

## СУДОСТРОЕНИЕ И СУДОРЕМОНТ

DOI: 10.21821/2309-5180-2021-13-1-80-86

### RESTORATION OF BRONZE BUSHINGS BY AUTOMATIC SURFACING

**A. A. Trofimov, A. A. Kuz'min, D. V. Tretyakov**

Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping,  
St. Petersburg, Russian Federation

*The area of increased wear of the bronze sliding bushes of ship parts can be the outer or inner surfaces. For ship repair enterprises, it is preferable to restore the outer cylindrical surface of the part, which is much easier. Experience in the repair of propeller shaft linings and surfacing of hollow cylindrical bushings of the stock shows that surfacing on the outer surface leads to a decrease in the inner diameter of the part. This opens up the possibility of restoring the wear of the inner surface by surfacing the outer one. The conducted research is aimed at determining the maximum allowable wear on the inner surface, which could be restored by surfacing on the outer surface, and at the development of repair technology. To select the restoration technology, surfacing is carried out in three ways: automatic under a layer of AN-348A flux on alternating current — SAW; in an inert gas environment (Ar) with a direct current of reverse polarity — MIG-welding; and surfacing with a compressed arc with a current-carrying filler wire at direct current of direct polarity — plasma surfacing. In the course of research, when comparing three surfacing technologies, the number of surfacing turns, heat input, and cooling temperature are varied, the surface quality and changes in the inner diameter of the samples are assessed. Plasma cladding is the preferred restoration technology, which provides a high quality of the clad surface. However, its use for the considered standard size of the part is advisable only when the inner diameter of the sleeve is restored to 2.0 mm. After surfacing by all methods, the inner surface of the bushings has the shape of one-sheeted hyperboloid. The end portions that failed to weld up had practically no deformations. Elimination of this drawback is technologically possible by installing output “strips”, i. e. rings that will allow surfacing along the entire length of the sleeve surface. The analysis of the experiments results makes it possible to formulate the technological recommendations for the restoration of bronze bushings of ship parts. After production tests, this technology can be implemented at Kanonersky Shiprepairing Yard, JSC.*

*Keywords: Ship parts, bronze linings, stock bushings, AC, inert gas surfacing, plasma surfacing.*

**For citation:**

Trofimov, Alexandr A., Alexandr A. Kuz'min, and Dmitri V. Tretyakov. “Restoration of bronze bushings by automatic surfacing.” *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 13.1 (2021): 80–86. DOI: 10.21821/2309-5180-2021-13-1-80-86.

УДК 621.791.927

### ВОССТАНОВЛЕНИЕ БРОНЗОВЫХ ВТУЛОК АВТОМАТИЧЕСКОЙ НАПЛАВКОЙ

**А. А. Трофимов, А. А. Кузьмин, Д. В. Третьяков**

ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова»,  
Санкт-Петербург, Российская Федерация

*Выполнено исследование различных способов восстановления бронзовых втулок скольжения судовых деталей наплавкой. Областью повышенного изнашивания бронзовых втулок скольжения судовых деталей является как наружная, так и внутренняя поверхность. Отмечается, что для судоремонтных предприятий предпочтительным является восстановление наружной цилиндрической поверхности детали, что значительно проще. Опыт ремонта облицовок гребных валов и наплавки полых цилиндрических втулок баллера показывает, что наплавка по наружной поверхности приводит к уменьшению внутреннего диаметра детали. Это дает возможность восстановления износа внутренней поверхности путем*

наплавки наружной. Проведенные исследования направлены на определение максимально допустимого износа внутренней поверхности, который можно было бы восстановить наплавкой по наружной поверхности, и разработку технологии ремонта. Рассмотрены три способа наплавки, применяемых для выбора технологии восстановления: автоматическая под слоем флюса АН-348А на переменном токе — АДФ; в среде инертного газа (Аргон) постоянным током обратной полярности — МИГ; наплавка сжатой дугой токоведущей присадочной проволокой на постоянном токе прямой полярности — плазменная наплавка. Подчеркивается, что в процессе исследований, при сопоставлении трех технологий наплавки, варьировались число витков наплавки, погонная энергия, температура охлаждения, оценивалось качество поверхности и изменение внутреннего диаметра образцов. При этом предпочтительной технологией восстановления является плазменная наплавка, обеспечивающая высокое качество наплавляемой поверхности. Однако ее применение для рассматриваемого типоразмера детали целесообразно только при восстановлении внутреннего диаметра втулки до 2,0 мм. В процессе проведения исследования, после наплавки всеми способами, внутренняя поверхность втулок имела форму однополостного гиперболоида. Концевые участки, которые не удалось наплавить, практически не имели деформаций. Отмечается, что устранение этого недостатка технологически возможно установкой выводных «планок», т. е. колец, которые позволят выполнить наплавку по всей длине поверхности втулки. Анализ результатов экспериментов позволил сформулировать технологические рекомендации по восстановлению бронзовых втулок судовых деталей.

*Ключевые слова:* судовые детали, бронзовые облицовки, втулки баллера, наплавка на переменном токе, в среде инертных газов, плазменная наплавка.

**Для цитирования:**

Трофимов А. А. Восстановление бронзовых втулок автоматической наплавкой / А. А. Трофимов, А. А. Кузьмин, Д. В. Третьяков // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2021. — Т. 13. — № 1. — С. 80–86. DOI: 10.21821/2309-5180-2021-13-1-80-86.

### Введение (Introduction)

Сплавы бронзы получили широкое распространение на судах в качестве узлов скольжения подшипников различных технических средств и механизмов<sup>1</sup>. В зависимости от конструкции подшипника поверхностью трения, а, соответственно, и областью повышенного изнашивания, может являться наружная или внутренняя часть втулки [1]–[3]. Примером изнашивания наружной поверхности конструкции может служить изнашивание облицовок гребных валов, а внутренней — изнашивание втулок баллера рулевого комплекса<sup>2</sup> [4].

Современные методы восстановления бронзовых втулок [5]–[7], обладая рядом преимуществ, таких как скорость, простота, технологичность процесса имеют тем не менее ряд ограничений, в первую очередь, касающихся габаритов восстанавливаемых деталей. Другие методики [8]–[10] имеют ограничения по толщине восстанавливаемого слоя. Для судоремонтных предприятий предпочтительным является восстановление наружной цилиндрической поверхности детали, что значительно проще, так как необходимые устройства и приспособления можно располагать без значительных ограничений по их габаритам<sup>3</sup> [11]–[13]. При ремонте полых цилиндрических деталей по внутренней поверхности следует учитывать ограниченность пространства, что предъявляет новые требования к оборудованию и технологии. Опыт ремонта облицовок гребных валов и наплавки полых цилиндрических деталей [14], [15] показывает, что наплавка по наружной поверхности приводит к уменьшению внутреннего диаметра деталей. Это открывает возможность восстановления износа внутренней поверхности путем наплавки наружной.

Проведенные авторами исследования были направлены на определение максимально допустимого износа внутренней поверхности, который можно восстановить наплавкой по наружной поверхности, и разработку технологии ремонта.

<sup>1</sup> РТМ 31.8006–76. Облицовки гребных валов. Технические требования к материалам (с изм. № 1). Дата введ. 01.01.1978.

<sup>2</sup> А. с. SU 988657 А1, СССР. Способ ремонта облицовки гребных валов / Д. Л. Грингауз, А. И. Ступин, 1983.

<sup>3</sup> ОСТ 5.9792–80. Наплавка плазменная с токоведущей присадочной проволокой коррозионно-стойких антифрикционных металлов и сплавов. Типовой технологический процесс. 43 с.

### Методы и материалы (Methods and Materials)

Эксперименты проводились на цилиндрических образцах (рис. 1) из бронзы БрО10Ц2 длиной 200 мм, что соответствует втулкам баллера руля судов пр. 1570. Внутренний диаметр с учетом износа 3,0–4,0 мм был проточен до диаметра 205 мм.

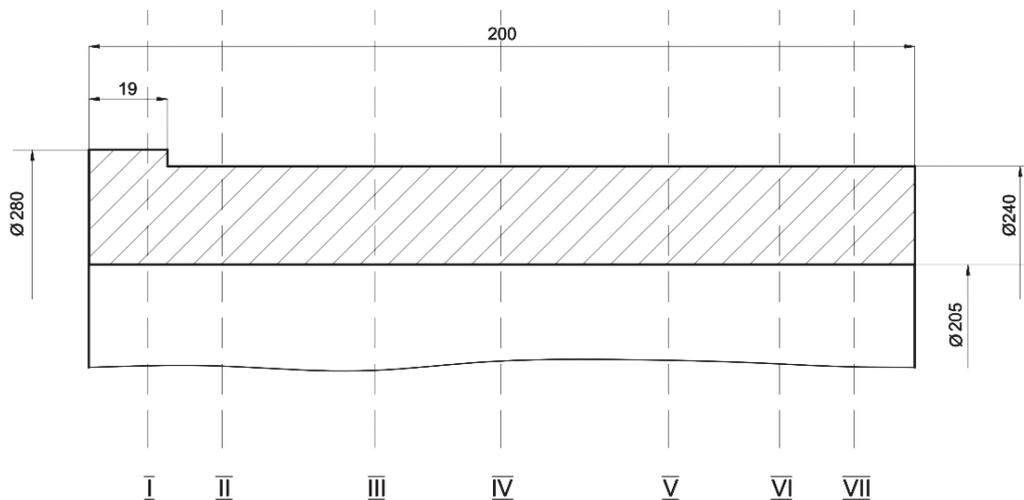


Рис. 1. Общий вид втулки баллера с сечениями замеров

Для выбора технологии восстановления наплавка выполнялась тремя способами: автоматическая под слоем флюса АН-348А на переменном токе — АДФ; в среде инертного газа (Ar) постоянным током обратной полярности — МИГ; наплавка сжатой дугой токоведущей присадочной проволокой на постоянном токе прямой полярности — плазменная наплавка. Способы и режимы наплавки бронзовых втулок приведены в табл. 1.

Таблица 1

#### Способы и режимы наплавки бронзовых втулок

Способ наплавки	Сила тока А	Напряжение дуги В	Скорость, м/ч		Относительный шаг наплавки	Погонная энергия, Дж/см	Размер валика, мм		
			наплавки	подачи проволоки			ширина	высота	глубина
АДФ	260	30	18,5	200	1,2	5592,4	20,0	7,0	4,0
	280	32	18,5	200	0,4	5592,4	20,0	7,0	4,0
МИГ	280	24	45,6	200	0,4	3721,5	20,0	5,0	1,5
Плазменная наплавка	240	18	23,9	100	0,4	3809,5	20,0	4,0	0,3
	290	20	23,9	100	0,4	5225,2	20,0	4,0	0,3

Режимы наплавки были установлены согласно рекомендациям нормативных документов и скорректированы под конкретные условия. Наплавку производили по наружной поверхности в два слоя бронзовой проволокой БрКМц3–1 диаметром 2,0 мм. Приращение наружного диаметра для каждого слоя составляло 3,5–4,0 мм. Приспособления для установки и крепления образца (втулки) оказали влияние на деформационные явления в процессе наплавки.

Наплавка производилась с предварительным подогревом втулок на 100–120 °С. В процессе нанесения покрытия не допускался нагрев металла основы выше 450–500 °С, так как при большом нагреве происходит резкое снижение пластических свойств основного металла и возникает вероятность провала сварочной ванны. Контроль температуры осуществлялся в течение всей технологической операции термокарандашами.

В процессе исследований (при сопоставлении трех технологий наплавки) варьировались следующие параметры: число витков наплавки, погонная энергия, температура охлаждения, а также оценивалось качество поверхности и изменение внутреннего диаметра образцов.

### Результаты и обсуждение (Results and Discussion)

После каждого этапа наплавки (первого и второго слоя) и охлаждения производились измерения внутреннего диаметра втулок в семи сечениях в двух взаимно перпендикулярных плоскостях. Результаты измерений радиальных деформаций представлены в табл. 2 среднеарифметическими величинами трехкратного измерения.

Таблица 2

#### Результаты измерений радиальных деформаций

Способ наплавки	Этапы замеров деформации	Деформация после наплавки	Величина деформаций						
			Сечения замеров						
			I	II	III	IV	V	VI	VII
АДФ	Один слой	Абсолютная, мм	0,99	4,11	4,32	5,20	4,36	1,31	–
	Два слоя		0,58	2,35	4,79	4,53	2,93	1,11	–
	Общая		1,57	6,46	9,11	9,73	7,29	2,42	–
	Один слой	Относительная	4,63	19,23	20,21	24,33	20,39	6,13	–
	Два слоя		2,74	10,99	20,40	21,19	13,71	5,19	–
	Общая		7,37	30,22	40,61	45,52	34,10	11,32	–
МИГ	Один слой	Абсолютная, мм	0,85	2,50	2,59	2,26	1,95	2,35	1,72
	Два слоя		0	1,48	1,40	1,49	1,19	0,88	0
	Общая		0,85	3,98	3,99	3,75	3,14	3,23	1,72
	Один слой	Относительная	4,10	12,08	12,51	10,92	9,42	11,35	8,31
	Два слоя		0	7,14	6,76	7,19	5,74	4,25	–
	Общая		4,10	19,22	19,27	18,11	15,16	15,60	8,31
Плазменная наплавка	Один слой	Абсолютная, мм	0,08	0,44	1,22	1,41	1,06	0,71	–1,16
	Два слоя		0,14	0,44	1,00	1,11	0,94	–	–
	Общая		0,22	0,88	2,22	2,52	2,00	0,71	–1,16
	Один слой	Относительная	0,41	2,24	6,22	7,19	5,41	3,62	5,92
	Два слоя		0,71	2,24	5,10	5,67	4,79	–	–
	Общая		1,12	4,48	11,32	13,86	10,20	3,62	5,92

Измерения продольных деформаций, контролируемые в четырех направлениях, представлены в табл. 3.

Таблица 3

#### Результаты измерений продольных деформаций

Способ наплавки	Количество витков в слоях, шт.			Укорочение втулки, мм				
	Слои		Общее	Слои				Суммарное
	первый	второй		первый		второй		
				общее	на один виток	общее	на один виток	
АДФ	27,2	25,5	52,7	7,14	0,262	1,34	0,060	8,48
МИГ	37,0	35,0	72,0	7,40	0,200	1,48	0,042	8,88
Плазменная наплавка	34,0	26,0	60,0	4,94	0,145	2,66	0,102	7,8

*АДФ наплавка.* При наплавке первого слоя с естественным охлаждением использовали как двухзаходную, так и однозаходную наплавку. Однако малая толщина втулки, высокая погонная энергия, большая глубина проплавления и низкая теплоотдача в окружающую среду позволяют наплавить в среднем 2,5 витка. Принудительное охлаждение в данном случае реализовать практически невозможно. Наплавка первого слоя составила 27,5 витков, второго — 25,5.

Наплавленная поверхность имела волнистость и крупночешуйчатое строение.

*МИГ наплавка.* Процесс проводили по двум тепловым вариантам:

– без принудительного охлаждения участок первого слоя длиной ~ 40 мм, что соответствует положению примерно пять витков;

– с обдувом водо-воздушной смесью внутренней поверхности втулки, что обеспечило непрерывность процесса. Количество витков по слоям см. в табл. 3.

Наплавленная поверхность имела волнистость и мелкочешуйчатое строение. Процесс сопровождался интенсивным разбрызгиванием наплавляемого металла, а отдельные капли прихватывались к поверхности.

*Плазменная наплавка* также производилась по двум тепловым вариантам. Наплавка первого слоя на минимальных режимах ( $g_{\min}$ ) позволила наплавить участок по первому варианту длиной  $\sim 120$  мм, что соответствует  $\sim 21$  витку. Необходимо отметить, что процесс наплавки остановили на расстоянии  $\sim 18$  мм от торца втулки, так как его температуру трудно контролировать. Произошел перегрев выше  $600\text{--}700$  °С, что привело к образованию трещин в  $3\text{--}4$  мм, которые располагались под  $45^\circ$  к торцу и имели длину  $10\text{--}15$  мм. Наплавка второго слоя на увеличенных режимах вызвала рост трещин до  $25$  мм, т. е. отдельные трещины перешли в наплавленный металл. Наплавленная поверхность по шероховатости соответствовала черновой обработке режущим инструментом.

После наплавки всеми способами внутренняя поверхность втулок имела форму однополостного гиперболоида. Концевые участки, которые не удалось наплавить, практически не имели деформаций. Устранение этого недостатка технологически возможно установкой выводных «планок», т. е. колец, которые позволят выполнить наплавку по всей длине поверхности втулки.

### Заключение (Conclusion)

Анализ результатов экспериментов позволил сформулировать следующие рекомендации по восстановлению бронзовых втулок.

1. Перед наплавкой необходимо установить на концевые участки втулки выводные «планки», т. е. кольца, которые обеспечат наплавку по всей наружной поверхности, равномерность деформации внутренней поверхности и отсутствие негативных концевых эффектов.

2. Следует выдерживать тепловой режим процесса наплавки, т. е. выполнять предварительный подогрев до  $100\text{--}120$  °С и не допускать перегрева детали свыше  $450\text{--}500$  °С.

3. Предпочтительной технологией восстановления является плазменная наплавка, обеспечивающая высокое качество наплавляемой поверхности. Однако ее применение для рассматриваемого типоразмера детали целесообразно только при восстановлении внутреннего диаметра втулки до  $2,0$  мм.

4. Более универсальным способом наплавки является МИГ. Он обеспечивает восстановление до  $3,0$  мм при наплавке по наружной поверхности. Комбинированный вариант наплавки, т. е. наплавка в два-три слоя наружной поверхности с последующим переходом на внутреннюю, позволяет получать изменения диаметра, значительно превышающие  $3,0$  мм. В этом случае количество слоев и величина восстановления диаметра во многом определяются конструкцией наплавочной головки и используемыми материалами.

Использование сварочной проволоки меньшего диаметра ( $1,2\text{--}1,6$  мм) повышает качество формирования наплавляемой поверхности и значительно снижает разбрызгивание. Два верхних слоя предпочтительно наносить бронзовой проволокой БрОФ 6,5–0,15, так как она близка к бронзе БрКМц3–1 по технологическим сварочным показателям, а по эксплуатационным свойствам, коррозионной стойкости и антифрикционным свойствам соответствует материалу втулки баллера руля — бронзе Бр010Ц2.

### Благодарности (Acknowledgements)

Авторы выражают особую благодарность Николаю Михайловичу Вихрову — генеральному директору ЗАО «Канонерский судоремонтный завод» (Санкт-Петербург, Российская Федерация).

*The authors express special gratitude to the General Director N. M. Vihrov, Joint Stock Company Kanonersky Shiprepairing Yard, St. Petersburg, Russian Federation*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Балакин О. К. Технология судоремонта / О. К. Балакин. — М.: Транспорт, 1983. — 264 с.
2. Виниченко И. В. Микрогеометрия облицовки гребного вала и износ дейдвудных подшипников / И. В. Виниченко [и др.] // Тезисы докладов ЦП НТО им. акад. А. Н. Крылова. — Л.: Судостроение, 1981. — С. 156–158.
3. Погодаев Л. И. Надежность судового оборудования: монография / Л. И. Погодаев, А. А. Кузьмин, Ю. К. Лопарев. — СПб.: Изд-во ГУМРФ им. адм. Макарова, 2015. — 124 с.
4. Сумеркин Ю. В. Технология судоремонта: учебник для вузов / Ю. В. Сумеркин, В. П. Журавлев, А. А. Кузьмин. — 2-е изд., перераб. и доп. — СПб.: Изд-во СПбГУВК, 2003. — 274 с.
5. Келемеш А. А. Восстановление изношенных бронзовых деталей типа втулок методом вибрационного упрочнения / А. А. Келемеш // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. — 2012. — Т. 4. — № 7 (58). — С. 6–8.
6. Наталенко В. С. Применение стальной сетки для восстановления бронзовых втулок / В. С. Наталенко, И. А. Абдрахманов, А. П. Павлов // Наука молодых — инновационному развитию АПК: мат. IX Всерос. науч.-практ. конф. молодых ученых. — Уфа: Изд-во Башкирского государств. аграрного ун-та, 2016. — С. 84–87.
7. Орикбай А. К. Восстановление бронзовых подшипников скольжения обжатием / А. К. Орикбай, С. К. Тойгамбаев // International Journal of Professional Science. — 2019. — № 11. — С. 155–162.
8. Шекихачев Ю. А. Повышение эффективности восстановления и упрочнения изношенных деталей машин из медных сплавов методом диффузионной металлизации / Ю. А. Шекихачев [и др.] // АгроЭкоИнфо. — 2018. — № 4 (34). — С. 61.
9. Большаков В. И. Восстановление бронзовых втулок методом термодиффузий / В. И. Большаков [и др.] // Актуальные проблемы механизации сельского хозяйства: материалы юбилейной научно-практической конференции 55 лет высшему агроинженерному образованию в Удмуртии / Редколлегия: П. Л. Максимов, А. Г. Иванов, О. С. Федоров. — Ижевск: Изд-во Ижевской Государств. сельскохозяйственной акад., 2010. — С. 85–89.
10. Тойгамбаев С. К. Восстановление бронзовых втулок скольжения центробежной заливкой с применением электродугового нагрева / С. К. Тойгамбаев // Механизация и электрификация сельского хозяйства. — 2015. — № 7. — С. 28–32.
11. Овчинников В. В. Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах: учеб. пособие / В. В. Овчинников. — М.: ИЦ «Академия», 2012. — 64 с.
12. Кохан Н. М. Ремонт валопроводов морских судов / Н. М. Кохан, В. И. Друт. — М.: Транспорт, 1980. — 240 с.
13. Погодаев Л. И. Восстановление рабочих устройств земснарядов износостойкими наплавками / Л. И. Погодаев [и др.] // Журнал университета водных коммуникаций. — 2011. — № 2. — С. 62–70.
14. Меньшова Е. В. Организация ремонтного производства износа деталей и виды восстановления / Е. В. Меньшова, И. С. Арапов, Д. Г. Чурилов // Молодежь и наука: шаг к успеху: сб. науч. ст. 4-й Всерос. науч. конф. перспективных разработок молодых ученых Юго-Западного государств. ун-та и Моск. политехн. ун-та. — Курск: Изд-во Юго-Зап. государств. ун-та, 2020. — С. 90–94.
15. Кушнер Г. А. Статистика отказов валопроводов судов и поломок гребных валов / Г. А. Кушнер, В. А. Мамонтов, А. А. Халявкин // Актуальные вопросы проектирования, постройки и эксплуатации морских судов и сооружений: труды региональной науч.-практ. конф. / науч. ред. В. И. Истомин. — Севастополь: Изд-во Севастопольского гос. ун-та, 2018. — С. 166–171.

## REFERENCES

1. Balakin, O. K. *Tekhnologiya sudoremonta*. M.: Transport, 1983.
2. Vinichenko, I. V., et al. "Mikrogeometriya oblitsovki grebnogo vala i iznos deidvudnykh podshipnikov." *Tezisy dokladov TsP NTO im. akad. A. N. Krylova*. L: Sudostroenie, 1981. 156–158.
3. Pogodaev, L. I., A. A. Kuz'min, and Yu. K. Loparev. *Nadezhnost' sudovogo oborudovaniya: Monografiya*. SPb.: Izd-vo GUMRF im. adm. Makarova, 2015.
4. Sumerkin, Yu. V., V. P. Zhuravlev, and A. A. Kuz'min. *Tekhnologiya sudoremonta: uchebnyk dlya vuzov*. 2<sup>nd</sup> ed. SPb.: Izd-vo SPbGUVK, 2003.

5. Kelemesh, A. A. "Restoration of worn parts bronze by vibrating of chuck hardening." *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies* 4.7(58) (2012): 6–8.
6. Natalenko, V. S., I. A. Abdrakhmanov, and A. P. Pavlov. "Use of metal mesh to rebuild worn bronze bushings." *Nauka molodykh — innovatsionnomu razvitiyu APK. Materialy IX Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii molodykh uchenykh*. Ufa: Izd-vo Bashkirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, 2016. 84–87.
7. Orikbai, A. K., and S. K. Toigonbaev. "Adaptations for restoration of bearings of sliding." *International Journal of Professional Science* 11 (2019): 155–162.
8. Shekikhachev, Yu. A., V. I. Batyrov, Yu. Sh. Dzholabov, and T. G. Ozrokov. "Povyshenie effektivnosti vosstanovleniya i uprochneniya iznoshennykh detalei mashin iz mednykh splavov metodom diffuzionnoi metalizatsii." *AgroEkoInfo* 4(34) (2018): 61.
9. Bol'shakov, V. I., V. I. Shirobokov, V. N. Novikov, A. I. Zorin, V. S. Krasnoperov, and S. V. Krasnoperov. "Vosstanovlenie bronzovykh vtulok metodom termodiffuzii." *Aktual'nye problemy mekhanizatsii sel'skogo khozyaistva: materialy yubileinoi nauchno-prakticheskoi konferentsii 55 let vysshemu agroinzhenernomu obrazovaniyu v Udmurtii*. Edited by P. L. Maksimov, A. G. Ivanov, O. S. Fedorov. Izhevsk: Izd-vo Izhevskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii, 2010. 85–89.
10. Toigambaev, S. K. "Vosstanovlenie bronzovykh vtulok skol'zheniya tsentrobezhnoi zalivkoi s primeneniem elektrodugovogo nagreva." *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo khozyaistva* 7 (2015): 28–32.
11. Ovchinnikov, V. V. *Elektrosvarshchik na avtomaticheskikh i poluavtomaticheskikh mashinakh: Uchebnoe posobie*. M.: ITs Akademiya, 2012.
12. Kokhan, N. M., and V. I. Drut. *Remont valoprovodov morskikh sudov*. M.: Transport, 1980.
13. Pogodaev, L. I., A. A. Kuz'min, Yu. E. Ezhov, and D. F. Donskikh. "Repair of dredger machinery with wear-resistant braze welding materials." *Zhurnal universiteta vodnykh kommunikatsii* 2 (2011): 62–70.
14. Men'shova, E. V., I. S. Arapov, and D. G. Churilov. "Organizatsiya remontnogo proizvodstva iznosa detalei i vidy vosstanovleniya." *Molodezh' i nauka: shag k uspekh: sbornik nauchnykh statei 4-i Vserossiiskoi nauchnoi konferentsii perspektivnykh razrabotok molodykh uchenykh*. Kursk: Izdatel'stvo Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta, 2020. 90–94.
15. Kushner, Guriy, Viktor Mamontov, and Alexei Haljavkin. "Failure and breakdown statistics of ship shafting system." *Aktual'nye voprosy proektirovaniya, postroyki i ekspluatatsii morskikh sudov i sooruzhenii. Trudy regional'noi nauchno-prakticheskoi konferentsii*. Edited by V. I. Istomin. Sevastopol': Izdatel'stvo Sevastopol'skogo gosudarstvennogo universiteta, 2018. 166–171.

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Трофимов Александр Александрович** — кандидат технических наук  
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова»  
198035, Российская Федерация, Санкт-Петербург, ул. Двинская, 5/7  
e-mail: [kaf\\_tmm@gumrf.ru](mailto:kaf_tmm@gumrf.ru)

**Кузьмин Александр Алексеевич** — кандидат технических наук, доцент  
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова»  
198035, Российская Федерация, Санкт-Петербург, ул. Двинская, 5/7  
e-mail: [kuzminaa@gumrf.ru](mailto:kuzminaa@gumrf.ru)

**Третьяков Дмитрий Викторович** — кандидат технических наук  
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова»  
198035, Российская Федерация, Санкт-Петербург, ул. Двинская, 5/7  
e-mail: [tretyakski@inbox.ru](mailto:tretyakski@inbox.ru), [kaf\\_tmm@gumrf.ru](mailto:kaf_tmm@gumrf.ru)

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Trofimov, Alexandr A.** — PhD  
Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping  
5/7 Dvinskaya Str., St. Petersburg, 198035, Russian Federation  
e-mail: [kaf\\_tmm@gumrf.ru](mailto:kaf_tmm@gumrf.ru)

**Kuz'min, Alexandr A.** — PhD, associate professor  
Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping  
5/7 Dvinskaya Str., St. Petersburg, 198035, Russian Federation  
e-mail: [kuzminaa@gumrf.ru](mailto:kuzminaa@gumrf.ru)

**Tretyakov, Dmitri V.** — PhD  
Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping  
5/7 Dvinskaya Str., St. Petersburg, 198035, Russian Federation  
e-mail: [tretyakski@inbox.ru](mailto:tretyakski@inbox.ru), [kaf\\_tmm@gumrf.ru](mailto:kaf_tmm@gumrf.ru)

Статья поступила в редакцию 11 октября 2020 г.  
Received: October 11, 2020.