

УДК 330:64.011.44

DOI: 10.26140/anie-2020-0904-0051

ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕКУПЕРАЦИИ АБРАЗИВОВ В СУДОРЕМОНТНОЙ ОТРАСЛИ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

© 2020

AuthorID: 801610

SPIN-код: 7996-8311

ORCID ID: 0000-0002-0575-2901

Макарова Вера Николаевна, кандидат технических наук,
доцент кафедры туризма и экологии

*Владивостокский государственный университет экономики и сервиса
(690014, Россия, Владивосток, улица Гоголя, 41, e-mail: boyikova@mail.ru)*

Аннотация. В статье исследованы теоретические основы расчета экономической эффективности от внедрения рекуперации абразивов в судоремонтной отрасли. Снижение расходов используемого сырья и ресурсов позволит снизить стоимость очистки судов, а также способствовать уменьшению количества отходов производства. Уменьшение количества отходов позволит также уменьшить экологическую нагрузку на регион и снизить экологические налоги для предприятия. Расчет экономической эффективности проводился в аспекте использования материалов доступных для Дальнего Востока. Использование оборудования с возможностью рекуперации абразива при пескоструйных работах является экономически оправданным и эффективным методом снижения затрат. Для большего сокращения расходов при проведении очистных работ также был произведен отбор и обосновано применение высококачественного абразива. Кроме экономической выгоды, предложенная модернизация процессов, также положительно повлияет на производительность труда и сокращение расходов, а отсутствие пыли в зоне проведения работ может улучшить экологическую обстановку и условия труда работников предприятия. Практика использования подобного оборудования на судоремонтных предприятиях в других странах, подтверждает высокую эффективность метода и позволяет прогнозировать рост использования систем рекуперации и в России.

Ключевые слова: экономическая эффективность, устойчивое развитие, рекуперация, абразив, стоимость, результаты исследований, окружающая среда, материальные расходы, судоремонтное производство, механическая очистка.

ECONOMIC RATIONALE AND PROSPECTS FOR USING ABRASIVE RECOVERY IN THE MARITIME ENGINEERING OF THE FAR EAST

© 2020

Makarova Vera Nikolaevna, candidate of engineering sciences, associate professor
of the chair of tourism and ecology

*Vladivostok State University of Economics and Service
(690014, Russia, Vladivostok, street Gogolya, 41, e-mail boyikova@mail.ru)*

Abstract. In the article, theoretical bases of calculation of economic efficiency from the introduction of abrasive recovery in the maritime engineering. Reducing the cost of raw materials and resources used will reduce the cost of cleaning ships, as well as help to reduce the amount of production waste. Reducing the amount of waste will also reduce the environmental burden on the region and reduce environmental taxes for the enterprise. The calculation of economic efficiency was carried out in the aspect of using materials available for the Far East. The use of equipment with the ability to recover abrasives during sandblasting is an economically viable and effective method of reducing costs. In order to further reduce costs during the cleanup work, a selection was also made and the use of high quality abrasive was justified. In addition to economic benefits, the proposed process modernization will also have a positive effect on labor productivity and cost reduction, and the absence of dust in the work area can improve the environmental situation and working conditions of the enterprise employees. The practice of using such equipment at shipyards in other countries confirms the high efficiency of the method and makes it possible to predict an increase in the use of recuperation systems in Russia.

Keywords: economic efficiency, sustainable development, recovery, abrasive, cost, research results, environment, material costs, maritime engineering, mechanical cleaning.

Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными и практическими задачами.

Одним из приоритетных направлений развития человечества является обеспечение устойчивого развития. Важнейшим аспектом в контексте устойчивого развития является экономическое развитие стран, в частности их промышленного производства, поскольку для сохранения и улучшения состояния окружающей среды необходимо достаточное количество материальных и финансовых ресурсов.

Для развития производства и инновационных технологий необходимо постоянно проводить усовершенствование технологических процессов с экологической и экономической точки зрения в различных отраслях экономики. Одними из важнейших отраслей экономики страны являются судостроительная и судоремонтная. Они потребляют значительную часть ресурсов, средств, а также оказывающие серьезное воздействие на окружающую среду.

Анализ последних исследований и публикаций. Общие аспекты развития судостроительной и судоремонтной отрасли рассматриваются в работах [1-3]. Зачастую рассматриваются такие направления как, конкурентоспособность отрасли [4], или же региональные особенности

[3-5].

Аспекты расчета экономической эффективности судоремонтного комплекса рассматриваются в работах В.М. Приходько, И.В. Приходько, Д.И. Игнатова, В.А. Осипова, И.С. Астафуровой, Павлова Р.В., Протченко П.С. [6-8]. Однако зачастую никто не уделяет внимание расчету экономических показателей при внедрении рекуперации.

Формирование целей статьи. Целью статьи является теоретическое обоснование эколого-экономической эффективности внедрения рекуперации абразивов в судоремонтной сфере.

Изложение основного материала исследования с полным обоснованием полученных результатов.

Прежде чем перейти непосредственно к расчету экономической эффективности технологии, следует остановиться и более детально рассмотреть вопросы, связанные с особенностями применения методов очистки металла с помощью абразивов в судоремонтной сфере.

Так одним из основных способов очистки, применяемым в судоремонте является механическая очистка металла. Механическую очистку подразделяют на: ручную, пескоструйную, гидро-пескоструйную, гидро-струйную, дробеструйную [9]. Ручную очистку осуществ-

влияют: молотками, кирками, скребками, проволочными щетками. Этот способ трудоемок и используется лишь в исключительных случаях, как правило, при очистке единичных палубных механизмов или участков небольшой площади. С появлением в составе флота судов, площадь очистки которых составляет от 1,5 до 15 тыс. м², возникла необходимость оперативного выполнения очистки их корпусов в минимальные сроки. Для этих целей в мировой практике судоремонтных предприятий используют пескоструйную, дробеструйную и гидроструйную очистку [10]. В основе всех этих способов лежит один метод – удаление старой краски, ржавчины с поверхности металла путем ударов частиц абразива или струи воды, подаваемых под большим давлением. Поверхность с помощью таких методов может быть очищена до самой высокой степени чистоты – Sa3 – до металлического блеска.

На предприятии «СК «Первомайское» используют метод пескоструйной очистки, в качестве абразива используется купершлак.

Основным недостатком абразивной очистки является значительное количество отходов (отработанный абразив, окалина и продукты коррозии), которые необходимо убирать со стапель палубы дока перед процессом последующей окраски. Расход абразивного материала на ООО «СК «Первомайское» составляет 30 кг/м², что обусловлено типом используемого оборудования. При площади очистки 1 300 м² – площадь наружной обшивки подводной части, надводной части, палуб и надстроек судна типа СТР – общая масса абразива составит около 40 т., к ним нужно прибавить еще вес снятой старой краски и ржавчины, что составит еще 2-3 т. Все эти отходы убираются вручную из-под днища судна.

В 2018–2019 годах, по заданию руководства компании, технологической службой изучался вопрос снижения образования данного вида отходов, для чего было принято решение перейти на гидроструйную очистку в теплый период времени года. Для этих целей было закуплено оборудование корейского производства компании «BC Taechng Industrial Corp». Испытание оборудования и внедрение новой технологии было запланировано на апрель – май 2020 года. Использование гидроструйной очистки должно было значительно снизить образование данного вида отходов в год, но совсем отказаться от абразивной технологии в климатических условиях Приморского края невозможно, т.к. использование водоструйной очистки в зимний период ограничено из-за замерзания воды при низких температурах. Испытание данного оборудования было проведено и выявило ряд недостатков данного метода, ставящих под вопрос использование гидроструйного метода очистки в наших условиях. В результате испытаний было выявлено, что данная технология не может быть применима в климате с высокой влажностью окружающего воздуха, т.к. высыхание поверхности металла при влажности выше 75 % происходит достаточно медленно и очищенный металл покрывается тонкой пленкой ржавчины, которая мешает адгезии лакокрасочного материала при последующей окраске судна. Для устранения этого недостатка необходим дополнительный обдув корпуса горячим воздухом после гидроструйной очистки, но это ведет к удорожанию и замедлению процесса. Вторым значительным недостатком данного метода является то, что вся сбитая старая краска и ржавчина попадает непосредственно на стапель палубу дока и струями воды смывается в море, крупные фракции оседают на дно, а мелкие остаются на поверхности, распространяясь на довольно большую территорию поверхности воды. Т.е. при использовании данного метода очистки необходимы дополнительные устройства сбора отходов очистки, что довольно затруднительно сделать в условиях дока. По итогам испытаний, руководством было принято решение попробовать данную технологию на очистке небольших буксиров, катеров, ремонт и очистка которых производится не в доке,

а на берегу. К концу 2020 года будут окончены работы по строительству очистных сооружений для ливневых стоков, которые можно будет дооборудовать под сбор отходов от гидроструйной очистки, и, при успешных испытаниях, использовать данную технологию, хотя бы при ремонте мелких судов.

Каким же способом можно все-таки уменьшить образование отходов абразива от очистки судов? При рассмотрении этой темы был изучен вопрос возможности повторного использования абразива [11].

Применяемые абразивы могут значительно отличаться по абразивной способности, расходу на очистку 1 м², вид абразива влияет на скорость очистки и себестоимость. Рассмотрим возможности применения различных абразивов для задач судоремонта. Для этого сравним достоинства и недостатки абразивов [12]:

– Кварцевый песок имеет низкую цену и повсеместно доступен. Из недостатков можно отметить наличие в составе кварца в свободной форме, так как пыль, возникающая в результате разрушения частицы, очень вредна для здоровья и вызывает смертельно опасное и неизлечимое заболевание – силикоз, а также высокое пылеобразование, большой расход и необходимость просушки перед применением. Основным направлением применения является очистка бетонных или каменных поверхностей с использованием системы пылеподавления.

– Купершлак и никельшлак обладают высокой абразивной способностью, твердостью и динамической прочностью частиц, в следствии этого – более низким пылеобразованием, а также низкой ценой. К недостаткам можно отнести достаточно высокий расход абразивного порошка на 1 м². Используется для очистки металлических поверхностей на открытых площадках.

– Пластиковые абразивы и стеклянная дробь оказывают щадящее действие на обрабатываемые поверхности. Данный абразив является экологически чистым, не имеет эффекта намагничивания, но обладает высокой ценой. Применяется для обработки мягких металлов, сплавов, пластмасс, композиционных материалов, стекла, керамики, дерева; подходит для реставрационных работ.

– Гарнет. Многократное использование, высокая эффективность очистки, низкое пылеобразование и низкий расход делают данный абразив удачным для применения во многих областях производства. Но высокая стоимость и отсутствие производства в России ограничивают возможности его применения. Используют гарнет для беспылевой очистки металлических и других видов поверхностей.

– Электрокорунд. К достоинствам данного материала относятся возможность многократного использования и высокая абразивная способность, которая повышает скорость очистки. Использование абразива на отдельных видах металлов может приводить к дальнейшей коррозии. Такой способ предпочтителен для обработки алюминия, цветных металлов и нержавеющей стали.

– Чугунная и стальная дробь цельная обладают высокой твердостью, высокой абразивной способностью, экологичностью, возможностью многократного использования и отсутствием пылеобразования. Чугунная дробь более твердая, но хрупкая, быстрее разрушается. Применяется при дробеструйной и дробеметной обработке поверхностей, подготовки к гальваническому покрытию.

Рассмотрев данные виды абразивов можно сделать вывод, что в судоремонте не применимы кварцевый песок, пластиковая, стеклянная и керамическая дробь, а так же стальная и чугунная дробь. Из оставшихся видов абразива так же можно исключить гарнет, т.к. он не производится в России, официальными дистрибьюторами в нашей стране являются всего 2 компании, на Дальний восток его готовы поставлять только в очень больших объемах, которые компания не готова осваивать.

Произведем расчет себестоимости расхода абразивных материалов с учетом рекуперации (повторного использования). Данный расчет даст нам примерные данные, т.к. качество и свойства абразива для пескоструя зависят от места его добычи или производства, а количество циклов возможного использования связаны с характером очищаемой поверхности, давлением сжатого воздуха и его потерями, формой сопел и мастерством оператора. К тому же расход абразива при пескоструйной очистке напрямую зависит от пескоструйного оборудования, компрессора, условий работы и личного мастерства оператора.

Рассчитывая цену абразива, расходуемого на 1 м² с учетом рекуперации, будем учитывать потери и то, что часть частичек абразива разрушается в процессе работы и требуется их добавление. Этот коэффициент составляет в среднем около 1% в зависимости от качества и вида абразива [11]. Формула расчета будет выглядеть следующим образом:

$$\tilde{N} = \tilde{O} * \tilde{D} / \tilde{E} + (\tilde{O} * \tilde{D} * \tilde{E}) \quad (1)$$

где, \tilde{N} – стоимость абразива, расходуемого на 1 м² с

учетом рекуперации, руб.

\tilde{C} – цена абразива за 1 кг, руб.

\tilde{P} – расход абразива на 1 м², кг

\tilde{K} – количество возможных рекупераций,

\tilde{K}_n – коэффициент потерь.

Полученные данные представлены в виде таблицы 1:

Таблица 1 Расчет цены абразива, расходуемого на 1 м² с учетом рекуперации

Абразив	Цена за 1 кг, руб.	Возможное количество использований	Расход на 1 м ² , кг	Цена на 1 м ² , руб.	Цена с учетом рекуперации, руб.
Купершлак	12,0	1,0	30,0	360,0	360,0
Никельшлак	14,0	1,0	30,0	420,0	420,0
Электрокорунд	69,0	5,0	3,0-10,0	210,0-690,0	44,2 - 299,0
Дробь стальная колотая	79,0	50,0	0,2-0,6	15,8-47,4	0,5-1,4

Составлено на основании данных [11-12].

Стоимость 1 кг абразивного материала была взята из прейскуранта среднерыночных цен компаний, специализирующихся на торговле данным видом оборудования и расходных материалов на территории России и имеющей представительства в городах Дальнего Востока, таких как ООО «ППК оборудование».

Сравнительный анализ явно показывает преимущества использования таких абразивов как электрокорунд или стальная дробь, а ведь еще существуют затраты на: разгрузку, хранение, транспортные расходы, трудозатраты на сбор абразива после проведения или во время проведения пескоструйных работ, расходы на утилизацию отходов.

Следует отметить, что изменение использования вида абразивного материала и использования его рекуперации влечет за собой полное изменение технологического процесса очистки и полную замену всего оборудования, что является достаточно сложным и трудоемким процессом, но повторное использование – регенерация абразива в абсолютном большинстве случаев ведет к значительному сокращению расходов на материалы и их утилизацию и достаточно быстро окупается вложениями в переоборудование производства. С каждым годом стоимость абразива увеличивается, и все больше возрастает интерес компаний, ведущих работы по абразивоструйной очистке, к системам сбора и рекуперации абразива, как к фактору снижения расходов при проведении работ [12-13].

Выводы исследования и перспективы дальнейших изысканий.

Использование оборудования с возможностью рекуперации абразива при пескоструйных работах является экономически оправданным и эффективным методом снижения затрат. Для большего сокращения расходов

при проведении очистных работ также необходимо применение высококачественного абразива. Кроме экономической выгоды, предложенная модернизация процессов, также положительно повлияет на производительность труда и сокращение расходов, а отсутствие пыли в зоне проведения работ может улучшить экологическую обстановку и условия труда работников предприятия.

Практика использования подобного оборудования на судоремонтных предприятиях в других странах, подтверждает высокую эффективность метода и позволяет прогнозировать рост использования систем рекуперации и в нашей стране.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Боданова Е.Н., Бородин И.В. Состояние и перспективы развития судостроительной и судоремонтной отрасли в Российской Федерации // Перспективы науки и образования. – 2014. № 5(11). – С. 185–188.
2. Тактаров Г. А., Набиев Р. А., Кондрицкий М. А. Анализ состояния и тенденций развития судостроительно-судоремонтной отрасли Российской Федерации // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Экономика. – 2013. № 2. – С. 118–125.
3. Осипов В.А., Астафурова И.С., Жилина Л.Н. Проблемы развития судостроительно-судоремонтного комплекса Дальнего Востока России : монография. – Владивосток : Изд-во ВГУЭС, 2014. – 219 с.
4. Савалей В.В., Белецкий А.А. Развитие судостроительной и судоремонтной промышленности Дальнего Востока России в условиях открытого рынка и обострения конкуренции // Известия Дальневосточного федерального университета. Экономика и управление. – 2012. №2. – С. 20–30.
5. Логунова Н.А., Неплюева Ю.А. Анализ положения судостроительно-судоремонтной отрасли в республике Крым // Символ науки. – 2016. № 7; URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-polozheniya-sudostroitelno-sudoremontnoy-otrasli-v-respublike-krym>
6. Приходько В. М., Приходько И. В., Игнатов Д. И. Повышение эффективности энергообеспечения судостроительно-судоремонтных предприятий // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. – 2015; URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/povyshenie-effektivnosti-energoobespecheniya-sudostroitelno-sudoremontnyh-predpriyatiy>
7. Осипов В.А., Астафурова И.С. Сравнительный анализ финансово-экономического и технологического выполнения судоремонтных работ на предприятиях Дальнего Востока, Китайской Народной Республики и республики Корея // Экономика и предпринимательство. – 2013. № 7. – С. 514–518.
8. Павлов Р.В., Протченко П.С. Пути повышения эффективности деятельности предприятий судостроения // Власть и управление на Востоке России. – 2008. № 3 (44). – С. 78–83.
9. Основные способы очистки металлической поверхности от ржавчины. Единый стандарт: [caim]. – URL: <https://1cert.ru/stati/osnovnye-sposoby-ochistki-metallicheskoj-poverkhnosti-ot-rzhavchiny> (дата обращения: 20.06.2020).
10. Механизация корпусных работ. Sea-man.org: [caim]. – URL: <https://sea-man.org/korpusnye-raboty.html> (дата обращения: 20.06.2020).
11. Расход пескоструйного абразива. Kupershlak.ru: [caim]. – URL: <https://kupershlak.ru/poleznaya-informatsiya/raskhod-kupershlaka>. (дата обращения: 20.06.2020).
12. Пескоструйное оборудование. Активатор.pf: [caim]. – URL: https://пескоструйное-оборудование.pf/vybor_abraziva (дата обращения: 20.06.2020).
13. Пескоструйная обработка. Obabrasive.com: [caim]. – URL: <https://obabrasive.com/peskostrujnaya-obrabotka/rashod-peska-na-1-m2.html> (дата обращения: 20.06.2020).

Статья поступила в редакцию 11.08.2020

Статья принята к публикации 27.11.2020