одним из условий обеспечивающим судоходство пассажирских и грузовых судов. Эти работы осуществляются специальными плавучими дноуглубительными землесосными снарядами (земснарядами), предназначенными для подводной разработки грунта[1,2]. В организациях внутреннего водного транспорта Республики Беларусь эксплуатируется около 30 таких машин. Дополнительно указанные земснаряды выполняют работы по добыче песка со дна рек и озер для обеспечения потребностей строительства и других отраслей хозяйственной деятельности в Республике Беларусь[3]. В данной статье представлена энергосберегающая технология сепарации пульпы и устройство для её