

УДК 629.12.002

DOI: 10.37890/jwt.vi74.343

## **Обоснование применения на судостроительных верфях многофункциональных сборочно-сварочных манипуляторов**

**А.Е. Бурмистрова**<sup>1</sup>

**О.А. Щеголева**<sup>2</sup>

**Е.Г. Бурмистров**<sup>1</sup>

*ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0385-0847>*

**Т.А. Михеева**<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород, Россия*

<sup>2</sup>*Самарский филиал Волжского государственного университета водного транспорта, г. Самара, Россия*

**Аннотация.** В данной статье обосновывается возможность повышения уровня механизации сборочно-сварочного производства верфей путём внедрения многофункциональных комплексно-механизированных сборочно-сварочных манипуляторов. Обосновывается идея, что такой манипулятор, изначально имея относительно небольшой функционал, но запроектированную возможность постепенного увеличения и усложнения функций, может способствовать повышению уровня механизации производства, вплоть до его полной роботизации. Делается вывод о том, что создание такого оборудования уже на данном этапе повысит гибкость сборочно-сварочного производства за счёт переналаживаемости (как у робота) и, главное, приспособленности к непрерывной поэтапной модернизации, которая в конечном счёте приведёт к созданию полноценного промышленного робота для выполнения специфических сборочно-сварочных работ.

**Ключевые слова:** сборочно-сварочное производство верфей, поточные линии, гибкое оборудование, многофункциональный сборочно-сварочный манипулятор, исполнительные механизмы.

## **Justification of the use of multifunctional assembly and welding manipulators at shipyards**

**Anastasia E. Burmistrova**<sup>1</sup>

**Olga A. Shchegoleva**<sup>2</sup>

**Evgeny G. Burmistrov**<sup>1</sup>

*ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0385-0847>*

**Tatiana A. Mikheeva**<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia*

<sup>2</sup>*Samara branch of the Volga State University of Water Transport, Samara, Russia*

**Abstract.** This article substantiates the possibility of increasing mechanization level of assembly and welding production of shipyards by introducing multifunctional complex mechanized assembly and welding manipulators. The idea is substantiated that such a manipulator, initially having relatively small functionality, but the projected possibility of a gradual increase and complication of functions, can contribute to an increase in the level of mechanization of production up to its complete robotization. It is concluded that the creation of such equipment already at this stage will increase the flexibility of assembly and welding

production, due to readjustability (like a robot) and, most importantly, adaptability to continuous phased modernization, which in the final stage will lead to the creation of a full-fledged industrial robot to perform specific assembly and welding work..

**Keywords:** assembly and welding production of shipyards, production lines, flexible equipment, multifunctional assembly and welding manipulator, actuators.

### **Введение**

Одной из особенностей сборки корпусов судов является предварительное изготовление узлов и секций. В зависимости от типа судна трудоёмкость этих работ может составлять 40...50% от общей трудоёмкости корпусных работ. Традиционным и наиболее распространённым методом изготовления секций является их сборка на стендах (или постелях) с применением ручного инструмента. В последние 10...15 лет на ряде отечественных верфей (ПАО «Завод «Красное Сормово», ОАО «Невский ССЗ», АО «Зеленодольский завод им. А.М. Горького» и др.) происходило активное внедрение зарубежных комплексно механизированных поточных линий для изготовления секций. Для таких линий сконструированы и изготовлены высокопроизводительные специализированные агрегаты, которые, однако, предназначенные для выполнения только какой-либо одной операции. Например, листоукладчик предназначен для укладки листов, сварочный комплекс – для сварки набора и стыков полотнищ и т.д.

Внедрение таких линий целесообразно при условии их полной загрузки. Однако опыт создания и внедрения в производство комплексно-механизированных линий и участков показывает, что они становятся экономически эффективными лишь при загрузке не менее чем на 70% и при двухсменном режиме работы. Кроме того, как оказалось, полностью использовать потенциальные возможности применённых в них высокопроизводительных и весьма дорогостоящих агрегатов практически невозможно. Во многом это связано с чрезвычайно большим разнообразием собираемых конструкций. Как следствие, при переходе на строительство судов других проектов и, соответственно, на другую номенклатуру изготавливаемых секций, имеют место значительные потери времени. Причём, они тем больше, чем производительнее и дороже применяемые сборочные и сварочные агрегаты, чем больше их габаритные размеры и необходимые для их размещения площади.

В связи с этим *целью* данного *исследования* является обоснование возможности повышения уже в краткосрочной перспективе технического уровня и гибкости сборочно-сварочного производства отечественных судостроительных верфей путём применения на них многофункциональных комплексно механизированных сборочно-сварочных манипуляторов взамен малоэффективных (по причине неполной загрузки) и дорогостоящих механизированных поточных линий зарубежного производства.

### **Обоснование идеи**

Из аналитического обзора, подробно представленного авторами в работе [1] ясно, что существующие специализированные средства технологического оснащения не могут удовлетворить потребности сборочно-сварочного производства отечественных судостроительных предприятий. Существующее оборудование поточных линий не обладает достаточной гибкостью, поэтому имеет низкий коэффициент загрузки и не может быть эффективно использовано в условиях небольших программ судостроения, широкой номенклатуры разнотипных конструкций и имеющей место изменчивости технологий, характерных для современного судостроения.

В то же время внедрение роботов в сборочно-сварочное производство в ближайшее 5-7 лет весьма проблематично, учитывая их техническую сложность, высокую стоимость, санкционные ограничения на приобретение зарубежных роботов,

отсутствие отечественных аналогов и необходимой элементной базы. При этом сборочно-сварочное производство верфей нуждается в дешёвых, простых, многофункциональных устройствах. То есть необходимо создание особого типа систем машин, приспособленных для многономенклатурного производства с небольшой программой выпуска изделий. Это может быть гибкое оборудование, построенное по модульному принципу. Конкретно это может быть, например, сборочно-сварочный манипулятор, который первоначально будет обладать небольшими функциональными возможностями (промежуточными между существующими агрегатами и будущими работами), но с запланированной возможностью постепенного усложнения функций и последовательного увеличения уровня автоматизации: первого поколения, второго поколения, третьего поколения и т.д. То есть, с заложенным высоким модернизационным потенциалом [2-4]. Для этого узлы и агрегаты манипулятора должны быть построены по модульному принципу и обладать преемственностью и взаимозаменяемостью. Это позволит: на первом этапе механизировать все ручные работы и ликвидировать в основном ручной труд; на втором – автоматизировать часть операций, но все работы выполнять с участием высококвалифицированного оператора; на третьем – все работы должны выполняться в автоматическом режиме по гибкой управляющей программе.

Таким образом, предлагается идея создания некоторого промежуточного оборудования – многофункционального сборочно-сварочного манипулятора (МФССМ), которое было бы перенастраиваемым (как робот), но в то же время дешёвым и, главное, приспособленным к непрерывной поэтапной модернизации, которая в конечном этапе приведёт к созданию робота, способного выполнять специфические сборочно-сварочные работы, как указано в патенте №114285 RU Робототехническое устройство для сварки.. Манипулятор (МФССМ) может представлять собой порталную или козловую конструкцию (по типу робота, описанного в А. с. SU880864A1), которая может перемещаться вдоль рабочего места (стенда).

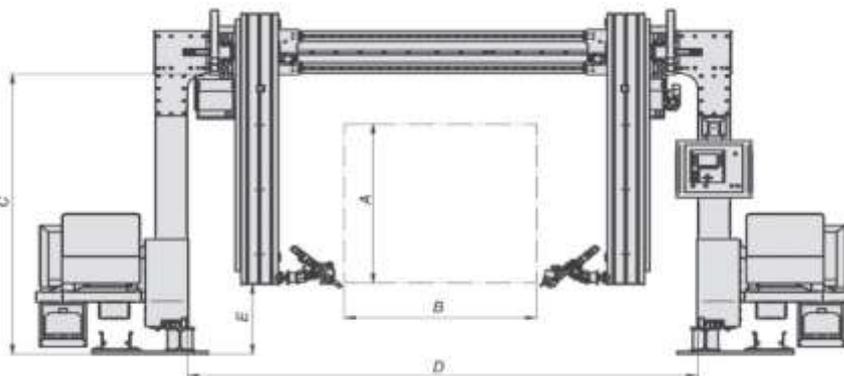


Рис. 1. Компоновка промышленного робота порталного типа

По несущей балке (поперек стенда) можно перемещать тележку особой конструкции. На тележке может быть закреплена колонна-гидроцилиндр (как показано на рис. 2), которая может перемещаться вверх-вниз и поворачиваться вокруг своей вертикальной оси на 180°. Нижняя часть колонны должна иметь специальную конструкцию (замок), позволяющую подсоединять разнообразный инструмент и оборудование (разметочное, сборочное, сварочное, газорезательное и т.д.) – исполнительные механизмы (ИМ). Путём последовательной (в перспективе – автоматической) замены ИМ на колонне, можно производить все основные технологические операции.

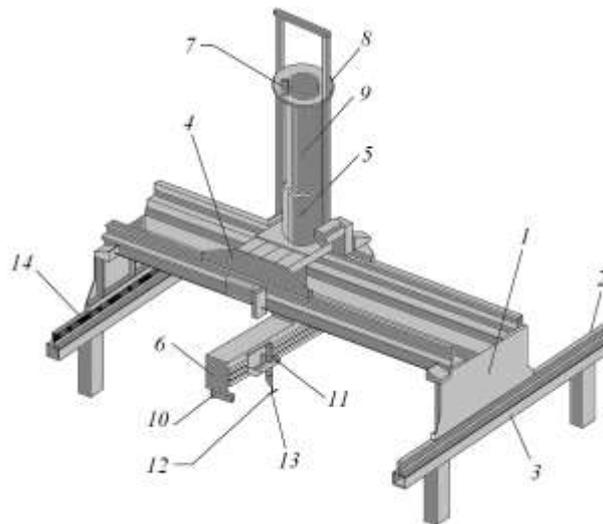


Рис. 2.  
3D-модель промышленного робота для сборки мелких узлов и фундаментов:  
1 – портал; 2 – направляющие рельсы; 3 – эстакада; 4 – каретка; 5 – гидроцилиндр; 6 – траверса; 7 – электродвигатель; 8 – площадка для обслуживания; 9 – шток гидроцилиндра; 10 – схват; 11 – сварочный робот; 12 – горелка сварочная; 13 – датчики адаптации; 14 – рейка

ИМ должны располагаться на специальных закоординированных местах вне рабочего стенда. Наиболее часто употребляемые ИМ [4] могут эпизодически располагаться на портале и перемещаться вместе с манипулятором.

Такой многофункциональный комплексно-механизированный сборочно-сварочный манипулятор с комплектом исполнительных механизмов может быть скомплектован в виде отдельного средства технологического оснащения для работы на одном рабочем месте (см. рис. 3); в виде сборочно-сварочного центра; группы средств технологического оснащения для двух и более рабочих мест, а так же в виде механизированного участка или поточной линии.

Управление МФССМ может выполняться одним оператором с пульта управления, расположенного непосредственно на портале или с выносного пульта управления. Таким же образом возможна организация блочного управления двумя или тремя МФССМ.

Предпочтительной является полупортальная компоновка МФССМ. В «мёртвой зоне» при этом оказывается достаточно места для размещения источников питания сварочных дуг, пунктов подключения электроэнергии, воды, сжатого воздуха, площадок обслуживания и проч.

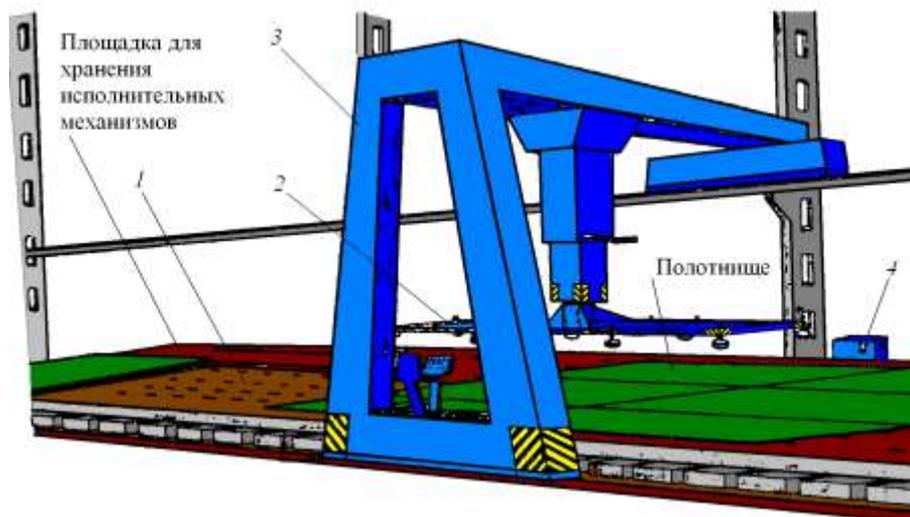


Рис. 3. Общий вид многофункционального сборочно-сварочного манипулятора для изготовления плоских секций:

- 1 – стенд (плита) сборочный; 2 – поворотная траверса с электромагнитными захватами; 3 – сборочно-сварочный манипулятор; 4 – многопостовой источник питания сварочного оборудования

Таким образом может быть решена проблема создания гибкого СТО, приспособленного для выполнения практически всех операций при изготовлении корпусных конструкций (узлов, секций) для различных технологических процессов и производственных ситуаций [5, 6]. Для этого потребуется решить ряд задач. В частности, необходимо:

- 1) разработать рабочие гипотезы функционирования МФССМ, выполнить анализ и выявить приемлемые конструктивные схемы;
- 2) проанализировать технологические процессы изготовления корпусных конструкций с точки зрения их выполнения МФССМ;
- 3) проанализировать технологические операции, выполняемые на МФССМ;
- 4) разработать и проанализировать возможные конструктивные схемы МФССМ и его исполнительных механизмов;
- 5) выбрать и обосновать параметры МФССМ;
- 6) выполнить предварительные технико-экономические исследования эффективности внедрения МФССМ.

#### Сопоставление ожидаемых показателей МФССМ с показателями существующих прототипов

В сравнении с существующим оборудованием применения МФССМ обеспечит следующие преимущества:

- 1) по функциональным возможностям. Предполагается, что в перспективном МФССМ будут воплощены лучшие технические решения, имеющиеся в настоящее время в специальном оборудовании. То есть, МФССМ может выполнять: раскладку листов (как листоукладчик), ориентацию листов (как транспортно-ориентирующее устройство), контуровку листов (как газорезательные автоматы), поджатие листов (как прижимные балки) и т.д. Таким образом, расширение функциональных возможностей МФССМ

- позволяет отказаться от изготовления специальных агрегатов, выполняющих только 1...2 операции;
- 2) по загрузке оборудования. Загрузка МФССМ будет практически близка к единице, что не достигается на современном специальном оборудовании в составе поточных линий вследствие разнотипности изготавливаемых конструкций;
  - 3) по гибкости переналадки при изменении типа выпускаемых изделий. В отличие от специального оборудования МФССМ легко переналаживается на любой вид сборочно-сварочных работ, на любую технологию. В том числе его можно использовать для изготовления узлов (типа тавровых, кривых и т.п.);
  - 4) по возможности использования. МФССМ может использоваться при изготовлении конструкций на индивидуальных рабочих местах (в том числе и для изготовления локальных секций) и в составе механизированных линий. При последующих модернизациях может быть применён в составе робото-технических комплексов (РТК). Достигается и большая возможность использования ИМ, так как они могут перебрасываться с участка на участок или из цеха в цех, или даже на другие предприятия;
  - 5) ликвидируется ручной труд. Если при сборке средней секции традиционным методом необходимо 2...3 человека, то при применении МФССМ в перспективе необходим всего один оператор, а в последующем работы будут выполняться без участия человека;
  - 6) применение МФССМ будет способствовать привитию обслуживающему персоналу определённых навыков работы со сложной техникой, психологически подготовит его к переходу на применение ещё более сложных промышленных роботов;
  - 7) разрабатываемый МФССМ должен иметь следующие преимущества перед известными средствами технологического оснащения (СТО):
    - обладать возможностью выполнять максимальное количество сборочно-сварочных операций;
    - обладать универсальностью применения: в составе механизированных линий, участков, индивидуальных стандов;
    - иметь максимальное количество унифицированных узлов и деталей;
    - обладать взаимозаменяемостью составных частей в пределах: линии, участка цеха, предприятия;
    - иметь возможность переналадки в зависимости от: состава и объёма производственной программы, от изменения технологического процесса, от изменений в проекте судна и т.п.;
    - иметь значительно больший коэффициент загрузки и большую производительность.

Таким образом, МФССМ возможно охарактеризовать как комплекс, связывающий человека и объект производства при минимальных энергозатратах человека [7, 8]. Такой комплекс будет весьма гибким с точки зрения выполнения работ, изменения функций и перспективных плановых модернизаций [9, 10]. То есть, его можно охарактеризовать как гибкую производственную систему [8], учитывающую непрерывно изменяющуюся внешнюю и внутреннюю производственную ситуацию.

Отметим также сложности, которые неизбежно [11-13] возникнут при применении МФССМ:

- 1) повышается сложность оборудования. МФССМ является более сложным оборудованием (особенно на 2-ом и 3-ем этапах модернизации) по сравнению с применявшимся до сих пор. Это

- оборудование требует привлечения более квалифицированного обслуживающего персонала как для наладки и технического обслуживания, так и для грамотной эксплуатации;
- 2) повышаются требования к надёжности самого оборудования;
  - 3) увеличивается риск невыполнения плановых заданий в случае непредвидимых поломок МФССМ или аварийных ситуаций с выходом из строя исполнительных механизмов;
  - 4) повышаются требования к организации производства: детали (узлы) должны быть поданы в заданной последовательности, чётко замаркированы, строго ориентированы и т.д. Точно так же чётко должно быть заkoordinировано местоположение исполнительных механизмов;
  - 5) повышаются требования к качеству работ, повышению организации и культуры производства. В том числе, необходим будет переход на изготовление деталей в «чистый размер» (без припусков).

### **Заключение**

В статье обоснована замена роботов в сборочно-сварочном производстве при производстве узлов и секций некоторым промежуточным оборудованием – многофункциональным сборочно-сварочным манипулятором. Такой манипулятор, изначально имея относительно небольшой функционал, но запроектированную возможность постепенного увеличения и усложнения функций, может способствовать повышению уровня механизации производства, вплоть до его полной роботизации. Создание такого оборудования повысит гибкость сборочно-сварочного производства за счёт переналаживаемости (как у робота) и, главное, приспособленности к непрерывной поэтапной модернизации, которая в конечном этапе приведёт к созданию полноценного промышленного робота для выполнения специфических сборочно-сварочных работ. В развитие этих тезисов в дальнейшем необходимо:

- 1) проанализировать технологические операции, выполняемые на многофункциональном сборочно-сварочном манипуляторе;
- 2) выбрать и обосновать параметры многофункционального сборочно-сварочного манипулятора;
- 3) выполнить экспериментальные исследования модели многофункционального сборочно-сварочного манипулятора, которое было бы переналаживаемым как робот;
- 4) разработать и проанализировать возможные конструктивные схемы МФССМ и его исполнительных механизмов;
- 5) выполнить предварительные технико-экономические исследования эффективности внедрения МФССМ.

### **Список литературы**

1. Бурмистрова А.Е., Щеголева О.А. Проблемы внедрения гибких производственных систем в единичном и мелкосерийном производстве и перспективы замены механизированных поточных линий многофункциональными сборочно-сварочными манипуляторами / Материалы МНПК для аспирантов, студентов и курсантов «Современные тенденции и перспективы развития водного транспорта России». 19 мая 2022 г.: Часть 1. СПб. : Изд-во ГУМРФ им. адмирала С.О. Макарова, 2022. С. 109-119.
2. Полякова М.Ю. Гибкие производственные системы как основа комплексной автоматизации технологических процессов / В Сборнике: Наука. Технологии.

- Общество. Экономика. Сборник научных трудов I Международной научно-практической конференции. Ставрополь, 2022. С. 290-293.
3. Белов А.Ю., Синицын Д.А. Повышение эффективности производства за счёт использования систем промышленной автоматизации / В Сборнике: Техника и технологии, политика и экономика: проблемы и перспективы. Материалы VI Международной научно-практической конференции. Москва, 2020. С. 19-23.
  4. Титова О.В. Эффективное развитие гибких производственных систем на высокотехнологичных промышленных предприятиях / О.В. Титова // Финансовый бизнес. 2021. 36 (216). С. 268-271. DOI: 10.25683/VOLBI.2021.55.207.
  5. Голов Р.С., Мыльник В.В. Формирование гибких производственных систем на базе цифровых технологий на предприятиях высокотехнологичных отраслей промышленности // СТИН. 2022. №2. С. 34-36.
  6. Дуюн И.А., Чуев К.В. Оценка эффективности работы гибких производственных систем и роботизированных комплексов с использованием имитационного моделирования // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2021. №4. С. 91-100. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-4-91-100.
  7. Резник А.М., Полякова А.В. Технология сварки с использованием роботов. Преимущества и недостатки. Перспективы развития / В Сборнике Системы управления полным жизненным циклом высокотехнологичной продукции в машиностроении: новые источники роста. Материалы V Всероссийской научно-практической конференции. Москва, 2022. С. 215-219.
  8. Арсентьева Т.М., Бурмистров Е.Г. Проблемы внедрения гибких производственных систем в мелкосерийном и единичном производстве / В Сборнике: Великие реки-2020. Труды XXII Международного научно-промышленного форума. 2020. С. 20-23.
  9. Факторы эффективности внедрения сварочных роботов в индустрии 4.0 / М.А. Шолохов, И.В. Ершова, Д.С. Бузорина, С.С. Полосков. // Сварка и диагностика. 2020. №5. С. 41-44.
  10. Белозеров Д.А. Проблемы рынка робототехники в России и перспективы коммерциализации разработок / В Сборнике: Альманах научных работ молодых учёных Университета ИТМО. Материалы XLIX-й научной и учебно-методической конференции. 2020. С. 47-51.
  11. Dong Yu., Bruchko A. Compeniniveness of production as a determining factor of effective management of the enterprise in market conditions. *Agribusiness Economics and Management*. 2019. Т. 2. №15. P. 67-75.
  12. Булавко О.А., Туктарова Л.Р. Развитие гибких производственных систем в условиях нового технологического уклада // Бизнес. Образование. Право. 2021. №2 (55). С. 39-43. DOI: 10.25683/VOLBI.2021.55.207.
  13. Реализация информационной поддержки жизненного цикла изделий судостроения как этап построения «бережливого производства» / Е.Г. Лебедева, Ю.Ю. Шванева, А.А. Волоцкой, А.А. Сомпольцева // Научные проблемы водного транспорта. Выпуск 63. – Н. Новгород: Изд-во ФГБОУ ВО «ВГУВТ», 2020. – С. 68-76. DOI: 10.37890/jwt.vi63.78.

#### References

1. Burmistrova A.E., Shchegoleva O.A. Problems of introducing flexible production systems in single and small-scale production and prospects for replacing mechanized production lines with multifunctional assembly and welding manipulators / Materials of MNPC for graduate students, students and cadets "Modern trends and prospects for the development of water transport in Russia". May 19, 2022: Part 1. St. Petersburg : Publishing House of the GUMRF named after Admiral S.O. Makarov, 2022. pp. 109-119.
2. Polyakova M.Yu. Flexible production systems as the basis of complex automation of technological processes / In the Collection: Science. Technologies. Society. Economy. I am a collection of scientific papers of the International Scientific and Practical Conference. Stavropol, 2022. pp. 290-293.
3. Belov A.Yu., Sinitsyn D.A. Improving production efficiency through the use of industrial automation systems / In the Collection: Engineering and technology, politics and economics:

- problems and prospects. Vi Materials of the scientific and practical International Conference. Moscow, 2020. pp. 19-23.
4. Titova O.V. Effective development of flexible production systems at high-tech industrial enterprises / O.V. Titova // Financial business. 2021. 36 (216). pp. 268-271. DOI: 10.25683/VOLBI.2021.55.207.
  5. Golov R.S., Mylnik V.V. Formation of flexible production systems based on digital technologies at enterprises of high-tech industries // STIN. 2022. No. 2. pp. 34-36.
  6. Duyn I.A., Chuev K.V. Evaluation of the efficiency of flexible production systems and robotic complexes using simulation modeling // Bulletin of the Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. 2021. No.4. pp. 91-100. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-4-91-100.
  7. Reznik A.M., Polyakova A.V. Welding technology using robots. Advantages and disadvantages. Prospects of development / In the Collection of the management system of the full life cycle of high-tech products in mechanical engineering: new sources of growth. In the Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference. Moscow, 2022. pp. 215-219.
  8. Arsentieva T.M., Burmistrov E.G. Problems of introduction of flexible production systems in small-scale and single production / In the Collection: Great Rivers-2020. Proceedings of the XXII International Scientific and Industrial Forum. 2020. pp. 20-23.
  9. Factors of the effectiveness of the introduction of welding robots in industry 4.0 / M.A. Sholokhov, I.V. Ershova, D.S. Buzorina, S.S. Poloskov. // Welding and diagnostics. 2020. No.5. pp. 41-44.
  10. Belozerov D.A. Problems of the robotics market in Russia and prospects for commercialization of developments / In the Collection: Almanac of scientific works of young scientists of ITMO University. Materials of the XLIX-th scientific and educational-methodical conference. 2020. pp. 47-51.
  11. Dong Yu., Bruchko A. Competitiveness of production as a determining factor of effective enterprise management in market conditions. Economics and management of agribusiness. 2019. Vol. 2. No.15. pp. 67-75.
  12. Bulavko O.A., Tuktarova L.R. Development of flexible production systems in the conditions of a new technological way // Business. Education. Right. 2021. No.2 (55). pp. 39-43. DOI: 10.25683/VOLBI.2021.55.207.
  13. Implementation of information support for the life cycle of shipbuilding products as a stage of building "lean production" / E.G. Lebedeva, Yu.Yu. Shvaneva, A.A. Volotskaya, A.A. Sompoltseva // Scientific problems of water transport. Issue 63. – N. Novgorod: Publishing House of the VSUVT, 2020. – pp. 68-76. DOI: 10.37890/jwt.vi63.78.

#### **ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS**

**Бурмистрова Анастасия Евгеньевна**, магистрант, Волжский государственный университет водного транспорта (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: sovvesna@yandex.ru

**Anastasia E. Burmistrova**, Master's student, Volga State University of Water Transport (VSUVT), 603951, Nizhny Novgorod, Nesterova str., 5, e-mail: sovves-na@yandex.ru

**Щеголева Ольга Анатольевна**, аспирант Самарский филиал Волжского государственного университета водного транспорта (СФ ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 443036, Российская Федерация, Самара, ул. Неверова, 87, e-mail: shh151@mail.ru

**Olga A. Shchegoleva**, postgraduate student Samara branch of the Volga State University of Water Transport (SF FGBOU VO "VGUVT"), 443036, Russian Federation, Samara, 87 Neverova str., e-mail: shh151@mail.ru

**Бурмистров Евгений Геннадьевич**, д.т.н., профессор, профессор кафедры проектирования и технологии постройки судов, Волжский государственный университет водного транспорта (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail:

**Evgeny G. Burmistrov**, Dr. Sci. (Eng.), Professor, Professor of the Department of Design and Technology of Ship Construction, Volga State University of Water Transport (VSUVT), 5 Nesterova str., Nizhny Novgorod, 603951, e-mail: burmistrov\_e\_g@mail.ru

burmistrov\_e\_g@mail.ru

**Михеева Татьяна Александровна**, к.т.н.,  
доцент, доцент кафедры проектирования и  
технологии постройки судов, Волжский  
государственный университет водного  
транспорта (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951,  
г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-  
mail: MiheevaTA@yandex.ru

**Tatiana A. Mikheeva**, Candidate of Technical  
Sciences, Associate Professor, Associate  
Professor of the Department of Design and  
Technology of Ship Construction, Volga State  
University of Water Transport (VSUVT),  
603951, Nizhny Novgorod, Nesterova str., 5, e-  
mail: MiheevaTA@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 11.01.2023; опубликована онлайн 20.03.2023.  
Received 11.01.2023; published online 20.03.2023.