

УДК 621.9.042

doi: 10.18698/0536-1044-2021-12-37-43

Создание передовой технологии и оборудования для изготовления титановых шар-баллонов

И.В. Ломакин, А.Ю. Рязанцев, С.С. Юхневич, А.А. Широкожухова

АО «Конструкторское бюро химавтоматики»,
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»

Development of Advanced Technology and Equipment for Manufacture of Titanium Spherical Vessels

I.V. Lomakin, A.Yu. Ryazantsev, S.S. Yukhnevich, A.A. Shirokozukhova

JSC “Chemical Automatics Design Bureau”,
Voronezh State Technical University

Наиболее перспективными в мировой практике являются ракеты-носители с использованием шар-баллонов из титановых сплавов в криогенной среде при высоком давлении. Рассмотрена импортозамещающая технология, обеспечивающая замкнутый производственный цикл изготовления титановых шар-баллонов в АО «Конструкторское бюро химавтоматики». Проведен анализ существующих технологий изготовления титановых баллонов. Разработан инновационный способ формообразования и механической обработки полусфер из труднодеформируемых перспективных титановых сплавов, обеспечивающих максимальную автоматизацию и производительность процесса. Для проведения гидравлических и криогенных испытаний погружных титановых шар-баллонов разработано и внедрено в производство стендовое оборудование. Для имитации объектовых условий работы с целью удешевления и повышения безопасности испытаний жидкий кислород заменен жидким азотом, а гелий — азотом высокого давления. Обоснована область эффективного использования импортозамещающей технологии. В результате выполненных работ созданы производственные мощности замкнутого цикла по изготовлению титановых шар-баллонов вместимостью 25 и 130 л.

Ключевые слова: титановый шар-баллон, формообразование полусфер, технология получения полусфер, механическая обработка, криогенные испытания

The most promising in the world practice are launch vehicles using titanium spherical vessels in a cryogenic medium at high pressure. The paper deals with an import-substituting technology, which provides a closed production cycle for the manufacture of titanium spherical vessels at the JSC “Chemical Automatics Design Bureau” and analyzes existing manufacturing technologies. We developed an innovative method of shaping and machining hemispheres from hard-to-deform advanced titanium alloys, providing maximum automation and productivity of the process. For hydraulic and cryogenic tests of submersible titanium vessels, bench equipment was developed and introduced into production. For simulating the facility operating conditions in order to reduce the cost and increase the safety of tests, liquid oxygen was replaced with liquid nitrogen and helium was replaced with high-pressure nitrogen. Within the study, we substantiated the area of effective use of the import-substituting technology and developed production facilities of a closed cycle for the production of titanium vessels with a capacity of 25 and 130 liters.

Keywords: titanium spherical vessels, hemisphere shaping, hemisphere production technology, machining, cryogenic tests

В связи с осложнением международных отношений между Российской Федерацией и странами НАТО и их союзниками разработан план мероприятий по импортозамещению комплектующих изделий зарубежного производства для создания ракет-носителей «Протон-М», «Ангара», «Рокот» и разгонного блока «Бриз-М».

К изделиям, требующим разработки технологии изготовления на производственных базах предприятий Российской Федерации, относятся титановые шар-баллоны высокого давления (далее ШБ) вместимостью 25 и 130 л (рис. 1) для ракеты-носителя «Ангара», которые ранее выпускало Производственное объединение «Южный машиностроительный завод им. А.М. Макарова» (г. Днепропетровск, Украина) [1].

В ракете-носителе «Ангара» титановые ШБ работают в среде жидкого кислорода, выполняя специальные функции: сжатый под высоким давлением газообразный гелий внутри ШБ раскручивает турбонасосный агрегат двигателя ракеты-носителя. В связи с этим необходимо решить технические задачи по разработке, изготовлению, пуско-наладочным работам, аттестации и вводу в эксплуатацию ранее не применяемого специализированного испытательного оборудования, имитирующего работу ШБ в составе ракеты-носителя при более жестких условиях.

Цель работы — создание инновационной и эффективной технологии изготовления титановых ШБ.

Для решения поставленной задачи изучен опыт производства ШБ, проведен анализ технологии формообразования и механической обработки полусфер на предприятиях космической отрасли. По результатам сопоставления



Рис. 1. Типовая конструкция титанового ШБ

технологий производства ШБ на предприятиях отрасли выявлены их различия в изготовлении титановых полусфер. ЗАО «ЗЭМ РКК «Энергия» и АО «РКЦ «Прогресс» изготавливают полусферы из заготовки-штамповки, а ОАО «Красмаш» — из листовой заготовки с утонением в донной части до 20 %.

Технологии получения полусфер предусматривают два основных технологических процесса: объемную штамповку с последующей механической обработкой заготовки до требуемой толщины и листовую штамповку с предварительным нагревом заготовки в печи [2]. Листовая штамповка — это обработка давлением нагретой заготовки в одном или нескольких штампах за несколько переходов с плоским прижимом.

При штамповке по известным схемам утонение в донной части изготовленной полусферы достигает более 20 % исходной толщины, что приводит к необходимости выбора исходной толщины заготовки, превышающей толщину детали в 1,5–2 раза. Формообразование по схеме вытяжка (два перехода) — продольный обжим — калибровка потребовало бы изготовления четырех штампов.

В АО «Конструкторское бюро химавтоматики» (АО «КБХА») разработана специализированная оснастка для штамповки, предложен и успешно внедрен в производственный процесс инновационный способ формообразования полусфер по схеме штамповки с использованием конусного прижима (рис. 2). Применение конусного прижима уменьшает угол охвата заготовкой радиуса закругления кромки матрицы, что приводит к снижению меридиональных (растягивающих) напряжений и усилия вытяжки сферы, а следовательно, к уменьшению утонения центральной зоны полусферы [3].

Чтобы уменьшить утонение, штамповку выполняют холодным пуансоном в нагретой матрице, что также не позволяет металлу утоняться в зоне касания пуансона с заготовкой, и происходит обтяжка нагретой заготовки по холодному пуансону [4]. Для правильного формирования полусферы между заготовкой и пуансоном наносят высокотемпературную смазку на основе графита. Предварительно заготовку нагревают в печи до температуры 850 °С. Охлаждение пуансона происходит за счет окружающей среды. Время перемещения заготовки из печи до прессового оборудования не превышает 5 с.

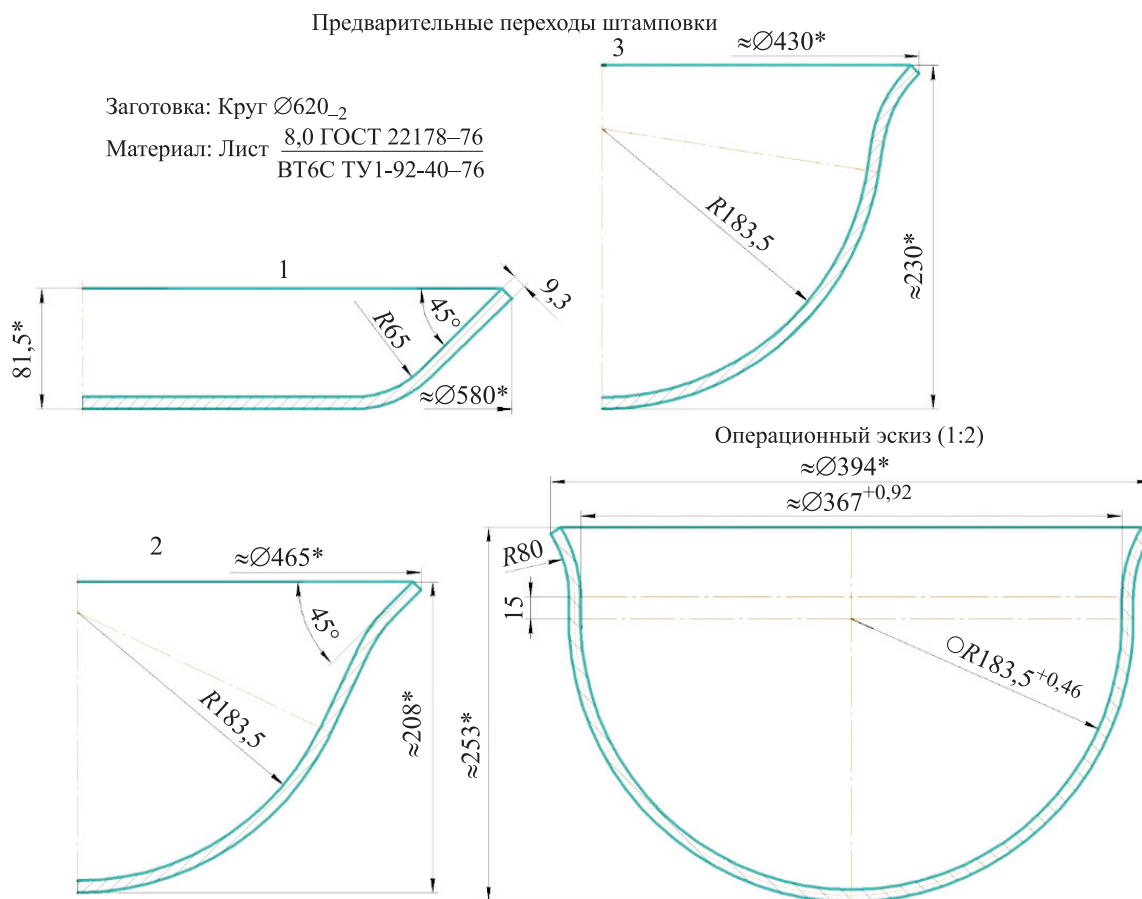


Рис. 2. Схема формообразования полусфер

Применение такого способа в АО «КБХА» позволило уменьшить толщину при вытяжке титановых полусфер с максимальным утонением 10 %, что дало возможность проводить механическую обработку как с внутренней поверхности, так и с наружной [5].

Незначительное изменение толщины профиля и минимальное утонение полусферы при формообразовании позволяют получать окончательно изготовленную полусферу после механической обработки по профилю, которую выполняют на автоматизированных токарных станках с числовым управлением 16К40Ф3 и LD55.

Точение происходит с применением охлаждающей жидкости и сухого сжатого воздуха (при давлении $p \approx 500 \dots 600$ кПа). Изготовление полусфер по предложенной технологии дает возможность отказаться от дорогостоящих покупных заготовок, существенно повысить коэффициент использования материала и сократить трудоемкость механической обработки [6, 7].

Для проведения гидравлических и криогенных испытаний погружных титановых ШБ спе-

циалистами АО «КБХА» разработана проектно-сметная документация и изготовлено стендовое оборудование (рис. 3). Для имитации объектовых условий работы с целью удешевления и повышения безопасности испытаний жидкий кислород заменен жидким азотом, а гелий — азотом высокого давления [8].

Так как при атмосферном давлении температуры кипения жидких кислорода (90 К) и азота (77 К) близки между собой, прочностные свойства материала ШБ также близки при этих температурах. Для оптимизации процесса заполнения криобронестакана жидким азотом и подачи испытательного давления использована рампа из баллонов. Для регулирования давления газообразного азота, подаваемого на ожижение, применен редуктор [9].

Автоматическую регистрацию воспроизводимых характеристик стенда и контроль температуры жидкого азота осуществляет прибор Термодат, к которому подключены соответствующие датчики давления и температуры. Регистрация начинается с подачи жидкого азота в криобронестакан и заканчивается после

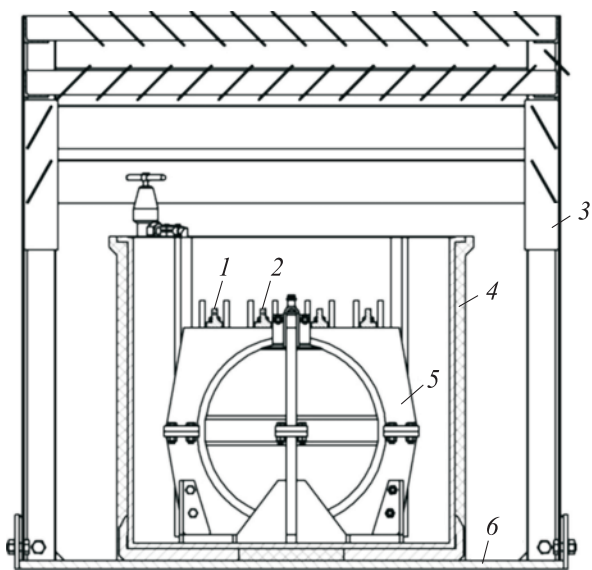


Рис. 3. Схема установки ШБ в криобронестакан стэнда для криогенных испытаний:

- 1 — боковые прижимы; 2 — центральные прижимы;
3 — жалюзийный осколкоуловитель; 4 — емкость;
5 — подставка для ШБ; 6 — основание

сброса давления по окончании испытаний или после разрушения их объекта. При необходимости зарегистрированная информация может быть распечатана на принтере или сохранена на персональном компьютере.

В процессе освоения изготовления ШБ для ракеты-носителя «Ангара» разработаны принципиально новые технологические решения: горячая листовая штамповка титановых сплавов, криогенные испытания и т. д. Их реализация позволила сократить технологический цикл изготовления ШБ, повысить их качество и надежность при работе в криогенной среде, снизить количество дефектов и обеспечить чистоту внутренних полостей в полном соответствии с требованиями конструкторской документации [10].

Выводы

1. Разработана промышленная технология и специализированная оснастка для штамповки деталей полусферической формы из труднодеформируемых материалов. Впервые применены

технические решения, на основании которых создана технология формообразования, позволяющая уменьшить утонение полусферической детали, предотвратить разрушения детали в процессе вытяжки при оптимальном коэффициенте штамповки с учетом анизотропии свойств материала [11]. Технология формообразования и специализированная оснастка для штамповки деталей защищены патентами РФ [12, 13].

2. Разработаны, отработаны и внедрены программа, методика и технология испытаний в криогенной среде с использованием газообразного и жидкого азота при температуре $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$. Проведены экспериментальные работы с применением опытного образца испытательного стэнда, которые позволили отработать и внедрить ранее не освоенную в ракетно-космической отрасли промышленную технологию испытаний изделий спецтехники в криогенной среде, а также спроектировать и внедрить в производство специализированный испытательный стэнд, прошедший первичную аттестацию в соответствии с требованиями ГОСТ РВ 0008-002-2013 и позволяющий подтверждать качество серийно изготавливаемых в настоящее время титановых ШБ [14, 15].

3. С помощью разработанных промышленных технологий горячей листовой штамповки и криогенных испытаний создано специализированное производство титановых ШБ и ресиверов для применения в ракетах-носителях семейства «Ангара» и других перспективных изделиях [16].

4. На основании результатов изготовления титановых ШБ принято решение о создании отраслевого специализированного производства погружных титановых баллонов на АО «КБХА». Запланировано организовать производство на основе современного многофункционального технологического оборудования с выходом на производственную мощность, обеспечивающую серийное изготовление до 350 шт. в год титановых ШБ вместимостью 15...150 л для ракет-носителей «Ангара», разгонных блоков «Бриз-М», КВТК и других изделий ракетно-космической техники.

Литература

- [1] Рязанцев А.Ю., Юхневич С.С. Разработка и внедрение импортозамещающей технологии изготовления титановых баллонов. *Мат. Всерос. молод. конкурса науч.-тех. работ Орбита молодежи*. Санкт-Петербург, Воентех, 2019, с. 229–230.

- [2] Рязанцев А.Ю., Кириллов О.Н. Создание гибких технологических процессов на базе комбинированных методов обработки. В: *Конструктивные особенности и технология изготовления деталей ракетных двигателей нового поколения*. Воронеж, ВМЗ, 2014, с. 132–136.
- [3] Мельников Э.Л. *Холодная штамповка днищ*. Москва, Машиностроение, 1986. 192 с.
- [4] Грицюк В.Г., Болдырев А.А., Болдырев А.И. и др. Совершенствование технологической подготовки машиностроительного производства. В: *Современные технологии производства в машиностроении*. Т. 12. Воронеж, Научная книга, 2019, с. 56–62.
- [5] Ryazantsev A.Yu., Yukhnevich S.S., Visotskiy V.V. Development and implementation of hole punching technology on spherical surfaces. *Mater. Today Proc.*, 2021, vol. 38, no. 4, pp. 1940–1942, doi: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.09.083>
- [6] Кишуров В.М., Смыслов А.М. Оптимизация обработки титановых сплавов. *Мат. Всерос. науч.-практ. конф.* Уфа, УГАТУ, 2020, с. 22–26.
- [7] Клабуков М.А., Муратаев Ф.И. Лазерное поверхностное упрочнение $\alpha+\beta$ титанового сплава ВТ6. *Современные проблемы развития техники, экономики и общества*. Сб. мат. 1-й Межд. науч.-практ. заочн. конф. Казань, Знание, 2016, с. 69–72.
- [8] Chen X., Xu Z., Zhu D., et al. Experimental research on electrochemical machining of titanium alloy Ti60 for a blisk. *Chinese J. Aeronaut.*, 2016, vol. 29, no. 1, pp. 274–282, doi: <https://doi.org/10.1016/j.cja.2015.09.010>
- [9] Насад И.П., Козлов Г.А., Насад Т.Г. Особенности обработки титановых сплавов. В: *Автоматизация и управление в машино- и приборостроении*. Саратов, СГТУ, 2019, с. 64–66.
- [10] Ночовная Н.А., Ширяев А.А. Сравнительное исследование комплекса свойств высокотехнологичных листовых титановых сплавов псевдо- α и псевдо- β классов. *Металлург*, 2019, № 7, с. 65–70.
- [11] Смоленцев Е.В., Смоленцев В.П., Кириллов О.Н. и др. *Способ разделения электродомпроволокой металлических деталей из материалов с анизотропными свойствами и устройство для его использования*. Патент РФ 2639747. Заявл. 03.06.2016, опубл. 22.12.2017.
- [12] Коптев И.Т., Юхневич С.С., Гладкова Л.Д. и др. *Способ изготовления полых деталей из полусферической формы из труднодеформируемого титанового сплава ВТ6-С*. Патент РФ 2635210. Заявл. 04.03.2016, опубл. 09.11.2017.
- [13] Коптев И.Т., Омигов Б.И., Юхневич С.С. и др. *Способ штамповки детали полусферической формы из труднодеформируемого титанового сплава ВТ-6С в одном штампе*. Патент РФ 2635990. Заявл. 08.12.2015, опубл. 17.11.2017.
- [14] Смоленцев В.П., Золотарев В.В., Рязанцев А.Ю. и др. *Способ стабилизации положения проволочного электрода и устройства для его применения*. Патент РФ 2672462. Заявл. 31.05.2016, опубл. 14.11.2018.
- [15] ГОСТ РВ 0008-002–2013. *Государственная система обеспечения единства измерений. Аттестация испытательного оборудования, применяемого при оценке соответствия оборонной продукции. Организация и порядок проведения*. Москва, Стандартинформ, 2014. 59 с.
- [16] Юхневич С.С., Витковская А.А., Севостьянов А.К. и др. Оборудование и технологии для ротационной вытяжки. В: *Современные технологии производства в машиностроении*. Вып. 13. Воронеж, Научная книга, 2020, с. 13–18.

References

- [1] Ryazantsev A.Yu., Yukhnevich S.S. [Development and introduction of an import-substituting technology for production of titanium balloons]. *Mat. vseros. molod. konkursa nauch.-tekh. rabot Orbita molodezhi* [Proc. Russ. Youth Contest Sci.-Tech. Works Youth Orbit]. Sankt-Petersburg, Voenmekh Publ., 2019, pp. 229–230. (In Russ.).
- [2] Ryazantsev A.Yu., Kirillov O.N. Sozdanie gibkikh tekhnologicheskikh protsessov na baze kombinirovannykh metodov obrabotki [Design of agile process technologies based on combined processing methods]. В: *Konstruktivnye osobennosti i tekhnologiya izgotovleniya detaley raketnykh dvigateley novogo pokoleniya* [In: Construction features and production

- technology for rocket engine parts of new generation]. Voronezh, VMZ Publ., 2014, pp. 132–136. (In Russ.).
- [3] Mel'nikov E.L. *Kholodnaya shtampovka dnishch* [Cold forging of end plates]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1986. 192 p. (In Russ.).
- [4] Gritsyuk V.G., Boldyrev A.A., Boldyrev A.I., et al. Sovershenstvovanie tekhnologicheskoy podgotovki mashinostroitel'nogo proizvodstva [Improving work preparation of machinery production]. V: *Sovremennyye tekhnologii proizvodstva v mashinostroenii*. T. 12 [In: Modern production technologies in machine building. Vol. 12]. Voronezh, Nauchnaya kniga Publ., 2019, pp. 56–62. (In Russ.).
- [5] Ryazantsev A.Yu., Yukhnevich S.S., Visotskiy V.V. Development and implementation of hole punching technology on spherical surfaces. *Mater. Today Proc.*, 2021, vol. 38, no. 4, pp. 1940–1942, doi: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.09.083>
- [6] Kishurov V.M., Smyslov A.M. [Optimization of titanium alloys treatment]. *Mat. Vseros. nauch.-prakt. konf.* [Proc. Russ. Sci.-Pract. Conf.]. Ufa, UGATU, 2020, pp. 22–26. (In Russ.).
- [7] Klabukov M.A., Murataev F.I. [Laser surface hardening of an $\alpha+\beta$ VT6 titanium alloy]. *Sovremennyye problemy razvitiya tekhniki, ekonomiki i obshchestva. Sb. mat. 1-y Mezhd. nauch.-prakt. zaochn. konf.* [Current development Issues of Technics, Economy and Society. Proc. 1st Int. Sci.-Tech. Virtual Conf.]. Kazan', Znanie, 2016, pp. 69–72. (In Russ.).
- [8] Chen X., Xu Z., Zhu D., et al. Experimental research on electrochemical machining of titanium alloy Ti60 for a blisk. *Chinese J. Aeronaut.*, 2016, vol. 29, no. 1, pp. 274–282, doi: <https://doi.org/10.1016/j.cja.2015.09.010>
- [9] Nasad I.P., Kozlov G.A., Nasad T.G. Osobennosti obrabotki titanovykh splavov [Features of processing of titanic alloys]. V: *Avtomatizatsiya i upravlenie v mashino-i priborostroenii* [In: Automation and Control in Machine and Instrument Building]. Saratov, SGTU Publ., 2019, pp. 64–66. (In Russ.).
- [10] Nochovnaya N.A., Shiryayev A.A. Comparative study of pseudo- α and pseudo- β class titanium alloy sheet set of high-tech properties. *Metallurg*, 2019, no. 7, pp. 65–70. (In Russ.). (Eng. version: *Metallurgist*, 2019, vol. 63, no. 7-8, pp. 742–750, doi: <https://doi.org/10.1007/s11015-019-00884-x>)
- [11] Smolentsev E.V., Smolentsev V.P., Kirillov O.N., et al. *Sposob razdeleniya elektrodomprovolokey metallicheskih detaley iz materialov s anizotropnymi svoystvami i ustroystvo dlya ego ispol'zovaniya* [Method of separating metallic parts from materials with anisotropic properties by electrode-wire and device for its use]. Patent RU 2639747. Appl. 03.06.2016, publ. 22.12.2017. (In Russ.).
- [12] Koptev I.T., Yukhnevich S.S., Gladkova L.D., et al. *Sposob izgotovleniya polykh detaley iz polusfericheskoy formy iz trudnodeformiruемого titanovogo splava VT6-S* [Method of producing hollow parts of hemispherical shape of hard-deformable titanium alloy BT6-C]. Patent RU 2635210. Appl. 04.03.2016, publ. 09.11.2017. (In Russ.).
- [13] Koptev I.T., Omigov B.I., Yukhnevich S.S., et al. *Sposob shtampovki detali polusfericheskoy formy iz trudnodeformiruемого titanovogo splava VT-6S v odnom shtampe* [Method to form part of semispherical shape from hard-deformable titanium alloy BT6-C in one die]. Patent RU 2635990. Appl. 08.12.2015, publ. 17.11.2017. (In Russ.).
- [14] Smolentsev V.P., Zolotarev V.V., Ryazantsev A.Yu., et al. *Sposob stabilizatsii polozheniya provolochnogo elektroda i ustroystva dlya ego primeneniya* [Method and device for stabilizing the position of wire electrode]. Patent RU 2672462. Appl. 31.05.2016, publ. 14.11.2018. (In Russ.).
- [15] GOST RV 0008-002–2013. *Gosudarstvennaya sistema obespecheniya edinstva izmereniy. Attestatsiya ispytatel'nogo oborudovaniya, primenyaемого pri otsenke sootvetstviya oboronnoy produktsii. Organizatsiya i poryadok provedeniya* [State standard GOST RV 0008-002-2013. National uniform measurement assurance system. Attestation of test equipment used for assessment of military product conformity. Arrangement and procedure]. Moscow, Standartinform, 2014. 59 p. (In Russ.).
- [16] Yukhnevich S.S., Vitkovskaya A.A., Sevost'yanov A.K., et al. *Oborudovanie i tekhnologii dlya rotatsionnoy vytyazhki* [equipment and technology for rotary drawing]. V: *Sovremen-*

nye tekhnologii proizvodstva v mashinostroenii. Вып. 13 [In: Modern production technologies in machine building. Vol 13]. Voronezh, Nauchnaya kniga Publ., 2020, pp. 13–18. (In Russ.).

Статья поступила в редакцию 26.05.2021

Информация об авторах

ЛОМАКИН Игорь Вячеславович — инженер-конструктор. АО «Конструкторское бюро химавтоматики»; магистрант кафедры «Технология машиностроения». ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет» (394006, Воронеж, Российская Федерация, ул. 20-летия Октября, д. 84, e-mail: igorlomakin.rabota@gmail.com).

РЯЗАНЦЕВ Александр Юрьевич — кандидат технических наук, начальник отдела. АО «Конструкторское бюро химавтоматики»; доцент кафедры «Технология машиностроения». ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет» (394006, Воронеж, Российская Федерация, ул. 20-летия Октября, д. 84, e-mail: ryazantsev86@rambler.ru).

ЮХНЕВИЧ Сергей Степанович — кандидат технических наук, главный инженер. АО «Конструкторское бюро химавтоматики»; доцент кафедры «Технология машиностроения». ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет» (394006, Воронеж, Российская Федерация, ул. 20-летия Октября, д. 84, e-mail: serge1975@yandex.ru).

ШИРОКОЖУХОВА Анна Александровна — заместитель начальника отдела. АО «Конструкторское бюро химавтоматики»; аспирант кафедры «Технология машиностроения». ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет» (394006, Воронеж, Российская Федерация, ул. 20-летия Октября, д. 84, e-mail: anamyagkih@yandex.ru).

Просьба ссылаться на эту статью следующим образом:

Ломакин И.В., Рязанцев А.Ю., Юхневич С.С., Широкожухова А.А. Создание передовой технологии и оборудования для изготовления титановых шар-баллонов. *Известия высших учебных заведений. Машиностроение*, 2021, № 12, с. 37–43, doi: 10.18698/0536-1044-2021-12-37-43

Please cite this article in English as:

Lomakin I.V., Ryazantsev A.Yu., Yukhnevich S.S., Shirokozukhova A.A. Development of Advanced Technology and Equipment for Manufacture of Titanium Spherical Vessels. *BMSTU Journal of Mechanical Engineering*, 2021, no. 12, pp. 37–43, doi: 10.18698/0536-1044-2021-12-37-43

Information about the authors

LOMAKIN Igor Vyacheslavovich — Design Engineer. JSC “Chemical Automatics Design Bureau”; Master’s Degree student, Department of Mechanical Engineering Technology. Voronezh State Technical University (394006, Voronezh, Russian Federation, 20-letiya Oktyabrya St., Bldg. 84, e-mail: igorlomakin.rabota@gmail.com).

RYAZANTSEV Aleksandr Yurevich — Candidate of Science (Eng.), Head of the Department. JSC Design Bureau of Chemical Automation; Associate Professor, Department of Mechanical Engineering Technology. Voronezh State Technical University (394006, Voronezh, Russian Federation, 20-letiya Oktyabrya St., Bldg. 84, e-mail: ryazantsev86@rambler.ru).

YUKHNEVICH Sergey Stepanovich — Candidate of Science (Eng.), Chief Engineer. JSC Design Bureau of Chemical; Associate Professor, Department of Mechanical Engineering Technology. Voronezh State Technical University (394006, Voronezh, Russian Federation, 20-letiya Oktyabrya St., Bldg. 84, e-mail: serge1975@yandex.ru).

SHIROKOZHUKHOVA Anna Aleksandrovna — Deputy Head of the Department. JSC Design Bureau of Chemical Automation; Post-graduate, Department of Mechanical Engineering Technology. Voronezh State Technical University (394006, Voronezh, Russian Federation, 20-letiya Oktyabrya St., Bldg. 84, e-mail: anamyagkih@yandex.ru).