

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Севастопольский государственный университет»

Политехнический институт

ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет
им И. Н. Ульянова»



Современные технологии и реверс-инжиниринг

Сборник статей

Всероссийских научно-практических конференций:
«Современные технологии: проблемы и перспективы»,
17 - 20 апреля 2023 г.

«Перспективные технологии реверс-инжиниринга и быстрого прототипирования»,
10 – 12 мая 2023 года



Севастополь, СевГУ, 2023

УДК 621+629+656+664+636(06)
ББК 3я43

Организаторы конференций:

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»
Политехнический институт
ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им И. Н. Ульянова»

Редакционная коллегия:

Головин В.И., канд. техн. наук, доцент, директор Политехнического института;
Тараховский А.Ю., канд. техн. наук, доцент, зав. каф. «Цифровое проектирование»;
Мухина О.В., канд. техн. наук, PhD, доцент каф. «Цифровое проектирование»;
Перевай Т.А., канд. техн. наук, доцент каф. «Цифровое проектирование»;
Бут А.Ю., канд. техн. наук, доцент каф. «Цифровое проектирование».

Рецензент:

Куприков М.Ю. – докт. техн. наук, профессор, зав. кафедрой «Инженерная графика»
Института общепрофессиональной подготовки Московского авиационного института.

С568 Современные технологии и реверс-инжиниринг : сборник статей
Всероссийских научно-практических конференций: «Современные технологии: проблемы и перспективы», 17 - 20 апреля 2023 г. ; «Перспективные технологии реверс-инжиниринга и быстрого прототипирования», 10 – 12 мая 2023 года / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Севастопольский государственный университет, Политехнический институт, кафедра цифрового проектирования ; главный ред. О. В. Мухина. – Севастополь : СевГУ, 2023. - 222 с. : ил. - Текст : электронный.

Публикуется по решению оргкомитетов Всероссийских научно-практических конференций, проведенных 17 - 20 апреля и 10 - 12 мая 2023 г. в ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь (приказы №687-п и №688-п от 04.04.2023).

Материалы публикуются в авторской редакции.

ISBN 978-5-6049992-7-1



© ФГАОУ ВО «Севастопольский
государственный университет», 2023

СОДЕРЖАНИЕ

I Раздел. Современные технологии: проблемы и перспективы	6
<i>Бохонский А.И., Рыжков А.И., Дьяченко И.А.</i> Оптимальное вращение жесткого элемента манипулятора в морской среде	6
<i>Неменко А.В., Никитин М.М.</i> Контроль финишного формообразования поверхности параболоида вращения	10
Секция № 1. Быстрый старт	15
<i>Медведева Е.П., Поддубный И.П.</i> VR технологии в системе общего образования.....	15
<i>Гайдукевич Е.А., Волкова М.С., Василихина В.А., Шаулина Т.М., Мухина О.В.</i> Создание 3D модели машины мечты	20
<i>Гришко М.А., Мухина О.В.</i> Проектирование ювелирного изделия «Кольцо».....	23
<i>Марущенко И.А., Митрофанов Д.К., Перепелица Д.С., Никитин И.К., Мухина О.В.</i> Проектирование 3D моделей домов.....	26
<i>Кельбас Н.А., Михайлов А.В., Ченцов Е.Д., Звягинцев Я.К., Мухина О.В.</i> Проектирование 3D модели резного кухонного ножа.....	28
Секция № 2. Высокие технологии машиностроения	32
<i>Иванова Л.А., Иванов П.А.</i> Экологические вопросы при изготовлении литейных форм и стержней.....	32
<i>Балмин А.Е., Смирнов В.М.</i> Исследование влияния режима спекания на механические свойства композиционного материала связки алмазного инструмента на основе меди	37
<i>Зорина М.М., Шильников И.Ю.</i> Анализ особенностей технологической обработки шлицевой эвольвентной протяжки.....	42
<i>Лобанов Д.В., Терентьев Е.А.</i> Перспективы использования и восстановления инструмента из минералокерамики.....	47
<i>Татанов П.В., Шнайдер Д.А., Янюшкин А.Р.</i> Применение метода транспонирования при написании управляющих программ для станков ЧПУ	53
<i>Вишняков А.Н., Пичугова Л.Н.</i> Импортзамещение в судостроении.....	57
<i>Фадиль Аббас С.Р., Дьяченко И.А., Литвинов Р.А., Неменко А.В.</i> Оценка работоспособного состояния элементов двигательно – движительной системы судна	64
<i>Самонов И.А., Андреев А.С., Неменко А.В.</i> Конструкционно функциональный инжиниринг валопровода судна	69
Секция № 3. Современные направления развития транспорта и транспортных технологий	76
<i>Тараховский М.А., Кричевец Д.С.</i> Проектирование слесарно - механического участка АТП с разработкой технологического процесса ремонта коробки перемены передач	76
Секция № 4. Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность.....	80
<i>Герасимова Е.А., Белая М.Н.</i> К вопросу об оценке качества морской воды городских пляжей Севастополя	80

<i>Филимонова Л.А., Осадчая Л.И., Данилова М.Е.</i> Возможность организации раздельного сбора твёрдых коммунальных отходов в Терновском муниципальном округе города Севастополя.....	83
<i>Соменкова Н.В., Сигора Г.А.</i> Индекс человеческого развития как ведущий интегральный показатель качества жизни.....	86
<i>Горблянская А.С., Сигора Г.А.</i> Замена объемно-планировочных решений по противопожарной защите паркингов инженерными средствами	91
<i>Файзулина Т.С., Стабровская Е.И., Турова Н.Н., Угарова И.М., Просин М.В.</i> Актуальность перехода городов Сибири на экологически безопасную энергетику	94
<i>Герасимов А.Р., Осадчая Л.И., Ничкова Л.А.</i> О возможностях использования отходов производства и потребления при производстве арболитобетона в Крыму.....	98
<i>Шевцова Д.И., Осадчая Л.И., Ничкова Л.А.</i> Загрязнение атмосферного воздуха при приеме, хранении и отпуске нефтепродуктов	102
<i>Просин М.В., Анисимова Ю.С., Ушакова А.С.</i> Методики для реализации доступной рабочей среды для людей с ограниченными возможностями здоровья.....	105
<i>Ахметшина Ф.Ф., Осадчая Л.И., Ничкова Л.А.</i> Реализация системы раздельного сбора коммунальных отходов в г. Севастополе	108
<i>Ионова Н.О., Сигора Г.А.</i> Акустическое загрязнение железно-дорожным транспортом. Методы защиты.....	111
Секция № 5. Метрология, стандартизация и управление в технических системах	114
<i>Лысикова И.А., Белая М.Н.</i> Актуальность разработки и внедрения системы безопасности пищевой продукции, основанной на принципах ХАССП для предприятий общественного питания в г. Севастополь.....	114
<i>Калугина А.В., Белая М.Н.</i> Формирование требований беспристрастности для поверочной лаборатории	119
<i>Денисова Э.М., Белая М.Н.</i> Метрологическая прослеживаемость поверочных работ.....	122
<i>Лазарчук А.В., Белая М.Н.</i> Анализ технической основы метрологического обеспечения метрологической службы ГУПС «СЕВТЕПЛОЭНЕРГО».....	125
<i>Парфентьева О.В., Кравцова С.Е.</i> Разработка методики калибровки измерительных каналов рН океанографических измерительных комплексов	129
<i>Кравцова В.М., Бариева Е.Ф.</i> Применение инструментов стандартизации: идентификация вина белого	132
<i>Жарова Е.С., Белая М.Н.</i> Стандартизация и сертификация алкогольной продукции: новые требования в сфере технического регулирования	137
<i>Гоголева Д.Д., Белая М.Н.</i> Формирование механизма внутреннего аудита соблюдения требований систем менеджмента качества в условиях поверочной лаборатории	141
<i>Васильченко А.Д., Белая М.Н.</i> Метрологическое обеспечение учреждения в сфере здравоохранения.....	145
<i>Е.А. Патраков</i> Проектирование мобильной координатной измерительной машины на отечественных компонентах	149

II Раздел. Перспективные технологии реверс-инжиниринга и быстрого прототипирования	153
Секция № 1. Практическое применение аддитивных технологий	153
<i>Смоленцев А.С., Вотинова Е.Б.</i> Выращивание заготовок методом импульсно-дуговой наплавки с использованием аустенитной порошковой проволоки с азотом	153
<i>Шатагин Д.А., Давыдов А.М., Клочкова Н.С.</i> Проектирование универсального модуля 3D печати методом электродуговой наплавки для станков с ЧПУ	156
<i>Горбатюк С.М., Кузнецов В.Р., Ибрагимова А.А.</i> Создание универсального электродержателя для подводной сварки и резки методом реверс-инжиниринга с применением аддитивных технологий 3D печати компонентов	160
<i>Рыжков А.И., Шиленок Л.В.</i> Процесс развития и классификация аддитивных технологий	165
<i>Шиленок Л.В., Сячин С.С., Сячин Д.С.</i> Разработка схемы малогабаритного мобильного робота	169
Секция № 2. Снижение расходов производства с помощью перспективных технологий	172
<i>Воробьев А.С., Батраков В.Н., Каменева А.Л.</i> Оптимизация режима наплавки порошкового припоя ВПР11-40Н электронно-лучевым методом	172
<i>Нагирняк А. А., Высоцкий В.Е.</i> Анализ перспектив применения нейросетей при проектировании электропривода с асинхронным двигателем с двухслойным ротором	177
<i>Перевай Т.А., Чучук Т.С.</i> Эффективность использования метода электроконтактного уплотнения при изготовлении детали	181
Секция № 3. Реверс-инжиниринг: особенности и преимущества	184
<i>Макаров Г.В., Тагильцев-Галета К.В., Кольчурина И.Ю., Кориунов С.Ю.</i> Концепция системного реверс-инжиниринга в условиях комплексного замещения производственных технологий	184
<i>Рипецкий А.В., Коробов К.С.</i> Сравнительное исследование методов реконструкции поверхности в задачах обратного проектирования	187
<i>Керимов А.А., Тараховский А.Ю.</i> Методы снятия размеров с коленчатых валов	193
<i>Тараховский А.Ю., Тараховский А.А.</i> Внедрение дисциплины «Реверс инжиниринг» в учебный процесс студентов инженерной подготовки	197
Секция № 4. Технологии 3D сканирования	203
<i>Джаманакоева Д.Т., Чернов Р.С., Стреляная Ю.О.</i> Применение измерительной руки HEXAGON ABSOLUTE ARM в реверс инжиниринге. Измерение и сканирование деталей для получения 3D моделей	203
<i>Мишкина К.А., Чернов Р.С., Стреляная Ю.О.</i> Выбор и обоснование применения 3D сканирования в реверс-инжиниринге	206
Секция № 5. Возможности прототипирования для различных отраслей	209
<i>Рапацкий Ю.Л., Липка В.М., Чайкин К.С., Марсов П.А.</i> Перспективы развития аддитивных технологий в строительной отрасли Российской Федерации	209
<i>Карфидов А.О., Чиченев Н.А., Васильев М.В., Чиченева О.Н.</i> Прототипирование ступенчатой гибки листового металла для изготовления тонкостенных корпусов	220

I РАЗДЕЛ

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

УДК 656.611

ОПТИМАЛЬНОЕ ВРАЩЕНИЕ ЖЕСТКОГО ЭЛЕМЕНТА МАНИПУЛЯТОРА В МОРСКОЙ СРЕДЕ

А.И. Бохонский¹, А.И. Рыжков², И.А. Дьяченко³

¹ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, 299053,
Российская Федерация, bohon.alex@mail.ru

² ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, 299053,
Российская Федерация, ryzhkov2206@mail.ru

³ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, 299053,
Российская Федерация, dyachenko2003@yandex.ru

Аннотация. Обращается внимание на использование алгоритма решения полной обратной задачи вариационного исчисления (реверсионное исчисление) для поиска оптимального управления типа «разгон-торможение» при переносном движении объекта. Принципиальным отличием решения полной обратной задачи вариационного исчисления является отсутствие предварительно задаваемого критерия оптимальности на начальном этапе реализации алгоритма. С использованием углового ускорения (управления переносным движением) исследовано оптимальное вращение консольного элемента манипулятора с учётом линейно-вязкого сопротивления морской среды. Для поиска движущего момента решена обратная задача динамики. Показано, что реверсионно сконструированное ускорение приводит, в том числе с учётом сопротивления движению, к экономии энергии для достижения цели движения (конечного состояния покоя) по сравнению с классическим управлением.

Ключевые слова: динамика вращения консоли, оптимальное ускорение, линейно-вязкое сопротивление, кинематические характеристики, движущий момент.

OPTIMAL ROTATION OF THE RIGID ELEMENT OF THE MANIPULATOR IN THE MARINE ENVIRONMENT

A.I. Bokhonsky¹, A.I. Ryzhkov², I.A. Dyachenko³

¹ FSAEI HE «Sevastopol State University», Sevastopol, 299053, Russian Federation, bohon.alex@mail.ru

² FSAEI HE «Sevastopol State University», Sevastopol, 299053, Russian Federation, Ryzhkov2206@mail.ru

³ FSAEI HE «Sevastopol State University», Sevastopol, 299053, Russian Federation, dyachenko2003@yandex.ru

Abstract. Attention is drawn to the use of an algorithm for solving the complete inverse problems of the calculus of variations (reverse calculus) to find the optimal control of the “acceleration-deceleration” type for the portable motion of objects. The fundamental difference between the solution of the complete inverse problem of the calculus of variations is the absence of a predetermined optimality criterion at the initial stage of the algorithm implementation. Using angular acceleration (portable motion control), the optimal rotation of the cantilever element of the manipulator is investigated, taking into account the linear-viscous resistance of the marine environment. To find the moving moment, the inverse problem of dynamics is solved. It is shown that the reverse-designed acceleration leads, including taking into account the resistance to movement, to energy savings (compared to classical control) to achieve the goal of movement (the final state of rest).

Keywords: console rotation dynamics, optimal acceleration, linear-viscous drag, kinematic characteristics, driving torque.

Введение. Аналитическому конструированию регуляторов при заданных критериях оптимальности с использованием классических методов теории оптимальных управления, посвящены, например, работы [1, 2]. Предпочтения в [2] отдавалось минимизации критериев качества проектируемых систем управления.

В [3, 4] исследования основаны на решении полной обратной задачи вариационного исчисления, согласно которой по задаваемой функции поведения проектируемой системы

восстановлен функционал-критерий; его минимум подтверждается необходимыми и достаточными условиями оптимальности.

Практическое значение имеет использование синтезируемых управлений в манипуляторах с учётом реальных условий их эксплуатации.

Цель исследования – применение манипулятора в морской среде при учёте линейно-вязкого сопротивления движению.

В работах [3,4] показано, что с использованием алгоритма реверсионного конструирования управления оптимальным переносным движением объекта возможно не только достичь цели движения за заданное время и расстояние, но и сэкономить энергию на реализацию данного типа движения. Схема поворота руки изображена на рис. 1.

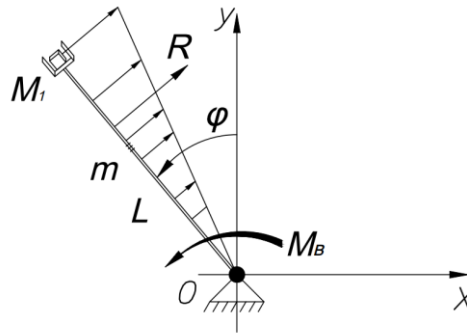


Рис. 1 – Вращение жесткой консоли в морской среде

В классическом управлении, когда в качестве критерия используется «норма мощности», выражения для углового ускорения, скорости и угла поворота имеют вид:

$$\begin{aligned}\varepsilon(t) &= \frac{6\varphi_*}{T^2} \left(1 - \frac{2t}{T}\right), \quad W(t) = \frac{6\varphi_*}{T^2} \left(t - \frac{t^2}{T}\right), \\ \varphi(t) &= \frac{\varphi_*}{T^2} \left(3t^2 - \frac{2t^3}{T}\right),\end{aligned}\quad (1)$$

где φ_* – максимальный угол поворота, T – общее время движения.

На рис. 2 изображены графики для классического управления $\varphi(t), \omega(t), \ddot{\varphi}(t)$ зависимости (1).

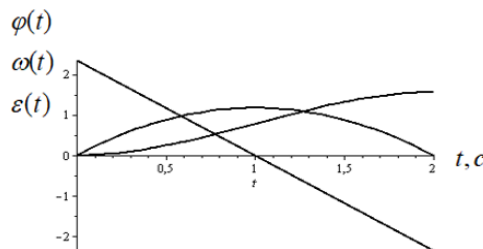


Рис. 2 – Графики движения при классическом управлении

Для частного случая, конструируемого кососимметричного углового ускорения (управления) [4] при степени полинома $n=3$ для углового ускорения, угловой скорости и угла поворота следует выражение:

$$\begin{aligned}\varepsilon(t) &= \frac{10\varphi_*}{T^5} (T - 2t)^3, \quad W(t) = \frac{10\varphi_* t}{T^5} (T - t)(2t^2 - 2Tt + T^2), \\ \varphi(t) &= \frac{\varphi_* t^2}{T^5} (5t^3 - 10Tt^2 + 10Tt - 4t^3),\end{aligned}\quad (2)$$

На рис. 3 изображены графики $\phi(t), \omega(t), \ddot{\phi}(t)$ в случае конструируемого управления зависимости (2).

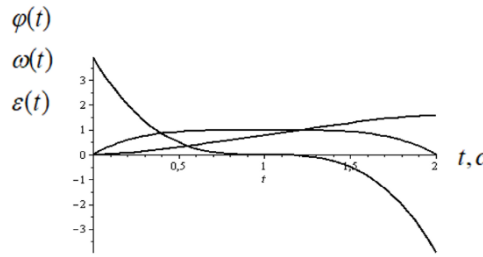


Рис. 3 – Графики движения при конструируемом управлении

При реализации оптимального закона вращения руки манипулятора далее учитывается сопротивление воды. Равнодействующая линейно-вязкого сопротивления консоли при её вращении вокруг неподвижной оси, являющейся диссипативной функцией Релея, представлена следующим образом:

$$R = \frac{1}{2} L \cdot K_1 \cdot S \dot{\phi} L = \frac{K_1 S \dot{\phi} L^2}{2}, \quad (3)$$

где $K_1 = \text{const}$, S – площадь элемента длиной 1 м и толщиной δ ; $\dot{\phi}$ – угловая скорость; L – общая длина консоли. Момент равнодействующей сопротивления по отношению к оси вращения консоли равен:

$$M_R = R \cdot \frac{2}{3} L = \frac{K_1 S \dot{\phi} L^3}{3}. \quad (4)$$

С привлечением теоремы об изменении главного момента количества движения системы получено дифференциальное уравнение вращения консоли вокруг неподвижной оси:

$$I \frac{d^2 \phi}{dt^2} = -M_R + M^{ep}, \quad (5)$$

где физический момент инерции

$$I = \frac{mL^2}{3} + M_1 L^2, \quad (6)$$

M^{ep} – движущий момент. Из (5) следует выражение для момента:

$$M^{ep} = I \frac{d^2 \phi}{dt^2} + M_R. \quad (7)$$

Графики движущего момента M^e для классического управления изображены на рис. 4, 5, соответственно без учета и с учетом сопротивления движению. Соответственно в случае конструируемого управления графики изображены на рис. 6, 7.

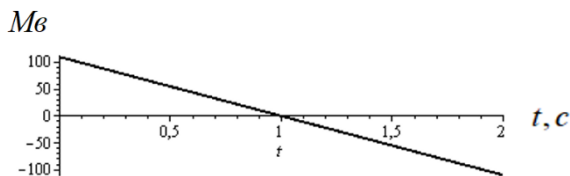


Рис. 4 – График движущего момента без учета сопротивления

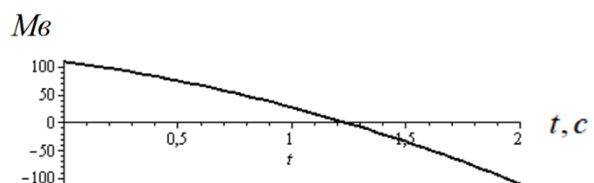


Рис. 5 – График движущего момента с учетом сопротивления

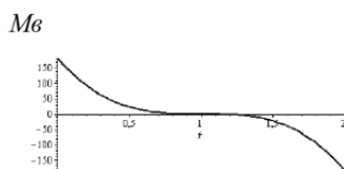


Рис. 6 – График движущего момента без учета сопротивления

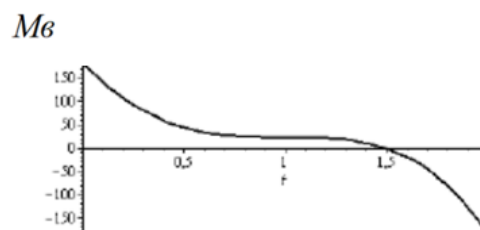


Рис. 7 – График движущего момента с учетом сопротивления

Пример. Исходные данные: $M_I=10$ кг; $m=1 \cdot \delta^2 \cdot \gamma$; $\gamma=5$ кг/м³, где γ – погонный объемный вес материала консоли; $L=2$ м; $S=0,1$ м; $K_I=10$ кг/с·м³.

Затрачиваемая на реализацию движения энергия в обоих случаях вычислялась согласно зависимостям: без учета сопротивления движению $A = 2 \int_0^{T/2} M_{\epsilon} \cdot \omega dt$; в случае учета

сопротивления движению $A = \int_0^{T_I} M_{\epsilon} \omega dt - \int_{T_I}^T M_{\epsilon} \omega dt$, где T_I – время переключения движущего

момента (согласно графикам рисунков 4 и 7). Для классического управления вращением без учета сопротивления $A=59,7$ Дж, а с учётом сопротивления $A_1=72,01$ Дж. В случае сконструированного управления без учёта сопротивления $A=45$ Дж, а при учете сопротивления $A_1=60,8$ Дж. В данном примере показано, что использование конструируемого управления приводит к экономии энергии на реализацию движения (примерно на 17%).

Выводы. Дальнейшие исследования предполагают не только учет конечной изгибной жесткости элемента, но и числа степеней свободы реальной конструкции манипулятора. Не исключается также учет пропорционального квадрату скорости сопротивления движению.

Список литературы:

1. Олейников В. А., Зотов Н. С., Пришвин А. М. Основы оптимального управления. Из-во «Высшая школа», – М: 1969. –216 с.
2. Абдуллаев Н. Д., Петров Ю. П. Теория и методы проектирования оптимальных регуляторов. Энергоатомиздат. Ленинград. отд-ние, 1985. –240 с.
3. Бохонский А. И. Реверсионный принцип оптимальности. – М: Вузовский учебник; ИНФРА-М., – 2016. – 174 с.
4. Бохонский А. И., Варминская Н. И., Мозолева Ю. В., Рыжков А. И. Алгоритм конструирования оптимального движения упругого объекта. Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. // Орловский Государственный Университет. – N4 (348). –2021. – С.33-38.

КОНТРОЛЬ ФИНИШНОГО ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ПАРАБОЛОИДА ВРАЩЕНИЯ

А.В. Неменко¹, М.М. Никитин²

¹ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, 299053, Российская Федерация, valesan@list.ru

² ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, 299053, Российская Федерация, m.nikitin.1979@gmail.com

Аннотация. Поверхность параболоида вращения находит широкое применение в оптике, радиосвязи, авиации, кораблестроении и во многих других отраслях техники. Вместе с тем, для правильного функционирования соответствующего устройства, должна быть обеспечена заданная точность изготовления такой поверхности, в отдельных случаях доходящая до десятых долей длины световой волны. Это представляет серьезную технологическую проблему при увеличении размеров изделия, так как обработка с большой скоростью не позволяет получить точную поверхность, а точная обработка уже полученной зеркальной поверхности ведется достаточно медленно. Одним из резервов повышения производительности является сокращение времени контроля между последовательными стадиями финишного формообразования. В настоящей работе мы предлагаем метод и основанное на нем устройство для оперативного контроля поверхностей вращения на предмет отклонения от ближайшего параболоида. Метод основан на свойствах параболоида, теореме Лагранжа, и использует интерференцию света в воздушном зазоре между контролируемой и некоторой специально подобранной контрольной поверхностью, вызывающей появление в поле зрения измерительного микроскопа системы колец Ньютона, которая при нулевом отклонении от параболоида локализуется строго в центре поля зрения. Предложенное устройство легко сопрягается с цифровыми системами обработки изображений и может быть использовано как датчик системы управления технологическим процессом изготовления параболоида вращения.

Ключевые слова: кольца Ньютона, контроль поверхности, портативный интерферометр, параболоид вращения, финишная обработка, формообразование

CONTROL OF THE REVOLUTION PARABOLOIDAL SURFACE FINAL SHAPING

A.V. Nemenko¹, M.M. Nikitin²

¹ FSAEI HE «Sevastopol State University», Sevastopol, 299053, Russian Federation, valesan@list.ru

² FSAEI HE «Sevastopol State University», Sevastopol, 299053, Russian Federation, m.nikitin.1979@gmail.com

Abstract. The surface of a paraboloid of revolution is widely used in optics, radio communications, aviation, shipbuilding, and many other branches of technology. At the same time, for the correct functioning of the corresponding device, the specified accuracy of manufacturing such a surface must be ensured, in some cases reaching up to tenths of a light wavelength. This poses a serious technological problem with increasing product dimensions, since processing at a high speed does not allow obtaining an accurate surface, and accurate processing of an already obtained mirror surface is carried out rather slowly. One of the reserves for increasing productivity is to reduce the time of control between successive stages of finishing shaping. In this paper, we propose a method and a device based on it for the operational control of surfaces of revolution for deviations from the nearest paraboloid. The method is based on the properties of a paraboloid, the Lagrange theorem, and uses the interference of light in the air gap between the controlled and some specially selected control surface, causing the appearance of a system of Newton rings in the field of view of the measuring microscope, which, with zero deviation from the paraboloid, is localized strictly in the center fields of view. The proposed device is easily interfaced with digital image processing systems and can be used as a sensor for the process control system for manufacturing a paraboloid of revolution.

Keywords: paraboloid of revolution, finishing, shaping, surface control, portable interferometer, Newton's rings

Постановка проблемы. Поверхность параболоида вращения находит широкое применение в объективах электронно-оптических устройств [1], антеннах приемно-передающей аппаратуры [2] радиодиапазона, гидро- и аэродинамических обтекателях и во многих других изделиях.

Вместе с тем, для расчетного функционирования устройств оказывается важным, чтобы изготовленная параболическая поверхность не выходила из диапазона установленных допусков, иногда не превышающих десятых долей световой волны.

При серийном изготовлении параболических поверхностей возникает проблема их оперативного контроля при формообразовании.

На ранних стадиях обработки не представляет затруднений применение механических приборов: щупов, сферометров, микрометрических скоб, измеряющих толщину обрабатываемой заготовки, но получаемая такими методами точность на порядки меньше требуемой для аттестации готового изделия.

Финишная обработка параболоида неотделима от процесса его точного формообразования и в большинстве случаев основана на управлении работой износа при полировании [3], при этом на любой стадии процесса обеспечивается зеркальная поверхность с возможными единичными дефектами. Для контроля отклонений на этой стадии применяются оптические методы, основанные на законах отражения и интерференции света. Их принципиальной особенностью является периодический разрыв производственного цикла для проведения контроля, когда обрабатываемое изделие ставится на стенд, с него снимается то или иное фотографическое изображение, по результатам измерений которого делается вывод о необходимом управляющем воздействии.

Проблемой является сокращение времени контроля, по возможности, с минимальными затратами времени на снятие изделия с технологической оснастки.

Кольца Ньютона представляют собой полосы равной толщины, возникающие при наблюдении интерференции света в клиновидном воздушном зазоре между двумя оптически гладкими поверхностями. Этот эффект традиционно используется при изготовлении выпуклых и вогнутых сферических деталей при наличии контрольных изделий, повторяющих форму изготавливаемой поверхности с обратным знаком [4].

Вместе с тем, кольца Ньютона обладают еще одним свойством, которое может быть использовано применительно к рассматриваемой задаче: центр их соответствует минимальной толщине воздушного клина, смещаясь заметным образом при изменении взаимного положения деталей, образующих клин.

Покажем, что при модификации интерферометра Ньютона можно получить портативное устройство, позволяющее эффективно контролировать выпуклые и вогнутые поверхности на предмет отступления от ближайшего параболоида вращения.

Изложение основного материала. Радиусы на контролируемой детали будем обозначать через r , высоты её от выбранной базовой плоскости будем обозначать через h . Проведём хорду, стягивающую точки (r_1, h_1) и (r_2, h_2) обрабатываемой поверхности. Пусть воздушный клин создаётся между обрабатываемой и контрольной деталями, при этом контрольная деталь фиксирована относительно отмеченной хорды, а касательная в её вершине параллельна хорде.

Для определенности рассмотрим вогнутую контролируемую поверхность и выпуклую контрольную деталь, при этом примем радиус кривизны контрольной детали меньше, чем у контролируемой.

Локализация системы колец Ньютона обеспечивается на одной из поверхностей, создающих воздушный зазор, при наименьшем расстоянии между поверхностями. При этом наблюдатель должен смотреть с обратной стороны этой поверхности, для чего необходимо, чтобы, по меньшей мере, одна из деталей была прозрачной.

Уравнение хорды к образующей запишем в виде уравнения прямой, проходящей через две заданные точки

$$\frac{r - r_2}{r_1 - r_2} = \frac{h - h_2}{h_1 - h_2}. \quad (1)$$

Преобразуем его к виду уравнения прямой с угловым коэффициентом,

$$h = r \cdot \frac{h_2 - h_1}{r_2 - r_1} + \frac{r_2 \cdot h_1 - r_1 \cdot h_2}{r_2 - r_1}. \quad (2)$$

Расстояние d между хордой (2) и точкой на образующей с координатами (r, h) получим с помощью известной формулы для расстояния между точкой и прямой

$$d = \frac{|A \cdot r + B \cdot h + C|}{\sqrt{A^2 + B^2}}, \quad (3)$$

где A, B и C – коэффициенты уравнения хорды в каноническом виде.

Преобразовав (2) к каноническому виду, получим

$$A = h_1 - h_2, \quad (4)$$

$$B = r_2 - r_1, \quad (5)$$

$$C = r_1 \cdot h_2 - r_2 \cdot h_1. \quad (6)$$

Тогда, учитывая (3) и (4) – (6), а также считая расстояние d положительным, получим

$$d = \frac{(h_1 - h_2) \cdot r + (r_2 - r_1) \cdot h + r_1 \cdot h_2 - r_2 \cdot h_1}{\sqrt{(h_1 - h_2)^2 + (r_2 - r_1)^2}}. \quad (7)$$

Для практически реализуемых поверхностей расстояние d является непрерывной функцией, плавно меняющейся от нуля на концах хорды до некоторого максимального значения, которое достигается при обращении производной (7) по радиусу r в ноль.

Продифференцировав (7), получим

$$d'_r = \frac{h_1 - h_2}{\sqrt{(h_1 - h_2)^2 + (r_2 - r_1)^2}} + \frac{(r_2 - r_1)}{\sqrt{(h_1 - h_2)^2 + (r_2 - r_1)^2}} \cdot h'_r. \quad (8)$$

Приравняв (8) нулю, получим условие, которому должна удовлетворять точка образующей (r, h) , чтобы её расстояние до хорды было наибольшим

$$h'_r = \frac{h_2 - h_1}{r_2 - r_1}. \quad (9)$$

Соотношение (9) позволяет, с помощью дифференциально-функциональных уравнений, находить заданные классы поверхностей вращения.

Поставим дополнительное условие, чтобы для любых двух радиусов r_1 и r_2 наибольшее расстояние от образующей до хорды достигалось на среднем радиусе образующей $(r_1 + r_2)/2$. Тогда образующая $h(r)$ должна будет удовлетворять дифференциально-функциональному уравнению

$$\left. \frac{dh}{dr} \right|_{\frac{r_1 + r_2}{2}} = \frac{h(r_2) - h(r_1)}{r_2 - r_1}. \quad (10)$$

Обозначим средний радиус через r , а расстояние между средним и каждым из крайних радиусов – через Δ . Тогда уравнение (10) примет вид

$$\frac{dh}{dr} = \frac{h(r + \Delta) - h(r - \Delta)}{2\Delta} \quad (11)$$

Покажем, что решением (11) является парабола

$$h = ar^2 + br + c \quad (12)$$

с произвольными коэффициентами.

Продифференцировав (12), получим

$$h'_r = 2ar + b. \quad (13)$$

Раскрывая скобки в правой части (11), запишем

$$h'_r = \frac{1}{2\Delta} \cdot (ar^2 + 2ar\Delta + a\Delta^2 + br + b\Delta + c - ar^2 + 2ar\Delta - a\Delta^2 - br + b\Delta - c) = 2ar + b, \quad (14)$$

что совпадает с (13) вне зависимости от величины расстояния Δ .

Отметим, что уравнению (11) удовлетворяют также коническая и плоская поверхности, получаемые при $(a = 0)$ и $(a = 0, b = 0)$ соответственно. Поверхности вращения с образующей, выполненной по многочленам порядка выше второго, уравнению (11) не удовлетворяют.

Отметим также, что решение дифференциального уравнения первого порядка может содержать только одну постоянную интегрирования, решение (12) дифференциально-функционального уравнения (11) содержит три постоянных.

Пусть хорда образована опорами контрольного устройства, над которыми с регулируемым зазором 0,5 – 1,0 мм размещена сопряженная поверхность, дающая на среднем радиусе хорды минимальное отклонение от параболической измеряемой поверхности. Прибор освещается монохроматическим светом.

Тогда при наблюдении точного параболоида с обратной стороны прозрачной контролируемой детали, центр системы колец автоматически устанавливается на среднем радиусе между точками опор.

Если контролируемая деталь отличается от параболоида, то центр системы колец смещается по радиусу на величину, которая может быть оценена с помощью измерительного микроскопа, установленного центром поля зрения на средний радиус.

Рассмотрим случай, когда контролируемая поверхность представляет собой сферу с образующей

$$h = R - \sqrt{R^2 - r^2}. \quad (15)$$

Пусть хорда стягивает точки на радиусах ($r_1=0$) и r_2 . Тогда, согласно (9), получим, что минимальное расстояние между образующей и хордой будет достигнуто на радиусе

$$r = \sqrt{\frac{R(R - \sqrt{R^2 - r_2^2})}{2}}, \quad (16)$$

где R – радиус сферы.

Учитывая (15) и известное соотношение из геометрической оптики, преобразуем (16) к виду

$$r = \sqrt{F \cdot h(r_2)}, \quad (17)$$

где F – фокусное расстояние центральной зоны сферического зеркала.

В результате получим, что центр системы колец сместится по направлению к краю обрабатываемой детали на величину

$$\Delta r = \sqrt{F \cdot h(r_2)} - \frac{r_2}{2}. \quad (18)$$

Используя формулу (18), для сферического зеркала с $R = 1000$ мм и $r_2 = 38$ мм, получим смещение центра системы интерференционных колец на величину 0,00343 мм. Это – величина в 10 раз больше предела разрешающей способности оптического микроскопа 0,25 мк. Отметим, что зеркало с приведенными параметрами отличается от ближайшего параболоида на 1/8 длины световой волны видимого диапазона и с оптической точки зрения эквивалентно ему.

Если взять сферическое зеркало с той же кривизной, но с радиусом 90 мм, то центр системы интерференционных колец сместится уже на 0,0457 мм, что составляет уже легко регистрируемую величину.

Выводы. В настоящей работе предложен метод контроля параболических поверхностей вращения на основании свойств параболической образующей таких поверхностей. Используется свойство параболы давать наибольшее отклонение от своей хорды между двумя произвольными точками строго посередине между этими точками. На основании отмеченного свойства предложен прибор, регистрирующий отклонение произвольной поверхности вращения от параболоида вращения, соответствующего фиксированной хорде образующей. Центр хорды отмечается маркером центра поля зрения измерительного микроскопа, точка наибольшего отклонения образующей от своей хорды находится как центр системы колец Ньютона, возникающих при интерференции света в воздушном зазоре между контрольной и контролируемой деталями.

К преимуществам предлагаемого метода можно отнести быструю подготовку детали к процессу контроля без снятия её с оснастки и возможность сопряжения устройства с системой цифрового контроля путем установки в микроскоп регистрирующей камеры с системой распознавания образов.

По результатам отклонения изготавливаемой поверхности от параболоида предполагается расчет корректирующего воздействия на ход процесса обработки, которое также может быть сформировано системой цифрового управления.

Список литературы

1. Алешин Б.С. Оптические приборы наблюдения, обработки и распознавания объектов в сложных условиях/ Б.С. Алешин, А.В. Бондаренко, В.Г. Волков, Э.С. Драб, Л.М. Цибульский – М.: Государственный научно-исследовательский институт авиационных систем, 1999. – 140 с.
2. Галимов Г.К. Антенны телескопов, систем космической связи и радиолокации. Том 4./Г.К. Галимов – М.: Адвансед Солюшнз, 2013. – 362с.
3. Каширин В.И. Основы формообразования оптических поверхностей: курс лекций / В.И. Каширин – Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ – УПИ, 2006.
4. Вашук Е. С., Гашнева Е. В., Копатилина Н. В. Интерферометрия в современном мире //Современные научные взгляды в эпоху глобальных трансформаций: проблемы, новые векторы развития. – 2021. – С. 941-946.

СЕКЦИЯ № 1 БЫСТРЫЙ СТАРТ

УДК 004.414.32

VR ТЕХНОЛОГИИ В СИСТЕМЕ ОБЩЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

Е.П. Медведева¹, И.П. Поддубный²

¹ Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение «Школа-гимназия №1» городского округа Судак, ул. Маяковского, г. Судак, Российская Федерация, 298000, e-mail: fitsko05@inbox.ru

² Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение, «Школа-гимназия №1» городского округа Судак, ул. Маяковского, г. Судак, Российская Федерация, 298000, e-mail: lyubivets@list.ru

Аннотация. В настоящее время все более актуально такое понятие, как инновация. Оно тесно связано с инновационными процессами. Ни в один из предшествующих периодов развития общества инновациям не уделялось столь активное внимания, и никогда прежде не было такого количества инновационных программ, инновационных разработок, технических решений различного уровня. Инновационные технологии постепенно внедряются во все сферы жизни человека в том числе и в систему образования (разного уровня).

В статье рассматривается развитие технологий виртуальной реальности в системе образования, а также излагаются основные принципы внедрения научно-педагогических практик и разработок в новом десятилетии, в области виртуальной реальности, как в предметы гуманитарного цикла, так и в предметы естественно научного цикла. Авторы описывают все преимущества VR технологий как один из мотивирующих факторов к обучению. Авторами проведен анализ основных причин активной интеграции технологий виртуальной реальности не только в систему общего образования, но и как обязательный сегмент профессиональной переподготовки. В статье выделяется ряд проблем связанных с процессом внедрения технологий виртуальной реальности.

Ключевые слова: виртуальная реальность, дополненная реальность.

VR TECHNOLOGIES IN THE SYSTEM OF GENERAL EDUCATION

E.P. Medvedeva¹, I.P. Poddubny²

¹ Municipal budgetary educational institution "School-gymnasium №. 1" of the city district of Sudak, st. Mayakovsky, Sudak, Russian Federation, 298000, e-mail: fitsko05@inbox.ru

² Municipal budgetary educational institution, "School-gymnasium №. 1" of the city district of Sudak, st. Mayakovsky, Sudak, Russian Federation, 298000, e-mail: lyubivets@list.ru

³ Sevastopol State University, st. Universitetskaya, 33, Sevastopol, Russian Federation, 299053, e-mail: YOStrelyanaya@sevsu.ru

Abstract. At present, such a concept as innovation is increasingly relevant; it is closely related to innovative processes. In none of the previous periods of the development of society, such active attention was paid to innovations, and never before have there been so many innovative programs, innovative developments, technical solutions of various levels. Innovative technologies are gradually introduced into all spheres of human life, including the education system (of different levels).

The article discusses the development of virtual reality technologies in the education system, and also outlines the basic principles for the introduction of scientific and pedagogical practices and developments in the new decade, in the field of virtual reality, both in the subjects of the humanitarian cycle and in the subjects of the natural science cycle. The authors describe all the advantages of VR technologies as one of the motivating factors for learning. The authors analyzed the main reasons for the active integration of virtual reality technologies not only into the general education system, but also as a mandatory segment of professional retraining. The article highlights a number of problems associated with the process of introducing virtual reality technologies.

Key words: virtual reality, augmented reality.

В российском образовании VR технологии это новое средство потенциально способное улучшить образовательные возможности. В этой статье будут рассмотрены достоинства в обучении с помощью этих разработок, а также анализа имеющихся опытов. Постараемся ответить на вопрос: «Стоит ли внедрять подобные технологии в российскую систему общего образования?»

Наблюдая за развитием цифровых технологий, можно с уверенностью говорить, что со временем VR-оборудование будет становиться доступнее. Одним из ключевых факторов распространения технологии является увеличение доступного VR-контента. [1]. Не только для школ, но также для университетов и других учреждений. При этом использовать виртуальную реальность в образовании можно интегрировать практически в любую возрастную группу – как для учеников младших классов, так и для людей в возрасте, которые решили освоить новую профессию или усовершенствовать существующие навыки.

Виртуальная и дополненная реальности (VR и AR) – это современные и быстро развивающиеся технологии. Их цель – расширение физического пространства жизни человека объектами, созданными с помощью цифровых устройств и программ, и имеющими характер изображения [2].

Причин распространения технологий виртуальной реальности на сферу образования можно выделить несколько:

- Снижение цены на техническое оснащение. За последние несколько лет цены на современные VR-устройства, предназначенные для домашнего и профессионального использования, успели существенно снизиться, сделав их более доступными.

- Стремительный рост количества программного обеспечения под VR. На сегодняшний день существует уже несколько тысяч самых разнообразных приложений под VR и их количество увеличивается каждый день.

- Рост объема инвестиций в VR – более 2,5 млрд долларов в год. Эта цифра постоянно растет с 2012 года и, судя по всему, не планирует существенно останавливать свой рост в ближайшее время.

- Увеличение числа крупных компаний, работающих в сфере VR. На европейском рынке их уже более 300, а такие гиганты, как Oculus, HTC, Sony, Microsoft, Samsung и многие другие уже давно внедряют свои технологии в этой области.

- Внедрение VR-технологий в ряде сфер: нефтегазовая промышленность, машиностроение, энергетика, металлургия, телекоммуникации, реклама и многое другое. Виртуальная реальность уже давно перестала быть только игровой историей и активно внедряется во все сферы деятельности человека [2].

В последние годы виртуальная реальность стала широко использоваться в компьютерных играх. Происходящая сегодня смена поколений цифровых технологий привела к появлению качественно новых разработок в области виртуальной реальности, что обещает сделать эту технологию массовой и пригодной как для увлекательных игр, так и для решения задач в сфере производства и образования. VR-технологии можно широко использовать для виртуальных путешествий, знакомства с другими культурами, изучения иностранного языка и т. п.

Изучение естественнонаучных дисциплин. Очки виртуальной реальности позволяют учащимся оказаться в научных лабораториях, наблюдать и проводить реалистичные виртуальные эксперименты, взаимодействовать с макро- и микрообъектами, совершать путешествия в мир математических объектов и пр.

Изучение гуманитарных дисциплин. Обучаемые получают возможность посетить музеи и места исторических событий, общаться с виртуальными моделями исторических личностей, реконструировать события прошлого и т. д.

- Обучающие игры. Игры в виртуальной реальности позволяют обучаемым не только взаимодействовать с различными объектами, но и создавать их, порождать виртуальный мир, который живет по разработанным ими правилам [2].

- Трехмерное проектирование. Виртуальная реальность предоставляет естественные инструменты для проектирования трехмерных объектов.

- Формирование умений. Модели в виртуальной реальности дают обучаемым возможность безопасно и не страшась возможных ошибок формировать такие умения, выработка которых в реальных условиях чревата опасностями или сталкивается с другими ограни-

чениями (доступность оборудования, высокая стоимость выполнения работ, опасность для других людей и пр.) [2].

Если говорить о применении в образовании, то:

В **физике**, эта технология может позволить проводить лабораторные работы в современных лабораториях. К примеру, почему бы не смоделировать наиболее известные исследовательские проекты последних лет: большой андронный коллайдер или детектор гравитационных волн и провести в них лабораторные работы?

При изучении **иностранных языков**, большой прогресс в обучении достигается при живом общении с носителем. Но если такого человека найти трудно или трудно технически доставить его в аудиторию. Виртуальная реальность уже сейчас позволяет попадать в пространства, где можно не только общаться, но и взаимодействовать с другими пользователями [2].

В изучении **истории**, обучаемые могут ознакомиться с трехмерными экспонатами музеев мира. А также с воссозданными городами, битвами или другими историческими событиями. Например, можно не только воссоздать Бородинскую битву, но и позволить обучаемым в ней поучаствовать и принимать свои собственные, а также коллективные решения [2].

В области **географии** современное развитие камер 360 градусов, позволяют пользователям снимать трехмерные панорамы и видео. Многие исследователи, путешественники и просто туристы снимают множество материала и выкладывают его в открытый доступ. Это видео про горы, океаны, полеты, вулканы, полюса. Использование такого материала на занятиях, позволит обучаемым увидеть далекие уголки нашей планеты и поддержать их интерес к путешествиям [1].

В **биологии** технология открывает возможность масштабироваться до размера органов, клетки или даже молекулы ДНК. Интерактивные возможности позволяют не только увидеть статическую картину, но и посмотреть, к примеру, процесс репликации ДНК.

В области **химии** приложения позволяют проводить опасные или дорогостоящие опыты. Изучать строения атомов и молекул. Наблюдать за химическими превращениями в динамике.

В области **литературы** можно, например, визуализировать наиболее яркие моменты художественных произведений. Интересным видится совмещение материала и события [1].

Россия стремится идти в ногу со временем. Начиная с 2018 года, запущен целый ряд крупных образовательных VR-проектов:

1. «Образование-2024»
2. «Цифровая школа»
3. «Современная цифровая образовательная среда»
4. «Цифровая экономика Российской Федерации»

Технологии VR часто упоминаются в программах иммерсивного обучения. Такие программы включают в себя использование современных информационных технологий в процессе обучения, который проходит внутри различных виртуальных миров и симуляций, причем часто в игровой форме [1]. Такой вид обучения способствует повышению вовлеченности, коммуникаций между обучаемыми и интереса к предмету.

В рамках академических исследований, на тему влияния технологий дополненной реальности на процесс обучения, было проведено десятки работ. В обзоре этих статей отмечено улучшение успеваемости обучаемых, понимание материала, повышение уровня мотивации. Также растет степень вовлеченности в процесс обучения и интереса к изучению предмета, повышается уровень коммуникации между студентами.

Основные проблемы, с которыми сталкивались преподаватели – это дополнительное время, затраченное на скачивание приложений, обучение работе с ними обучаемых, плохая работа геолокации, иногда низкое качество отклика моделей. В целом, все проблемы связаны с недостатком опыта в работе с VR и пока еще несовершенством технологии. В дальнейшем, с развитием технологии, эти проблемы будут устранены.

Создатели виртуальной реальности уверены, что в XXI в. их устройства изменят взаимодействие человека с компьютером.

Одна из первых значительных попыток внедрения технологии виртуальной реальности в западные школы относится к началу 2000-ых годов. Совместный проект Университета штата Айова и IowaPublic TV охватил восемьдесят шесть сельских школ (приблизительно 2 тыс. учеников старших классов) при помощи оптоволоконной сети. Была создана платформа, с помощью которой ученики могли посещать различные локации в сопровождении виртуального инструктора, находящегося в центральной VR-лаборатории университета [3].

Во многом ускоренное внедрение новых технологий на западе и их видимая недоступность в России связаны с различиями в системах образования и распределением финансирования. Область образования контролируется правительством штата и органами местного самоуправления. Именно на этих уровнях, а также при участии общественных и частных организаций учреждаются школы, разрабатываются учебные планы, определяются требования к зачислению и выпуску [1].

В школах РФ финансирование тесно связано с образовательной программой и учебными планами, принятыми в школах. Внедрение школой новых технологий не может происходить на экспериментальном уровне: использование усовершенствованных мультимедиа средств в рамках учебной практики автоматически регулируется законодательством [1]. Согласно федеральному закону "Об образовании в Российской Федерации", образовательные организации вправе самостоятельно разрабатывать и утверждать программы, но это отнюдь не значит, что школа может внедрять любые образовательные материалы и разработки.

Сейчас VR технологии использует российская Высшая школа бизнеса и уже имеет опыт с работой. Используя очки виртуальной реальности, студенты оказываются перед полным залом людей, где им необходимо завладеть вниманием виртуальных слушателей и получить высокий бал за свое выступление. Зрители реагируют на обучаемого: они могут начать смеяться, аплодировать или от скуки играть в игры на мобильных телефонах. Программа анализирует поведение и словарный запас выступающего, указывает на ошибки и слова-паразиты. Эта школа выделила в VRтехнологиях, использующихся в школьном образовании такие плюсы, как:

- **Наглядность.** Виртуальное пространство позволяет детально рассмотреть объекты и процессы, которые невозможно или очень сложно проследить в реальном мире. Например, анатомические особенности человеческого тела, работу различных механизмов и тому подобное. [1] Полеты в космос, погружение на сотни метров под воду, путешествие по человеческому телу – VR открывает колоссальные возможности.

- **Сосредоточенность.** В виртуальном мире на человека практически не воздействуют внешние раздражители. Он может всецело сконцентрироваться на материале и лучше усваивать его.

- **Вовлечение.** Сценарий процесса обучения можно с высокой точностью запрограммировать и контролировать [1]. В виртуальной реальности ученики могут проводить химические эксперименты, увидеть выдающиеся исторические события и решать сложные задачи в более увлекательной и понятной игровой форме. [3]

- **Безопасность.** В виртуальной реальности можно без каких-либо рисков проводить сложные операции, оттачивать навыки управления транспортом, экспериментировать и многое другое. Независимо от сложности сценария учащийся не нанесет вреда себе и другим.

- **Эффективность.** Опираясь на уже проведенные эксперименты, можно утверждать, что результативность обучения с применением VR минимум на 10% выше, чем классического формата.

Многие специалисты уверены, что в течение следующих 5 лет мы будем наблюдать интенсивное распространение технологий виртуальной реальности в образовательном секторе. Разумеется, пока что не приходится говорить о массовом проведении целых 45-

минутных школьных уроков полностью в VR. Однако отведение под него 5-10 минут – более чем реально и в некоторых школах уже постепенно практикуется [3].

Отдельно стоит сказать о необходимости не только обучения с помощью технологий VR, но и обучения компетенциям по созданию продуктов, использующих эти технологии. Предпрофессиональное и профессиональное образование обязательно должно обратить внимание на эти направления подготовки. В настоящий момент разработка виртуальной и дополненной реальности входит в список компетенций такого мероприятия как «Ворлдскиллс Россия», что отражает востребованность современным обществом специалистов в данных направлениях.

Цифровое облако (а не традиционная библиотека) становится основным хранилищем образовательной информации. Одним из составляющих этого хранилища могут стать и учебные материалы, построенные с использованием технологии виртуальной реальности.

Подводя итоги, хотелось бы отметить, что цифровые ресурсы стали ключевым средством воспитания и обучения личности. Технологии, такие как VR способны не в корне преобразовать систему общего и высшего образования, а предоставляет из себя одно из средств, создающих мотивацию к обучению и воспитанию подрастающего поколения.

Список литературы.

1. Глазкова, С.А. Технология дополненной реальности в новых медиа / С. А. Глазкова // Развитие русскоязычного медиапространства: коммуникационные и этические проблемы. - 2013. С. 117–122. А. Россохин, В. Измагурова. Виртуальное счастье или виртуальная зависимость // Россохин А. В., Измагурова В. Л. Личность в изменённых состояниях сознания. М.: Смысл, 2004, с. 516—523.
2. Гриншкун А.В. Об эффективности использования технологий дополненной реальности при обучении школьников информатике // Вестник Московского городского педагогического университета. Серия «Информатика и информатизация образования». 2016. № 1 (35). С. 98-103.
3. Гриншкун А.В. Терминологические особенности изучения технологии дополненной реальности при обучении информатике // Вестник Московского городского педагогического университета. Серия «Информатика и информатизация образования». 2016. № 4 (38). С. 93-100. 14.
4. Гриншкун А.В. Технология дополнительной реальности и подходы к ее использованию при создании учебных заданий для школьников. // Вестник Московского городского педагогического университета. Серия: Информатика и информатизация образования. 2017. № 3 (41). С. 99-105.
5. Жукова А. Международные стандарты инновационного развития. // Власть. - 2008. - №1. – С. 210-212.
6. Куликов Ю.А. Технологии дополнительной реальности – инновационная интерактивная технология в образовании. // В сборнике: Инновационные тенденции развития системы образования материалов VII Международной научно-практической конференции. - 2017. – С. 67-69.

СОЗДАНИЕ 3D МОДЕЛИ МАШИНЫ МЕЧТЫ

Е.А. Гайдукевич¹, М.С. Волкова², В.А. Василихина³, Т.М. Шаулина⁴, О.В. Мухина⁵

¹ГБОУ «Гимназия №7 им. В.И. Великого», г. Севастополь, 499040, Российская Федерация, imperatriz2006@mail.ru

²ГБОУ «Гимназия №7 им. В.И. Великого», г. Севастополь, 499040, Российская Федерация, supersell06@internet.ru

³ГБОУ «Гимназия №7 им. В.И. Великого», г. Севастополь, 499040, Российская Федерация, semidotskayaviktoria@yandex.ru

⁴ГБОУ «Гимназия №7 им. В.И. Великого», г. Севастополь, 499040, Российская Федерация, taisiya.shaulina.2007@mail.ru

⁵ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, 299053, Российская Федерация, ovmyhina@sevsu.mail.ru

Аннотация. В условиях увеличения объёма промышленного производства и уровня конечного потребления в России наблюдается количественный рост покупки автомобилей. Автомобилестроение требует развития промышленных мощностей и систем автоматизированного проектирования. 3D моделирование является неотъемлемой частью создания и проектирования современных автомобилей. В статье рассматривается возможность использования системы КОМПАС-3D для 3D моделирования машин.

Ключевые слова: 3D модель, колёса, корпус, двери, модель, боковина, бампер.

CREATING A 3D MODEL OF A DREAM CAR

E.A. Gaidukevich¹, M.S. Volkova², V.M. Vasilikhina³, T.M. Shaulina⁴, O.V. Mukhina⁵

¹GBOU "Gymnasium No. 7 named after V.I. Veliky", Sevastopol, 499040, Russian Federation, imperatriz2006@mail.ru

²GBOU "Gymnasium No. 7 named after V.I. Veliky", Sevastopol, 499040, Russian Federation, supersell06@internet.ru

³GBOU "Gymnasium No. 7 named after V.I. Veliky", Sevastopol, 499040, Russian Federation, semidotskayaviktoria@yandex.ru

⁴GBOU "Gymnasium No. 7 named after V.I. Veliky", Sevastopol, 499040, Russian Federation, taisiya.shaulina.2007@mail.ru

⁵FSAEI HE «Sevastopol State University», Sevastopol, 299053, Russian Federation, ovmyhina@sevsu.mail.ru

Annotation. In the context of an increase in industrial production and the level of final consumption in Russia, there is a quantitative increase in car purchases. The automotive industry requires the development of industrial capacities and computer-aided design systems. 3D modeling is an integral part of the creation and design of modern cars. The article discusses the possibility of using the COMPAS-3D system for 3D modeling of machines.

Keywords: 3D model, wheels, body, doors, model, sidewall, bumper.

Введение. Производство автомобилей всегда было и остаётся одной из ведущих отраслей современного машиностроения. Россия входит в топ пятнадцати стран по показателям развития автомобилестроительной отрасли. Уровень продаж новых автомобилей в России в 2023 году увеличился на 112%. Лидером отечественного рынка остаётся Авто ВАЗ, продавший за прошедший год 23904 новые машины.

Процесс создания нового автомобиля занимает около пяти лет. Проводится предпроектная подготовка, собираются исходные данные, разрабатывается дизайн модели, выполняются инжиниринг и, собственно, производство. Созданную дизайнерами 3D модель машины инженеры адаптируют к реальным требованиям и возможностям проектирования. По 3D модели оцениваются прочностные характеристики кузова и аэродинамические свойства автомобиля. В современной автоиндустрии применяют различные системы автоматизированного проектирования (САПР). Например, производитель автомобилей Nissan Motorsport для создания итераций своих проектов использует графическую систему AutoCAD. АвтоВАЗ работает с отечественной системой КОМПАС-3D. Цифровой макет автомобиля, включая кузов, силовой агрегат, интерьер, электрооборудование и другие системы выполняются с использованием данной САПР. Создание автомобилей в

виртуальном пространстве ускоряет процесс проектирования и облегчает его доводку. Использование САПР позволяет избежать ошибок в процессе производства.

Поскольку данное направление следует развивать, авторы данной работы решили попробовать создать цифровую копию автомобиля с помощью КОМПАС-3D, чтобы в будущем продолжать совершенствовать российский автопром.

Работа выполнена учащимися 10-го класса гимназии № 7 имени В. И. Великого в рамках изучения дисциплины «Компьютерная графика» (САПР) на базе Политехнического института Севастопольского государственного университета. Авторами разработано техническое задание, поставлены задачи и определены цели проекта. Разработаны стадии, этапы и сроки разработки изделия. Выполнены технический и эскизный проекты. Подготовлен рабочий проект. Все выполненные модели распечатаны на 3D принтере. Собрана модель автомобиля.

Основная часть. Технология 3D моделирования автомобиля представляет собой сложную работу, состоящую из нескольких этапов. Моделирование в КОМПАС-3D ускоряет процесс проектирования, позволяет избежать ошибок в процессе производства, обилие функций САПР даёт возможность дизайнеру создавать самые разные модели.

Для создания 3D модели выбрана машина Lada Vesta (рис. 1). Автомобиль имеет современный дизайн и в рейтинге продаж новых автомобилей Lada Vesta занимает почетное второе место.

Бумажная развёртка автомобиля (рис. 2) принята за основу эскиза модели.



Рис. 1

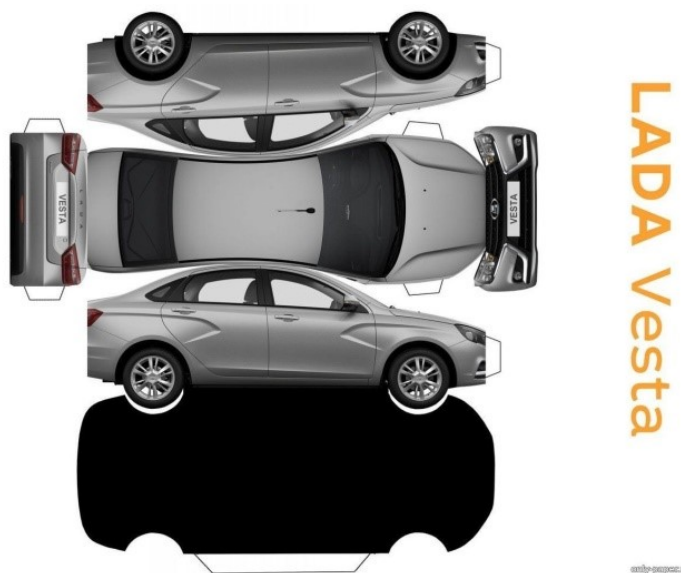


Рис. 2

Модель автомобиля представляет собой 3D сборку, собранную из моделей входящих элементов: днище, боковина, окна, колёса, бампер, крыша. Авторы проекта выполнили модели всех составных частей. Крепление колёс с днищем представлено на рис. 3. Сборка и разборка автомобиля – на рис. 4 и 5.

Далее, модели деталей, выполненные в КОМПАС-3D, были сохранены в формате *.step и отправлены на 3D печать.

В процессе разработки исполнители проекта насладились процессом командной работы и результатом своего труда.

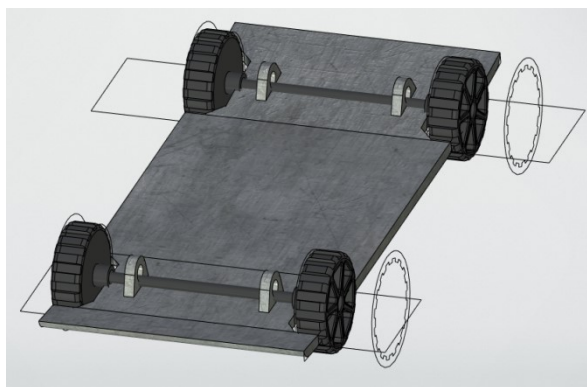


Рис. 3

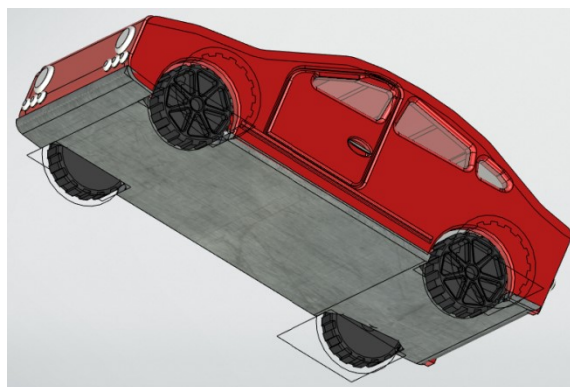


Рис. 4

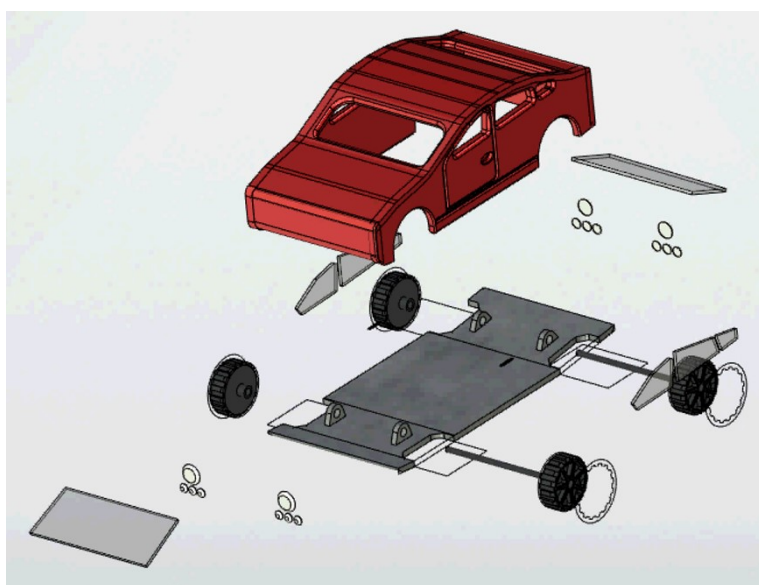


Рис. 5

Выводы. Использование САПР является удобным и быстрым методом для проектирования автомобилей. Создание 3D моделей - увлекательный и творческий процесс, требующий много ручного труда. 3D печать может не только облегчить создание новых моделей, но и помочь отремонтировать и усовершенствовать готовые изделия. Для некоторых пользователей 3D принтеры так и остаются бесполезными игрушками. Но для многих мастеров, 3D печать становится отличной альтернативой множеству дорогих станков.

Список литературы

1. Безик, В. А. Основы работы в САПР КОМПАС 3D : учебное пособие / В. А. Безик, А. Н. Васькин, А. В. Жириков. — Брянск : Брянский ГАУ, 2021. — 94 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/304163> (дата обращения: 08.06.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Баранова, И. В. КОМПАС-3D для школьников. Черчение и компьютерная графика : учебное пособие / И. В. Баранова. — Москва : ДМК Пресс, 2009. — 272 с. — ISBN 978-5-94074-519-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/1313> (дата обращения: 08.06.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Мухина О.В. САПР КОМПАС-3D V11. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ. Создание чертежа пластины. Методические указания и индивидуальные задания к практическому занятию №1 по разделу «Компьютерная графика» дисциплины «Начертательная геометрия, инженерная и компьютерная графика» для студентов дневной и заочной форм обучения направлений подготовки: 6.050502 – Инженерная механика, 6.050503 – Машиностроение, 6.051003 – Приборостроение./ Сост. О.В. Мухина. – Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2011. – 36 с.
4. Мухина О.В. САПР КОМПАС-3D V11. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ. Создание чертежа корпусной детали. Методические указания и индивидуальные задания к практическому занятию №2 по разделу

«Компьютерная графика» дисциплины «Начертательная геометрия, инженерная и компьютерная графика» для студентов дневной и заочной форм обучения направлений подготовки: 6.050502 – Инженерная механика, 6.050503 – Машиностроение, 6.051003 – Приборостроение./ Сост. О.В. Мухина.–Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2011. – 26 с.

5. Мухина О.В. САПР КОМПАС-3D V11. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ. Создание рабочего чертежа вала с использованием дополнительных изображений. Методические указания и индивидуальные задания к практическому занятию №2 по разделу «Компьютерная графика» дисциплины «Начертательная геометрия, инженерная и компьютерная графика» для студентов дневной и заочной форм обучения направлений подготовки: 6.050502 – Инженерная механика, 6.050503 – Машиностроение, 6.051003 – Приборостроение./ Сост. О.В. Мухина.–Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2011. – 52 с.

6. Мухина О.В. САПР КОМПАС-3D V11. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ. Основы трёхмерного моделирования. Методические указания к практическим занятиям № 6...8 по разделу «Компьютерная графика» дисциплины «Начертательная геометрия, инженерная и компьютерная графика» для студентов дневной и заочной форм обучения направлений подготовки: 6.050502 – Инженерная механика, 6.050503 – Машиностроение, 6.051003 – Приборостроение./ Сост. О.В. Мухина. – Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2012. – 24 с.

УДК 621.01

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЮВЕЛИРНОГО ИЗДЕЛИЯ «КОЛЬЦО»

М. А. Гришко¹, О.В. Мухина²

¹ГБОУ «Гимназия № 7 имени В. И. Великого», г. Севастополь, 299040, Российская Федерация,
maks.grishko.07@mail.ru

²ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, 299053,
Российская Федерация, ovmyhina@sevsu.mail.ru

Аннотация. Стремительное развитие компьютерных технологий позволяет разнообразить способы создания бижутерии и ювелирных украшений. В настоящей статье представлена ученическая работа по моделированию кольца индивидуального дизайна в системе КОМПАС-3D с последующей печатью на 3D принтере.

Ключевые слова: Бижутерия, ювелирные изделия, украшения, кольцо, детали, составляющие.

DESIGN OF JEWELRY "RING"

M.A. Grishko¹, O.V. Mukhina²

¹GBOU "Gymnasium No. 7 named after V.I. Veliky", Sevastopol, 499040, Russian Federation,
maks.grishko.07@mail.ru

²FSAEI HE «Sevastopol State University», Sevastopol, 299053, Russian Federation, ovmyhina@sevsu.mail.ru

Abstract. The rapid development of computer technology allows you to diversify the ways of creating jewelry and jewelry. This article presents a student's work on modeling a ring of individual design in the COMPAS-3D system with subsequent printing on a 3D printer.

Keywords: Costume jewelry, jewelry, ring, parts, components.

Введение. Для решения проблемы спроса бижутерии и ювелирных изделий необходимо разнообразить их дизайн, увеличить разработку и принять комплекс мер, регламентирующих создание и распространение украшений в разных слоях общества. В России наблюдается устойчивый рост продаж различных драгоценностей. В данной работе авторы уделяют внимание процессу моделирования колец в системе КОМПАС-3D. Работа выполнена учащимся 10-го класса гимназии № 7 имени В. И. Великого в рамках изучения дисциплины «Компьютерная графика» (САПР) на базе Политехнического института Севастопольского государственного университета. Авторами разработано техническое задание, поставлены задачи, указаны цели проекта. Подготовлен рабочий проект и выполнены 3D модели изделий, которые распечатаны на 3D принтере.

Основная часть. Технология производства колец средствами 3D моделирования представляет собой процесс последовательного создания моделей деталей кольца. До моделирования изделия на компьютере необходимо придумать и разработать эскиз будущего кольца (в нашем случае – рис. 1). Размеры кольца и его конечный вариант необходимо учитывать изначально. При разработке изделия следует учесть факторы, которые будут привлекать людей: размеры изделия, материал для комфортного использования, цвет, добавление различных гравировок.

3D модель кольца создаётся несколькими способами. Можно выполнить всю модель кольца целиком, как одно целое, либо создать фрагменты изделия, например, половины кольца, а потом соединить их. Воспользуемся вторым способом.

Прежде всего, формируется эскиз – 2D чертёж половины кольца (рис. 2). Далее, различными операциями и командами 3D моделирования эскизные линии изгибаются на определенных участках, до получения половинки кольца (рис. 3...5).

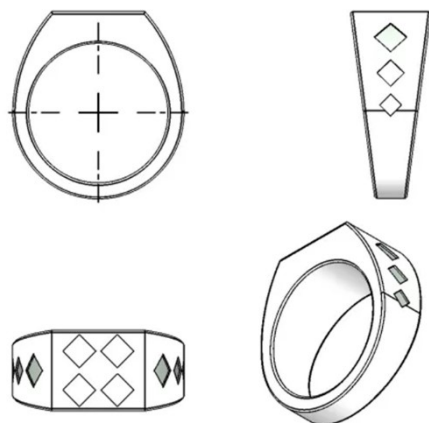


Рис. 1

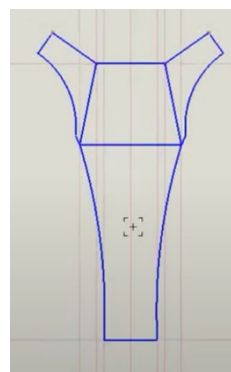


Рис. 2 – Развернутая половина кольца в 2D представлении

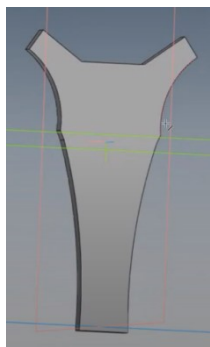


Рис. 3 – Выдавленная половина кольца

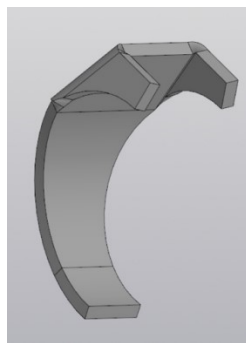


Рис. 4 – Согнутая половина кольца

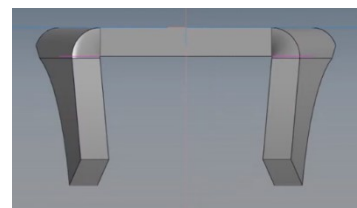


Рис. 5

В сборке полученный 3D фрагмент изделия дублируется, и оба элемента совмещаются (рис. 6, 7). Первая модель кольца представлена на рис. 8.

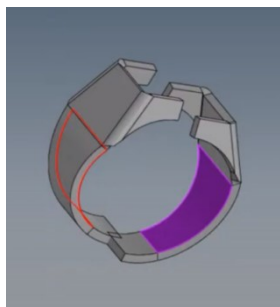


Рис. 6

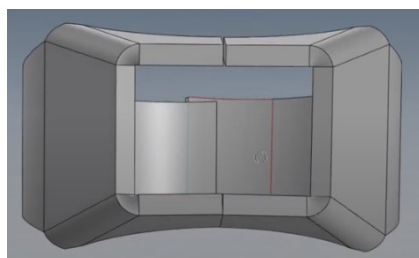


Рис. 7

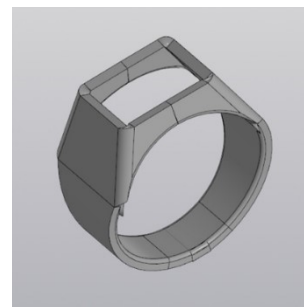


Рис. 8

На свободных участках кольца можно выполнить индивидуальную гравировку или добавить дополнительные фрагменты для украшения изделия. В верхнюю часть кольца можно вставить камень.

Для создания второй модели кольца добавляется элемент, на котором наносится гравировка (рис. 9).

Полученные 3D модели колец с визуализацией представлены на рис. 10, 11.

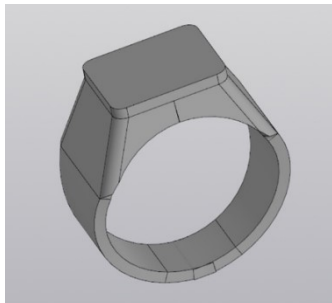


Рис. 9

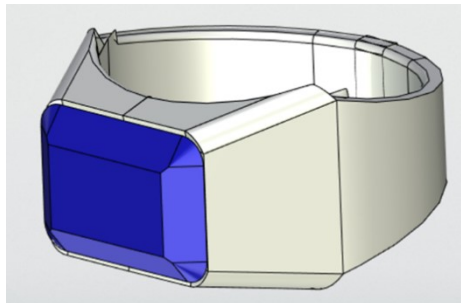


Рис. 10 - Кольцо с драгоценным камнем и выбранным материалом

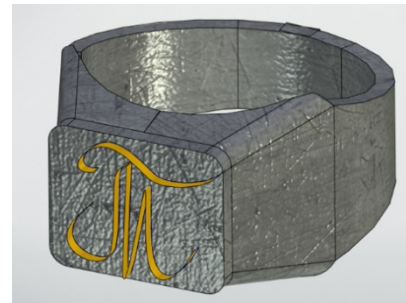


Рис. 11 - Кольцо с гравировкой

После создания 3D модели колец, файлы системы КОМПАС-3D были сохранены в формате *****.step** и отправлены на 3D печать. Модели были распечатаны на 3D принтере Formlabs.

На рис. 12 представлены кольца, распечатанные на 3D принтере. Усиления и заусеницы, полученные при печати, не сняты.



Рис. 12

Выводы. 3D печать используется во многих сферах современного общества. В данной работе рассмотрен вариант использования 3D печати при создании украшений. Трёхмерное моделирование в системе Компас-3D имеет обширный функционал. Благодаря данной программе открывается возможность создавать полноценные 3D модели. Компьютерное представление позволяет создать цифровую копию изделия с присвоением всех свойств. Современные технологии позволяют достичь полноценной детализации. В результате можно получить индивидуальные объекты, не требуя особых ресурсов.

Список литературы

1. Безик, В. А. Основы работы в САПР КОМПАС 3D : учебное пособие / В. А. Безик, А. Н. Васькин, А. В. Жиряков. — Брянск : Брянский ГАУ, 2021. — 94 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/304163> (дата обращения: 08.06.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Баранова, И. В. КОМПАС-3D для школьников. Черчение и компьютерная графика : учебное пособие / И. В. Баранова. — Москва : ДМК Пресс, 2009. — 272 с. — ISBN 978-5-94074-519-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/1313> (дата обращения: 08.06.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Мухина О.В. САПР КОМПАС-3D V11. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ. Создание чертежа корпусной детали. Методические указания и индивидуальные задания к практическому занятию №2 по разделу «Компьютерная графика» дисциплины «Начертательная геометрия, инженерная и компьютерная графика» для студентов дневной и заочной форм обучения направлений подготовки: 6.050502 – Инженерная механика, 6.050503 – Машиностроение, 6.051003 – Приборостроение./ Сост. О.В. Мухина.–Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2011. – 26 с.
4. Мухина О.В. САПР КОМПАС-3D V11. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ. Основы трёхмерного моделирования. Методические указания к практическим занятиям № 6...8 по разделу «Компьютерная графика» дисциплины «Начертательная геометрия, инженерная и компьютерная графика» для студентов дневной и заочной форм обучения направлений подготовки: 6.050502 – Инженерная механика, 6.050503 – Машиностроение, 6.051003 – Приборостроение./ Сост. О.В. Мухина. – Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2012. – 24 с.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ 3D МОДЕЛЕЙ ДОМОВ

И.А. Марущенко¹, Д.К. Митрофанов², Д.С. Перепелица³, И.К. Никитин⁴, О.В. Мухина⁵

¹ГБОУ «Гимназия № 7 имени В. И. Великого», г. Севастополь, 299040, Российская Федерация, mmmseva@icloud.com

²ГБОУ «Гимназия № 7 имени В. И. Великого», г. Севастополь, 299040, Российская Федерация, dimonlimon2505@gmail.com

³ГБОУ «Гимназия № 7 имени В. И. Великого», г. Севастополь, 299040, Российская Федерация, Sevden07@mail.ru

³ГБОУ «Гимназия № 7 имени В. И. Великого», г. Севастополь, 299040, Российская Федерация, federras@gmail.com

⁵ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, 299053, Российская Федерация, ovmyhina@sevsu.mail.ru

Аннотация. Для строительства нового или модернизации уже построенного дома необходимо разработать проект. 3D моделирование позволяет определиться с размерами постройки, дизайном и отделкой дома, помогает спроектировать не только будущее жилище, но и проработать ландшафтный дизайн. Существует много систем автоматизированного проектирования, которые решают архитектурные задачи. В данной статье рассмотрена возможность создания 3D модели дома в системе КОМПАС-3D.

Ключевые слова: проектирование, оптимизация, 3D модель, строительство.

DESIGNING 3D MODELS OF HOUSES

I.A. Marushchenko¹, D.K. Mitrofanov², D.S. Perepelitsa³, I.K. Nikitin⁴, O.V. Mukhina⁵

¹GBOU "Gymnasium No. 7 named after V.I. Veliky", Sevastopol, 499040, Russian Federation, mmmseva@icloud.com

²GBOU "Gymnasium No. 7 named after V.I. Veliky", Sevastopol, 499040, Russian Federation, Sevden07@mail.ru

³GBOU "Gymnasium No. 7 named after V.I. Veliky", Sevastopol, 499040, Russian Federation, Sevden07@mail.ru

⁴GBOU "Gymnasium No. 7 named after V.I. Veliky", Sevastopol, 499040, Russian Federation, federras@gmail.com

⁵FSAEI HE «Sevastopol State University», Sevastopol, 299053, Russian Federation, ovmyhina@sevsu.mail.ru

Annotation. For the construction of a new or modernization of an already built house, it is necessary to develop a project. 3D modeling allows you to determine the size of the building, the design and decoration of the house, helps to design not only the future home, but also to work out landscape design. There are many computer-aided design systems that solve architectural problems. This article discusses the possibility of creating a 3D model of a house in the COMPAS-3D system.

Keywords: design, optimization, 3D model, construction.

Проблема улучшения жилищных условий населения была и остается актуальной. Главным направлением в возведении жилых домов является крупноэлементное домостроение. В современном мире, в котором так важна скорость выполнения задачи, наглядность 3D модели является незаменимым атрибутом работы хорошего архитектора-проектировщика. 3D моделирование позволяет не только представить работу в лучшем свете, но и создать модель, которая будет максимально приближена к финальному сооружению, что поможет избежать проектных ошибок и коллизий на этапе проектирования.

Работа выполнена учащимися 10-го класса в рамках изучения в гимназии дисциплины «Компьютерная графика» (САПР). Цель проекта: создать 3D модель частного дома в системе КОМПАС - 3D. Задачи проекта: научиться моделировать в данной системе; применить на практике знания и навыки, полученные в течение изучения данного курса; разработать и создать 3D модель дома.

Этапы выполнения проекта:

1. Разработка технического задания

- 1.1 Постановка задачи;
- 1.2 Определение стадий, этапов и сроков разработки изделия.

2. Разработка технического проекта

- 2.1 Разработка эскизного проекта;
- 2.2 Выполнение эскизов входящих элементов.

3. Разработка рабочего проекта

- 3.1 Создание 3D моделей входящих элементов;
- 3.2 Создание 3D сборки;
- 3.3 Визуализация.

4. Внедрение

- 4.1 3D печать изделия;
- 4.2 Презентация и доклады на конференциях:

- Всероссийская научно-практическая конференция для аспирантов, студентов и молодых ученых «Современные технологии: проблемы и перспективы»
- Научно-практическая конференция для школьников и студентов «РОСТ`ОК».

На рис. 1...3 представлены модели 3D этажей и крыши будущего дома. Модели были выполнены операциями: **Элемент выдавливания** и **Вырезать выдавливанием**. Каждая операция начиналась с построения эскиза на плоскости.

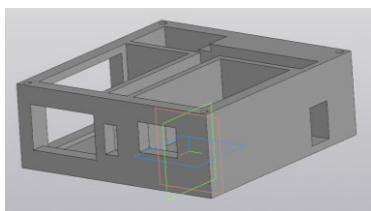


Рис. 1 - 3D модель первого этажа

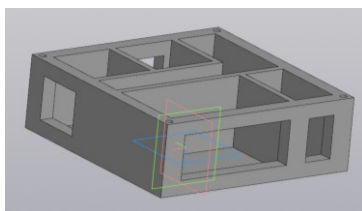


Рис. 2 - 3D модель второго этажа

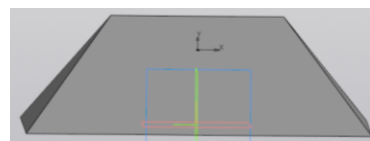


Рис. 3 - 3D модель крыши

3D сборка выполнена способом **«Снизу вверх»**, когда в сборку внедряют модели компонентов, выполненных ранее, в разных файлах. Такая методика используется, когда состав и конструкция сборки определены, входящие элементы разрабатываются впервые и не требуется моделирование перемещения подвижных частей. 3D сборка всего дома представлена на рис. 4, 5. Файлы компонентов сборки сохранены в формате *****.step** и отправлены на 3D печать. Макет дома, собранный из напечатанных на 3D принтере элементов, будет использоваться в дальнейшем, и насыщаться макетами мебели.

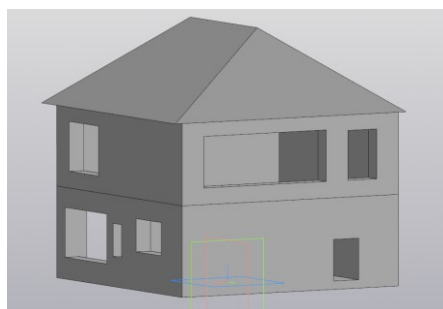


Рис. 4

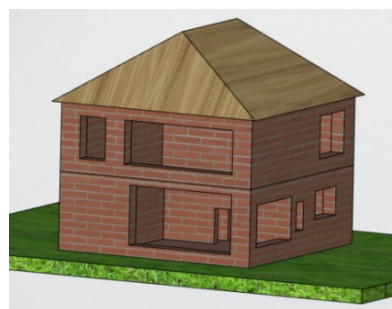


Рис. 5

Выводы. Трёхмерное моделирование является неотъемлемой частью профессионального мастерства современного инженера и архитектора. Система КОМПАС - 3D позволяет создавать модели отдельных деталей и сборочных единиц, которые содержат оригинальные и стандартные изделия. Интерфейс системы прост для изучения. Процесс 3D моделирования не требует от пользователя навыков программирования, система легко и быстро осваивается. Изучение КОМПАС - 3D – полезно и интересно.

Список литературы

1. Безик, В. А. Основы работы в САПР КОМПАС 3D : учебное пособие / В. А. Безик, А. Н. Васькин, А. В. Жиряков. — Брянск : Брянский ГАУ, 2021. — 94 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/304163> (дата обращения: 08.06.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Баранова, И. В. КОМПАС-3D для школьников. Черчение и компьютерная графика : учебное пособие / И. В. Баранова. — Москва : ДМК Пресс, 2009. — 272 с. — ISBN 978-5-94074-519-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/1313> (дата обращения: 08.06.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Мухина О.В. САПР КОМПАС-3D V11. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ. Основы трёхмерного моделирования. Методические указания к практическим занятиям № 6...8 по разделу «Компьютерная графика» дисциплины «Начертательная геометрия, инженерная и компьютерная графика» для студентов дневной и заочной форм обучения направлений подготовки: 6.050502 – Инженерная механика, 6.050503 – Машиностроение, 6.051003 – Приборостроение./ Сост. О.В. Мухина. – Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2012. – 24 с.

УДК 621.01

ПРОЕКТИРОВАНИЕ 3D МОДЕЛИ РЕЗНОГО КУХОННОГО НОЖА

Н.А. Кельбас¹, А.В. Михайлов², Е.Д. Ченцов³, Я.К. Звягинцев⁴, О.В. Мухина⁵

¹ГБОУ «Гимназия № 7 имени В. И. Великого», г. Севастополь, 299040, Российская Федерация, kirtanhacnemedon@gmail.com

²ГБОУ «Гимназия № 7 имени В. И. Великого», г. Севастополь, 299040, Российская Федерация, artemmihajlov104@yandex.ru

³ГБОУ «Гимназия № 7 имени В. И. Великого», г. Севастополь, 299040, Российская Федерация, chentsovegor2006@gmail.com

⁴ГБОУ «Гимназия № 7 имени В. И. Великого», г. Севастополь, 299040, Российская Федерация, yaroclav.zvg@gmail.com

⁵ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, 299053, Российская Федерация, ovmyhina@sevsu.mail.ru

Аннотация. Успешное 3D моделирование основано на ключевых знаниях и понятиях начертательной геометрии и инженерной графики. В статье описывается проект учеников 10-го класса. Работа выполнена по разработанному техническому заданию с оформлением эскизного и рабочего проектов. В процессе подготовки обучающиеся ознакомились с основными документами Единой Системы Конструкторской Документации, научились выполнять эскизы и получили практические навыки 3D моделирования в системе КОМПАС-3D.

Ключевые слова: моделирование, операции, команды, детали, сборка.

DESIGNING A 3D MODEL OF A CARVED KITCHEN KNIFE

N.A. Kelbas¹, A.V. Mikhailov², E.D. Chentsov³, Ya.K. Zvyagintsev⁴, O.V. Mukhina⁵

¹GBOU "Gymnasium No. 7 named after V.I. Veliky", Sevastopol, 499040, Russian Federation, kirtanhacnemedon@gmail.com

²GBOU "Gymnasium No. 7 named after V.I. Veliky", Sevastopol, 499040, Russian Federation, artemmihajlov104@yandex.ru

³GBOU "Gymnasium No. 7 named after V.I. Veliky", Sevastopol, 499040, Russian Federation, chentsovegor2006@gmail.com

⁴GBOU "Gymnasium No. 7 named after V.I. Veliky", Sevastopol, 499040, Russian Federation, yaroclav.zvg@gmail.com

⁵FSAEI HE «Sevastopol State University», Sevastopol, 299053, Russian Federation, ovmyhina@sevsu.mail.ru

Annotation. Successful 3D modeling is based on key knowledge and concepts of descriptive geometry and engineering graphics. The article describes the project of 10th grade students. The work was carried out according to the developed terms of reference with the design of draft and working projects. In the course of preparation, the students got acquainted with the basic documents of the Unified System of Design Documentation, learned how to make sketches and gained practical skills of 3D modeling in the COMPASS-3D system.

Keywords: modeling, operations, commands, parts, assembly.

КОМПАС-3D – отечественная система автоматизированного проектирования, позволяющая создавать модели деталей и сборок любой конструкции и сложности. Изучение данной системы поможет школьникам развить пространственное воображение, освоить специфические умения и навыки, которые могут помочь в выборе профиля дальнейшего обучения.

В 2022-2023 году ученики 10-го класса гимназии № 7 имени В. И. Великого осваивали КОМПАС-3D на занятиях по компьютерной графике на базе Политехнического института Севастопольского государственного университета. Первый семестр обучения был посвящён изучению самой системы, получению практических навыков работы в КОМПАС-3D, знакомству с основными стандартами Единой Системы Конструкторской Документации. Во втором семестре учащиеся, сгруппированные по командам, выполняли индивидуальное творческое задание.

Цель данного проекта: в системе КОМПАС - 3D создать 3D модель резного кухонного ножа.

Работа выполнялась поэтапно. Прежде всего, было разработано техническое задание, далее – оформлен технический проект, включающий эскизы входящих элементов. На этапе рабочего проекта выполнялись 3D модели деталей, и создавалась сборка изделия. Заключительным этапом выполнена 3D печать ножа.

На рис. 1 и 2 представлены проработки эскизного проекта, выполненные в графическом

документе КОМПАС - 3D «Фрагмент» с помощью команд из панелей «Геометрия», «Правка» и «Размеры».

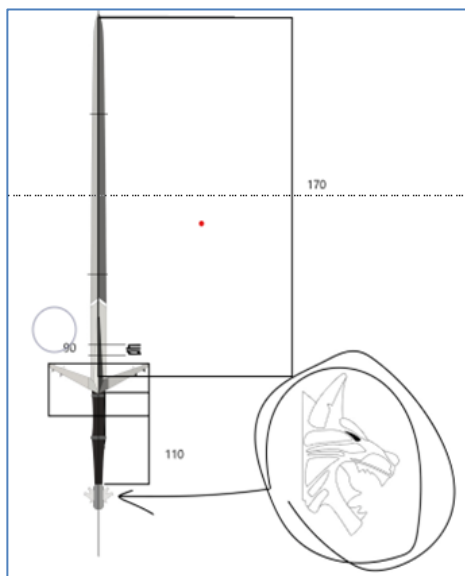
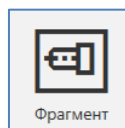


Рис. 1

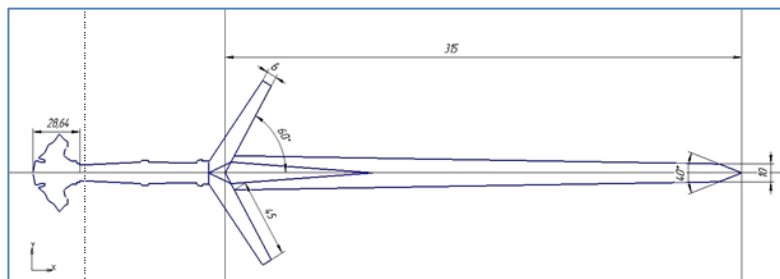
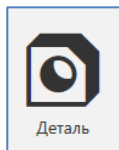


Рис. 2

На рис. 3...5 изображены модели входящих элементов, выполненные в документе



«Деталь» командами рисования из панели «Эскиз» и операциями панели «Элементы тела». В процессе выполнения данных моделей использовались такие операции, как **Элемент выдавливания**, **Элемент вращения**, **Вырезать выдавливанием**, **Вырезать вращением**. Команды **Скругление**, **Фаска**, **Копировать объекты** позволили воссоздать все тонкости будущего изделия.

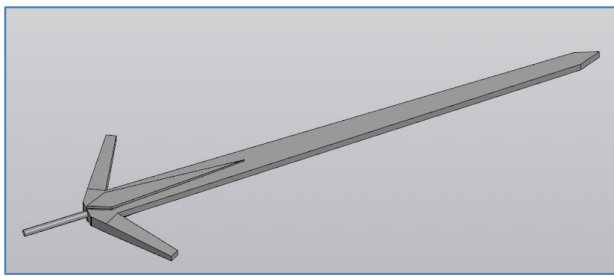


Рис. 3 – Модель лезвия

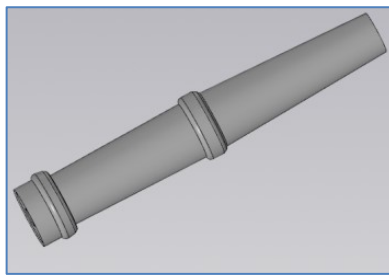


Рис. 4 – Модель рукоятки

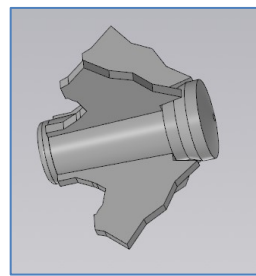


Рис. 5 – Модель крышки

Для того, чтобы модели были максимально реалистичными в КОМПАС - 3D имеется специальный модуль для визуализации – **Artisan Rendering**, который находится в меню **Приложения** (рис. 6). Данный инструмент позволяет задать модели материал, установить освещение, выбрать фон и сцену. В результате, модель становится фотореалистичной.

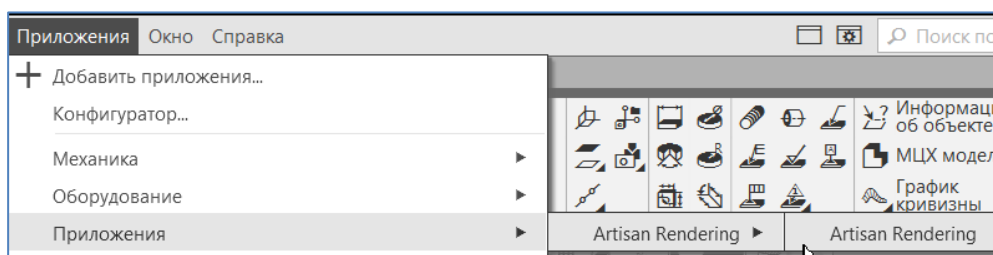


Рис. 6

На рис. 7 и 8 представлены модели элементов ножа, обработанные в Artisan Rendering.



Рис. 7

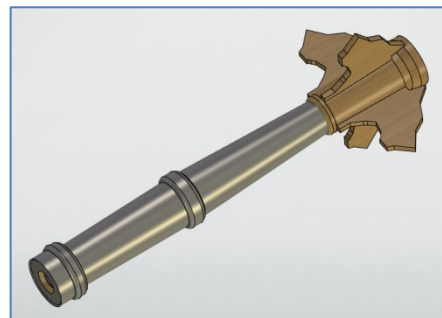
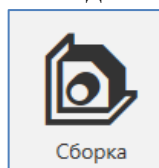


Рис. 8

Готовые модели элементов ножа собраны в сборку (рис. 9) в документе КОМПАС - 3D



Сборка

«Сборка» .

Печать изделия выполнена на 3D принтере **Makerbot Method X** (рис. 10).



Рис. 9



Рис. 6

Выводы. Система КОМПАС - 3D предназначена для проектирования трёхмерных параметрических моделей деталей и сборок, и оформления чертёжно-графической документации. В результате обучения и выполнения заданий учащиеся гимназии отработали команды создания и редактирования трёхмерных моделей и научились самостоятельно формировать модели деталей разной степени сложности и сборки. В ходе работы над проектом учащиеся многое узнали, получили базовую подготовку и научились работать в системе трёхмерного моделирования КОМПАС – 3D. Трудиться над проектом было интересно, и каждый участник команды внес свою лепту в реализацию задуманного.

Список литературы

1. Безик, В. А. Основы работы в САПР КОМПАС 3D : учебное пособие / В. А. Безик, А. Н. Васькин, А. В. Жириков. — Брянск : Брянский ГАУ, 2021. — 94 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/304163> (дата обращения: 08.06.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Баранова, И. В. КОМПАС-3D для школьников. Черчение и компьютерная графика : учебное пособие / И. В. Баранова. — Москва : ДМК Пресс, 2009. — 272 с. — ISBN 978-5-94074-519-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/1313> (дата обращения: 08.06.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Мухина О.В. САПР КОМПАС-3D V11. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ. Основы трёхмерного моделирования. Методические указания к практическим занятиям № 6...8 по разделу «Компьютерная графика» дисциплины «Начертательная геометрия, инженерная и компьютерная графика» для студентов дневной и заочной форм обучения направлений подготовки: 6.050502 – Инженерная механика, 6.050503 – Машиностроение, 6.051003 – Приборостроение./ Сост. О.В. Мухина. – Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2012. – 24 с.

СЕКЦИЯ № 2 ВЫСОКИЕ ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ

УДК 621.74

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ЛИТЕЙНЫХ ФОРМ И СТЕРЖНЕЙ

Л.А. Иванова¹, П.А. Иванов²¹ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова»,
г. Чебоксары, 428015, Российская Федерация, i-luda13@mail.ru²ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» г. Москва, 111250, Российская Федерация, iv.pasha-08@yandex.ru

Аннотация. Рассмотрены экологические вопросы, возникающие в литейном производстве при изготовлении отливок с применением различных составов формовочных и стержневых смесей. Описаны опасные и вредные производственные факторы, воздействующие на человека в процессе производства литья. Приведены данные об основных вредных веществах, выделяемых при приготовлении форм и стержней. Перечислены основные марки органических связующих материалов, являющиеся главными источниками выделения вредных веществ на этапах приготовления смеси, изготовлении форм и стержней, заливке форм, охлаждении и выбивке отливок из охлажденных форм. Описаны пути улучшения экологической обстановки в литейном производстве для достижения улучшения условий труда и уменьшения вредных выбросов за счет расширения доли применения неорганических связующих композиций. Предложено использование неорганического жидкостеклового связующего с комплексным модификатором взамен небезопасных органических связующих композиций в составе формовочных и стержневых смесей в процессах изготовления литейных форм и стержней. Показаны преимущества применения неорганических связующих материалов в литейном производстве.

Ключевые слова: Экологичность, опасные и вредные факторы, предельно допустимые концентрации токсичных веществ, канцерогенные вещества, органические связующие композиции, неорганические связующие материалы, жидкостеклольная смесь.

ENVIRONMENTAL ASPECTS AT THE MANUFACTURE MOLDS AND CORES

L.A. Ivanova¹, P.A. Ivanov²¹FSBEI HE «Chuvash State University of I.N. Ulyanov», Cheboksary, 428015,
Russian Federation, i-luda13@mail.ru²FSBEI HE «National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow, 111250,
Russian Federation, iv.pasha-08@yandex.ru

Annotation. The environmental issues that arise in the foundry in the manufacture of castings using various compositions of molding and core sands are considered. Dangerous and harmful production factors affecting a person in the process of casting production are described. Data on the main harmful substances emitted during the preparation of molds and cores are given. The main brands of organic binders are listed, which are the main sources of harmful substances at the stages of mixture preparation, mold and core production, mold casting, cooling and knockout of castings from cooled molds. Ways to improve the environmental situation in the foundry are described in order to achieve improved working conditions and reduce harmful emissions by expanding the share of the use of inorganic binder compositions. The use of an inorganic liquid-glass binder with a complex modifier instead of unsafe organic binder compositions in the composition of molding and core sands in the production of molds and cores is proposed. The advantages of using inorganic binders in foundry production are shown.

Keywords: Environmental friendliness, dangerous and harmful factors, maximum allowable concentrations of toxic substances, carcinogenic substances, organic binding compositions, inorganic bonding materials, liquid glass mixture.

Постановка проблемы. Вопросы экологии занимают первостепенное место в развитии промышленности и общества. Литейное производство является многооперационным сложнейшим технологическим процессом с использованием большого количества

наименований и масс материалов, поглощением значительных объемов топлива и различных видов энергии. При этом производство отливок сопровождается выбросами в атмосферу загрязняющих веществ и промышленной пыли, а в водные объекты направляют загрязненные сточные воды, отводимые после использования. В машиностроительном комплексе России литейное производство наиболее материало- и энергоемкое. Экологические проблемы в литейном производстве в большинстве случаев определяют экологическую ситуацию в машиностроении. Долгое время считалось, что наиболее неблагоприятно с экологией на плавильном участке. Однако с развитием новых технологий изготовления стержней с применением синтетических смол различных классов эти проблемы затронули все переделы литейного производства.

Главная задача специалистов обеспечить соответствие техники и технологии промышленных объектов экологическим требованиям, не допускать неконтролируемых выбросов и организовать контроль и утилизацию отходов и промышленных стоков, что позволит сохранить уровень состояния среды существования и не допустить ухудшения условий проживания и деятельности человека.

Технологические процессы изготовления отливок включают приготовление расплава, смесей, изготовление и заливку форм, охлаждение, выбивку и очистку отливок. Во время производства на человека воздействуют опасные и вредные факторы. К ним относятся:

1. физические факторы – повышенная запыленность, повышенная температура, шум и др.;
2. химические факторы – токсические, раздражающие, канцерогенные и другие вещества;
3. психофизиологические факторы – физические и динамические перегрузки, монотонность труда и др.

Известно, что при производстве 1 т отливок из стали и чугуна выделяется около 50 кг пыли, 250 кг оксида углерода, 1,5-2 кг оксида серы и 1 кг углеводородов. Неэкологичные технологические процессы создают повышенную техногенную нагрузку и оказывают негативное воздействие на состояние окружающей среды. Ресурсосберегающие и малоотходные технологии способствуют оздоровлению окружающей среды.

Изложение основного материала. Процессы приготовления литейных смесей и изготовления форм очень многообразны. Они сопровождаются выделением пыли и других вредных веществ в виде газов и аэрозолей, а также различных отходов. Основными источниками образования пыли на участках приготовления смеси являются сыпучие материалы (формовочные пески, сухие оборотные и отработанные смеси, сухие порошкообразные добавки и др.). при использовании кварцевых песков в технологиях формообразования наибольшую опасность представляет дисперсная пыль SiO_2 (диоксида кремния), которая вызывает профессиональное заболевание. В зависимости от дисперсности частиц и от содержания SiO_2 в составе пыли, устанавливают предельно-допустимые концентрации (ПДК) по диоксиду кремния в пределах 2-4 мг/м³. Пыль образуется при загрузке и выгрузке материалов, при транспортировке, просеивании и пересыпках с конвейера на конвейер. Особенно много пыли образуется при просеивании и транспортировке горелой земли (6,0-10,0 г/кг перерабатываемого материала) и при пересыпках порошкообразных материалов (1,3-1,5 г/кг).

При использовании органических связующих в формовочных стержневых смесях для изготовления, упрочнения стержней (форм) и при заливке форм расплавом, в воздух рабочей зоны выделяется значительное количество токсичных газов, содержание которых может превысить ПДК или которые при малых концентрациях в воздухе имеют одностороннее действие на человека. В табл.1 представлены основные вредные вещества, выделяемые при приготовлении смесей, изготовлении стержней (форм), заливке форм, охлаждении и выбивке отливок в зависимости от вида применяемого связующих [1].

Таблица 1. Основные вредные вещества, выделяемые при приготовлении форм и стержней до и после заливки

Связующие		Основные вредные вещества	
Тип, класс	Основные марки	При изготовлении стержней и форм	При заливке, охлаждении и выбивке форм
Органические неводные и водные	КО, УСК-1, П, СБ, СП, ЛСТ, ГТФ	Акролеин, метанол, формальдегид	Оксид углерода, оксид серы, предельные углеводороды
Фенолформальдегидные	Фенолоспирт, СФ-015, СФ-480, СФ-1, СФ-3042	Метанол, формальдегид, фенол, фурфурол, фуриловый спирт, ацетон	Оксид углерода, аммиак, ацетон, метанол, бензол, углеводороды, цианиды, сернистый ангидрид
Фенолфурановые	ФФ-1Ф, «Фуритол-68», ФФ-1СМ, ФФ-65	Аммиак, метанол, формальдегид, фенол	Оксид углерода, метанол, бензол, формальдегид, фенол, предельные углеводороды, фурфурол, фуриловый спирт
Карбамидоформальдегидные	М-19-62, УКС, М-3, КФ-Ж	Аммиак, метанол, формальдегид	Оксид углерода, метанол, формальдегид, предельные углеводороды, аммиак, цианиды, оксиды азота, фосфорный ангидрид
Карбамидофурановые	«Фуритол-107», КФ-35, КФ-40, КФ-90, БС-40, УКС с фуриловым спиртом, КФ-65С	Метанол, формальдегид, фурфурол, фуриловый спирт	Оксид углерода, метанол, формальдегид, предельные углеводороды, аммиак, цианиды, оксиды азота, фурфурол, фуриловый спирт, фосфорный ангидрид
Фенолкарбамидоформальдегидные	СФ-411, ФПР-24	Метанол, формальдегид, фенол, аммиак	Оксид углерода, метанол, формальдегид, фенол, предельные углеводороды, аммиак, цианиды, оксиды азота

Номенклатура выделенных веществ может быть несколько сокращена или расширена для отдельного связующего и применяемого типа катализатора, и в зависимости от вида модификатора и добавок, используемых при приготовлении смол.

В литейных цехах возможно образование канцерогенных веществ: бензола, полициклических ароматических углеводородов: нитрозаминов и нитрозамидов (нитраты, нитриды, окислы азота, амины). Наиболее опасным считается бензопирен с ПДК $0,00015 \text{ мг/м}^3$ в воздухе. Это вещество хорошо растворяется в воде, легко распространяется на большие расстояния от источника загрязнения и может накапливаться в донных отложениях, планктоне, водорослях, водных организмах. Эффективность очистки от него существующими методами составляет 72-82%. Источниками бензопирена в литейном производстве являются, в основном, органические связующие и промышленные масла.

Поэтому важно снижать долю органических связующих за счет использования преимущественно экологически безопасных неорганических связующих материалов, а также по возможности исключить применение промышленных масел, в том числе в составе разделительных покрытий.

Освоение современных технологических процессов изготовления форм и стержней с использованием синтетических связующих позволило повысить производительность труда, снизить трудоемкость на операциях приготовления, уплотнения смеси и выбивки, исключить сушку, использование высокотемпературного нагрева оснастки (до 400°C) и виброинструмента. При этом значительно снижены объемы газовыделений при заливке и выбивке отливок, но выросли общие уровни опасности применяемых веществ, а значит сохраняется опасность загрязнения окружающей среды. В зависимости от класса связующего в атмосферу цеха могут выделяться такие вредные вещества как аммиак, ацетон, акролеин, фенол, формальдегид, фурфурол и т. д. Загрязнение воздушной среды токсичными компонентами возможно на всех стадиях технологического процесса: при приготовлении смесей, изготовлении и отверждении стержней и форм. Поэтому в условиях интенсификации производства и повсеместного внедрения технологий с коротким циклом отверждения стержней при продувке токсичными газами (катализаторами) и активном внедрении технологии литья в стержневые формы на органических связующих вопросы экологии остаются весьма актуальными [2].

Одним из радикальных путей улучшения экологической обстановки и улучшения условий труда в литейном производстве является снижение объемов выделяющихся вредных веществ из материалов форм в процессе их изготовления, заливки, охлаждения, выбивки и очистки отливок. Соотношение объемов, применяемых в производстве органических связующих по сравнению с неорганическими, сдвигает экологические показатели в ту или иную сторону. Реальным способом достижения улучшения условий труда и уменьшения вредных выбросов, является расширение доли применения неорганических связующих композиций, так как их природа подразумевает низкие уровни токсичности выделяемых газов и высокие параметры термостойкости [3].

Использование жидкого стекла в качестве связующего материала в процессах изготовления литейных форм и стержней позволяет улучшить условия труда и экологические показатели, обеспечивая повышение производительности труда и снижении трудоемкости формовки. Данные смеси имеют целый ряд достоинств: они нетоксичны, недефицитны, имеют низкую стоимость, обладают хорошими показателями по прочности, могут отверждаться различными способами. Важным достоинством жидкого стекла, как связующего, является возможность его приготовления непосредственно в цеховых условиях, при этом появляется возможность регулирования его свойств. Вместе с тем жидкостекольные смеси не лишены недостатков. Специфической особенностью жидкостекольных смесей является высокая остаточная прочность (прочность после прогрева смеси, связанного с воздействием заливаемого металла на формовочные и стержневые смеси) и, как следствие, затрудненная выбиваемость из отливок после охлаждения.

В последние годы в производстве широко используются жидкие отвердители ацетатов этиленгликоля для жидкостекольных холоднотвердеющих смесей. Но лабораторные исследования показали, что при изготовлении форм и стержней выделяются газообразные ацетаты этиленгликоля, а при деструкции смеси – ряд веществ, имеющие 2-4 классы опасности (уксусная кислота, ацетон, этиленгликоль, ацетальдегид, формальдегид).

Для решения проблемы затрудненной выбиваемости жидкостекольных смесей применяют введение модифицирующих добавок. Под модифицированием жидкого стекла понимается воздействие на его структуру и свойства путем введения в щелочные силикатные растворы добавок - модификаторов. При этом процесс модифицирования должен обеспечить улучшение поверхностных свойств связующего, повышение когезии и снижение внутренних напряжений после отверждения, а также уменьшение остаточной прочности после

термообработки. Наличие требуемого комплекса свойств связующего позволяет получать высокопрочные легковыбиваемые формовочные и стержневые смеси.

Известные методы модифицирования основаны, как правило, на введении модификаторов непосредственно в жидкое стекло. Однако для этого связующего материала, представляющего собой концентрированный водный раствор щелочи и частично гидролизованного силиката натрия различной степени конденсации, характерны высокая ионная сила раствора и, как следствие, высаливающий эффект [4].

Предложено вводить в состав жидкостекольной смеси комплексный модификатор, представляющий собой комбинацию органических и неорганических соединений для снижения остаточной прочности смеси и, как следствие, улучшение выбиваемости смеси. В качестве модификаторов были предложены следующие органические соединения: лаурилсульфат натрия ($C_{12}H_{25}SO_4Na$), глицерин $C_3H_5(OH)_3$ – трехосновной спирт с низким молекулярным весом и в качестве ПАВ неорганического происхождения использовали полифосфат натрия, который с жидким стеклом при высоких температурах способен образовывать силикофосфатные стекла, отличающиеся своими характеристиками от силикатных стекол. Предложенный состав модифицирующей добавки позволяет улучшить выбиваемость и снизить остаточную прочность в различных интервалах температур [5].

Выводы. Таким образом, в связи постоянно возрастающими требованиями по экологической безопасности технологических процессов в литейном производстве, необходимо более широко использовать формовочные и стержневые смеси на неорганических связующих материалах. Жидкостекольная смесь с комплексным модификатором позволяет использовать подобные смеси в производстве для получения качественных отливок. Поэтому, необходимо постепенно сокращать долю органических связующих в литейных смесях, продолжить активные исследования по совершенствованию жидкостекольных смесей и по разработке новых неорганических связующих композиций.

Список литературы

1. Жуковский С.С., Лясс А.М. Формы и стержни из холоднотвердеющих смесей, М.: Машиностроение, 1978 г. – 224 с.
2. Болдин А.Н., Жуковский С.С., Поддубный А.Н. и др. Экология литейного производства, Брянск. Изд-во БГТУ, 2001 г. – 316 с.
3. Чернышов Е.А., Евлампиев А.А., Гусева О.Б. Мониторинг экологичности при изготовлении форм и стержней// Экология и промышленность России. 2013. с.58-61.
4. Кукуй Д.М. Теория и технология литейного производства: учебник/ Д.М. Кукуй, В.А. Скворцов, Н.В. Андрианов. В 2 ч. Ч. 1. Формовочные материалы и смеси. – Минск: Новое знание; М.: ИНФРА-М, 2013. 384с.
5. Иванова Л.А. Использование комплексного модификатора для улучшения выбиваемости жидкостекольных смесей// Материалы Всероссийской научно-практической конференции для аспирантов, студентов и молодых ученых «Современные технологии: проблемы и перспективы». - Севастополь, 2021, с.28-33.
6. Иванова Л.А. Повышение технологичности жидкостекольных смесей// Материалы Всероссийской научно-практической конференции для аспирантов, студентов и молодых ученых «Современные технологии: проблемы и перспективы». - Севастополь, 2022, с.5-8.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМА СПЕКАНИЯ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА СВЯЗКИ АЛМАЗНОГО ИНСТРУМЕНТА НА ОСНОВЕ МЕДИ

А.Е. Балмин¹, В.М. Смирнов²

¹ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова»,
г. Чебоксары, 428015, Россия, balmin98@mail.ru

²ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова»,
г. Чебоксары, 428015, Россия, vms53@mail.ru

Аннотация. Одним из направлений повышения эффективности алмазных абразивных инструментов для обработки высокотвердых сплавов, керамических и металлокерамических материалов является разработка новых материалов связки, которые обеспечивают более высокие физико-механические и эксплуатационные свойства. В данной статье приведены результаты исследования влияния температуры и времени спекания на твердость и временное сопротивление на сжатие композиционного материала на основе меди, полученного из смеси механолегированных гранул Cu-0,3Al-1Ti-0,3C и 5% порошка олова методами порошковой металлургии с использованием горячего прессования. Подробно описаны методика и режимы получения механолегированных гранул на основе меди и исследуемого композиционного материала. На основе метода планирования полного факторного эксперимента получено уравнение регрессии, которое описывает зависимость твердости образцов исследуемого композиционного материала от температуры спекания T в интервале 700 ... 800 °C и от времени t выдержки в интервале 30 ... 60 мин. Показано, что с увеличением температуры спекания твердость исследуемых образцов композиционного материала уменьшается, а временное сопротивление на сжатие увеличивается.

Ключевые слова: алмазный инструмент, механолегированные гранулы, порошок олова, связка, полный факторный эксперимент, твердость, временное сопротивление на сжатие.

INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF THE SINTERING MODE ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF THE COMPOSITE MATERIAL OF THE BINDER DIAMOND TOOL BASED ON COPPER

A. E. Balmin¹, V. M. Smirnov²

¹FSBEI HE Chuvash State University I.N. Ulyanov, Cheboksary, 428015, Russia, balmin98@mail.ru

²FSBEI HE Chuvash State University I.N. Ulyanov, Cheboksary, 428015, Russia, vms53@inbox.ru

Abstract. One of the directions of increasing the efficiency of diamond abrasive tools for machining high-hard alloys, ceramic and metal-ceramic materials is the development of new bonding materials, which provide higher physical-mechanical and operational properties. This paper presents results of investigations of the effect of temperature and sintering time on hardness and compressive strength of a copper-based composite material produced from a mixture of mechanically alloyed Cu-0.3Al-1Ti-0.3C granules and 5% tin powder by powder metallurgy methods using hot-pressing. Techniques and regimes of production of mechano-alloyed Cu-based pellets and the composite material under study are described in detail. The regression equation describing the dependence of the hardness of the samples of the investigated composite material on the sintering temperature T in the range 700 ... 800 °C and on the dwell time t in the range 30 ... 60 minutes was obtained on the basis of the full factor experiment planning method. It is shown that with increasing sintering temperature hardness of investigated samples of composite material decreases and compressive time resistance increases.

Keywords: diamond tool, mechano-alloyed granules, tin powder, binder, full-factor experiment, hardness, temporary compression resistance.

Введение. Результаты исследования физико-механических и эксплуатационных свойств металлических связок алмазных инструментов, приведенные авторами [1-3], показывают, что наиболее высокую механическую прочность и абразивную износостойкость имеют связки на основе Cu-Sn. Например, материалы связки на основе Cu-Sn имеют в 6-7 раз выше значения ударной вязкости, чем связки на основе Cu-Al-Zn [1]. По этой же причине связки алмазных инструментов на основе Cu-Sn, например, М2-01, при шлифовании твердых сплавов обеспечивают относительно небольшое удельный расход алмазов, сохранение

формы профиля инструмента и увеличение размерной стойкости инструмента, но кроме того возможность работы с переменными мощностями резания. Однако при этом инструменты на основе Cu-Al-Zn меньше засаливаются, но больше изнашиваются, чем на медно-оловянных связках. Поэтому на сегодняшний день является актуальной проблема одновременного повышения физико-механических и эксплуатационных свойств алмазносного слоя и снижения засаливания поверхности инструмента при шлифовании твердого сплава.

Одним из методов повышения физико-механических и эксплуатационных свойств алмазного инструмента на металлических связках является применение дисперсно-упрочненных материалов [4-6]. Однако, композиционные материалы связки, например [7], получаемые из смеси порошка олова и механолегированных алюминием и графитом гранул на основе меди обладают высокой твердостью и износостойкостью, высокой температурой разупрочнения, но значительно уступают материалу связки М2-01 по характеристикам прочности и ударной вязкости. Тем более повышение прочностных характеристик материала связки актуально в связи с разработками сборных алмазных кругов для высокоскоростного шлифования [8].

Как показали авторы [9], наиболее перспективными дисперсно-упрочненными материалами связки на основе меди для изготовления алмазных инструментов могут быть композиционные материалы, получаемые из смеси механолегированных гранул Cu-1Ti-0,3Al-0,3C(графит) на основе меди и 5% порошка олова. Данный композиционный материал обладает механическими свойствами, например, твердостью и пределом прочности на сжатие, не уступающими механическим свойствам материала связки М2-01, а по значениям теплопроводности и температуры разупрочнения значительно превышает подобные свойства материала связки М2-01. Однако в данной работе механические свойства композиционного материала связки исследовали только после спекания при двух температурах 700 и 750 °С с временем выдержки не более 30 минут что не всегда обеспечивает получение стабильных результатов и предсказание возможных изменений механических свойств при других температурах и временах выдержки, а также при изменении режимов размола и получения механолегированных гранул.

Поэтому основной целью данной работы является исследование влияния режима спекания при получении композиционного материала методами порошковой металлургии из смеси механолегированных гранул Cu-1Ti-0,3Al-0,3C(графит) с добавлением 5-ти % порошка олова на их твердость и временное сопротивление на сжатие.

Материалы и методика исследования. Механолегированные гранулы меди системы Cu-Ti-Al-C-O получали путем размола в атриторе в среде воздуха смеси порошков: порошка титана, 1 масс.%; порошка алюминия марки ПП-1, 0,3 масс.%; порошка графита марки ГК-3, 0,3 масс.%; остальное порошок меди ПМС-1. Предварительно порошки смешивали в «пьяной бочке» в течение 15 мин. Масса шихты составляла 1 кг. Соотношение массы шихты и стальных шарикоподшипниковых шаров диаметром 8 мм составляло 1:20, а время размола – 120 мин. Скорость вращения вала атритора – 600 об/мин.

Технология изготовления исследуемых образцов цилиндрической формы диаметром 13 мм и высотой 12...14 мм на основе механолегированных гранул включала следующие операции:

- получение рабочей шихты (гранульно-порошковой смеси) путём смешивания механолегированных гранул Cu-1Ti-0,3Al-0,3C и 5-ти масс.% порошка олова марки ПОЭ в «пьяной бочке»;
- холодное прессование полученной шихты в контейнере с внутренним диаметром 12 мм при давлении 400 МПа;
- выпрессовка полученных цилиндрических образцов из контейнера;
- спекание образцов проводили под слоем твёрдого карбюризатора при температуре 700-800°С в течение 30-60 минут;

- последующее горячее прессование образцов с температуры спекания производили при давлении 300 МПа в контейнере с внутренним диаметром 13 мм, предварительно нагретом до 500 °С;

- выпрессовка полученного цилиндрического образца.

Измерение твердости исследуемых образцов проводили методом Роквелла по шкале В на твердомере ТРС 5019МС.

Испытания на сжатие и определение предела прочности на сжатие σ_B^c исследуемого композиционного материала проводили в соответствии с требованиями ГОСТ 25.503 на цилиндрических образцах с диаметром 13 мм и высотой 13 мм на гидравлическом прессе ПГ50.

Моделирование влияния режимов спекания на твердость исследуемого композиционного материала проводили методом планирования эксперимента. Выходящим фактором в работе была принята твердость по Роквеллу по шкале В (HRB). Основными входящими факторами являются температура (°С) и время выдержки (мин) при спекании перед горячим прессованием.

Методика планирования эксперимента составлена по принципу полного факторного эксперимента [10]. Уровни и интервалы варьирования факторов представлены в таблице 1.

Таблица 1. Интервал варьирования факторов

Факторы	Уровни			Интервал варьирования
	-1($x_{\min}$)	0(x_{i0})	+1($x_{\max}$)	
T, °С- x_1	700	750	800	50
t, мин - x_2	30	45	60	15

Факторы кодируются по формулам:

$$x_1 = \frac{U-750}{50}, \quad x_2 = \frac{t-45}{15}.$$

В качестве эмпирической модели, описывающей зависимость твердости исследуемых образцов композиционного материала от режимов спекания, используется неполный полином в виде:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_{12}x_1x_2.$$

Результаты и их обсуждение

В таблице 2 построена матрица планирования, с указанием количества опытов.

Таблица 2. Матрица планирования эксперимента

№ экс.	x_0	x_1	x_2	x_1x_2	Y	Y_{cp}
1	+	-	-	+	99, 96, 100, 98	98,25
2	+	+	-	-	98, 96, 99, 97	97,5
3	+	-	+	-	103, 102, 102, 101	102
4	+	+	+	+	98, 92, 93, 95	94,5

Коэффициенты регрессии в уравнении (2) рассчитываются по формуле

$$b_i = \frac{\sum_{j=1}^N x_{ij} \cdot y_{cpj}}{N}, \quad (1)$$

где N=4 – число опытов, i принимает значения 0, 1, 2.

Рассчитанные значения коэффициентов регрессии по формуле (1) приведены в табл. 3. Оценка значимости кодированных коэффициентов регрессии с использованием t – критерия Стьюдента показывает, что все коэффициенты регрессии, кроме b_2 , являются значимыми. Тогда, полагая $b_2=0$, получаем уравнение регрессии в кодированных переменных:

$$y = 98,06 - 2,06 x_1 - 1,69 x_1x_2. \quad (2)$$

Таблица 3. Коэффициенты регрессии

b_0	b_1	b_2	$b_{1,2}$
98,06	-2,06	0,19	-1,69

Проверку адекватности полученного уравнения (2) проводили по критерию Фишера. Для проверки вычисляли остаточную дисперсию, которая составила $F_{расч}=0,43$. Значение $F_{табл.}$, определяемое из таблиц критических точек распределения Фишера при $\alpha = 0,05$ и степенях свободы $k_1 = 2$ и $k_2=12$, составила 3,89. Поскольку $F_{расч.}<F_{табл.}$, то полученное уравнение регрессии (2) считается адекватным.

Преобразуем уравнение регрессии в кодированных переменных x_i в уравнение в натуральных переменных, подставляя вместо x_1 и x_2 их выражения через температуру спекания T , °С и время выдержки t , мин :

$$HRB = 52,9 + 0,0602 T + 1,69t - 0,002253 T * t \quad (3)$$

Полученное уравнение регрессии (3) описывает зависимость твердости образцов композиционного материала, полученного из механолегированных гранул Cu-0,3AL-1Ti-0,3C(графит) с добавлением 5% порошка олова от температуры спекания T в интервале 700 ... 800°С и от времени выдержки t в интервале 30...60 мин.

Например, твердость данного материала после спекания при температуре 750 °С, рассчитанная по уравнению регрессии, как видно из табл.4, составляет 98 HRB и не зависит от времени выдержки t интервале 30...60 мин, что практически часто наблюдается в пределах погрешности измерений. Наибольшее значение твердости исследуемого композиционного материала достигается при температуре спекания 700 °С и времени выдержки 60 мин, а наименьшее значение – при температуре спекания 800 °С и времени выдержки 60 мин.

Таблица 4. Прочностные свойства материала связи

Режим спекания: T °С, t , мин.	Твердость образцов в соответствии с уравнением регрессии, HRB	Предел прочности на сжатие, σ_B^c , МПа
700, 30	98	354
700, 60	102	634
750, 30	98	424
750, 60	98	612
800, 30	98	1370
800, 60	94	1418

Следует отметить, что исследуемый композиционный материал, полученный из механолегированных гранул Cu-0,3AL-1Ti-0,3C(графит) с добавлением 5% порошка олова, обладает более повышенной твердостью, чем такого же состава композиционный материал, полученный авторами [9], что обусловлено разными режимами получения гранул. Если композиционный материал в настоящей работе был изготовлен из гранул после обработки в атриторе порошковой смеси массой 1 кг в течение 120 мин, то подобного состава композиционный материал в работе [9] был получен из гранул идентичного состава после обработки в атриторе порошковой смеси массой 2 кг в течение 60 мин. Увеличение времени размола и уменьшение массы порошковой смеси в атриторе, при одинаковом соотношении массы порошковой смеси к массе стальных шаров (1:20), как видно из сравнения, приводит к более сильному упрочнению гранул и в конечном итоге обеспечивает более высокие значения твердости исследуемому композиционному материалу.

Однако, как известно [11], обычно увеличение твердости металлов и сплавов при наклепе сопровождается уменьшением пластичности и повышением хрупкости. Как показали испытания на сжатие (табл.4), образцы исследуемого композиционного материала, имеющие высокую твердость, обладают при этом низкими значениями предела прочности на сжатие. У исследуемых образцов, полученных при температуре спекания 700 и 750 °С предел прочности на сжатие практически в 2-3 раза ниже, чем у образцов после спекания при температуре 800 °С.

Выводы

1. На основе метода планирования эксперимента получена модель, описывающая адекватно зависимость твердости исследуемого композиционного материала связки от температуры и времени спекания.

2. Наибольшее значение твердости исследуемого композиционного материала достигается при температуре спекания 700 °С и времени выдержки 60 мин, а наименьшее значение – при температуре спекания 800 °С и времени выдержки 60 мин.

3. Установлено, что образцы исследуемого композиционного материала связки, полученные при температуре спекания 800 °С и времени выдержки в интервале 30...60 мин обладают наибольшим значением предела прочности на сжатие.

Список литературы

1. Алмазно-абразивный инструмент на металлических связках для обработки твердого сплава и стали / Галицкий В.Н., Курищук А.В., Муровский В.А. – Киев: Наук. думка, 1986. – 144 с.
2. Scott P.M., Nicholas M., Dewar B. The wetting and bonding of diamonds by copper-base binary alloys // *Journal of Material Science*. – 1975. – Vol. 10. – P. 1833 – 1840.
3. Rong X.-Z., Tsurumi T., Fukunaga O., Yano T. High-pressure sintering of cBN-TiN-Al composite for cutting tool application // *Diamond and Related Materials*. – 2002. – Vol. 11. – P.280 – 286.
4. Зайцев А.А. Алмазный инструмент для резки высокоармированного железобетона с дисперсно-упрочненной наночастицами металлической связкой / А.А. Зайцев, Д.А. Сидоренко, Е.А. Левашов [и др.] // *Сверхтвердые материалы*. – 2010. – 6. – С.78-89.
5. Смирнов В.М., Шалунов Е.П., Тимофеев Д.А. Исследование композиционных материалов на основе оловянной бронзы с наполнителями из дисперсно-упрочненных гранул меди // В сборнике: Проектирование и перспективные технологии в машиностроении, металлургии и их кадровое обеспечение. Материалы III-ей Всероссийской научно-практической конференции. Ответственный редактор И.Е. Илларионов. – 2017. - С. 323-329.
6. Кадушкин С.Н., Голушов И.С., Смирнов В.М. Разработка механолегированной связки алмазного инструмента на основе системы Cu-Al-C-O-Zn// В сборнике: Современные технологии: проблемы и перспективы. сборник статей всероссийской научно-практической конференции для аспирантов, студентов и молодых учёных. Севастополь, 2020. С. 18-22.
7. Смирнов В.М., Голушов И.С., Григорьев В.С. Высокоэффективная связка оловянная бронза-механолегированные гранулы для изготовления алмазных инструментов // В сборнике: Современные технологии в машиностроении и литейном производстве. Материалы III Международной научно-практической конференции. – 2017. – С. 358-365.
8. Попов А.Ю., Реченко Д.С. Технология высокоскоростного затачивания твердосплавных инструментов: монография. – Старый Оскол: ТНТ, 2015. – 160 с.
9. Smirnov V.M., Shalunov E.P., Golyushov I.S. Physical and mechanical properties and structure of copper-based composite materials for diamond tools binder. // *Journal of Physics: Conference Series*. VIII International Conference "Deformation and Fracture of Materials and Nanomaterials" – 2020. - С. 012054.
10. Спиридонов А.А. Планирование эксперимента при исследовании технологических процессов. – М.: Машиностроение, 1981. – 184 с.
11. Гуляев А.П. Металловедение. – М.: Металлургия, 1977. – 647 с.

АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ШЛИЦЕВОЙ ЭВОЛЬВЕНТНОЙ ПРОТЯЖКИ

М.М. Зорина¹, И.Ю. Шильников²

¹ ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова»,
г. Чебоксары, 428015, Россия, zorina-mari2015@mail.ru

² ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова»,
г. Чебоксары, 428015, Россия, i.stiv87@mail.ru

Аннотация. Важнейшей целью развития промышленности является совершенствование технологий, повышение производительности техпроцессов и качества выпускаемой продукции, повышение уровня автоматизации и снижение себестоимости [4]. В настоящее время примерно 75% от общего объема машиностроительных изделий приходится на долю мелко- и среднесерийного производства. Создаваемые машины характеризуются повышением их производительности, быстроходности, удельной мощности и надёжности при снижении весовых и габаритных показателей. Это влечёт за собой использование новых высокопрочных, имеющих специальные свойства, конструкционных материалов, которые в большинстве случаев являются труднообрабатываемыми. Однако технический прогресс определяется не только улучшением конструкций машин, но и непрерывным совершенствованием технологии их производства.

В условиях современного состояния промышленности России очень важную роль играет подготовка профессиональных кадров. На этапе обучения студенты учатся решать производственные задачи на примере расчетных работ и курсовых проектов. Пример такой работы в краткой форме представлен в статье, которая освещает последовательность выполнения проекта по разработке технологии изготовления шлицевой протяжки. Разработка технологических процессов изготовления деталей представляет собой один из ответственных этапов подготовки производства. В студенческой работе даётся обоснование принятых решений, аргументируется выбор последовательности обработки протяжки, а также выбор применяемого оборудования и инструмента.

Ключевые слова: Заготовка, протяжка, режущий и мерительный инструмент, технологический процесс.

ANALYSIS OF THE PECULIARITIES OF TECHNOLOGICAL PROCESSING OF A SLOT EVOLVENT BROAD

M.M. Zorina¹, I.Y. Shilnikov²

¹ FSBEI HE Chuvash State University I.N. Ulianov, Cheboksary, 428015, Russia,
zorina-mari2015@mail.ru

² FSBEI HE Chuvash State University I.N. Ulianov, Cheboksary, 428015, Russia,
i.stiv87@mail.ru

Abstract. The most important goal of industrial development is to improve technologies, increase the productivity of technological processes and the quality of products, increase the level of automation and reduce cost. Currently, approximately 75% of the total volume of machine-building products is accounted for by small- and medium-scale production. The created machines are characterized by an increase in their productivity, speed, specific power and reliability while reducing weight and overall dimensions. This entails the use of new high-strength, having special properties, structural materials, which in most cases are difficult to process. However, technological progress is determined not only by the improvement of machine designs, but also by the continuous improvement of their production technology.

In the conditions of the current state of the Russian industry, the training of professional personnel plays a very important role. At the training stage, students learn to solve production tasks using the example of settlement work and course projects. An example of such work is briefly presented in the article, which highlights the sequence of the project for the development of technology for the manufacture of slotted broaching. The development of technological processes for the manufacture of parts is one of the critical stages of production preparation. In the student's work, the rationale for the decisions made is given, the choice of the processing sequence of the broaching tool is argued, as well as the choice of the equipment and tools used.

Keywords: Preparation, broaching, cutting and measuring tools, technological process.

В условиях текущих событий правительство России поставило перед специальными учебными заведениями задачу совершенствования подготовки профессиональных кадров для

промышленности. С этой целью на машиностроительном факультете ЧувГУ им. И.Н. Ульянова в рамках спецдисциплин перед студентами ставятся задачи, приближенные к производственным [1,2]. Пример одного из решений, выполненного обучающимся приводится в данной статье.

Протягивание является одним из наиболее технологичных методов высокопроизводительной обработки шлицевых отверстий, обеспечивающих высокое качество и точность обрабатываемых поверхностей. Совмещение в одной операции нескольких этапов механической обработки, получение высоких эксплуатационных характеристик поверхностного слоя, сравнительно невысокие требования к квалификации оператора – все это определяет высокую эффективность процесса протягивания и гарантирует получение показателей шероховатости поверхностей до 0,32 мкм и точности обработки до 6 квалитета. В то же время сложность изготовления и, как результат, дороговизна инструмента ограничивают его применение.

Протяжки (рис. 1) классифицируют по различным признакам: цельные, составные и сборные; внутренние и наружные; круглого сечения и профильные; и т.д.. Наиболее важной можно считать классификацию по схеме резания, которая определяет конструкцию протяжки и влияет на технологию её изготовления.

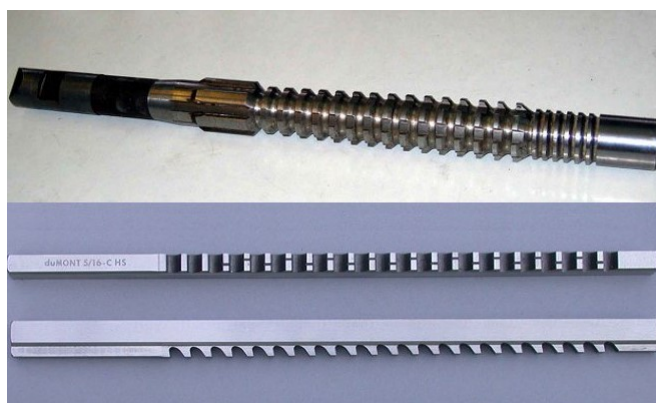


Рис. 1 - Конструкции протяжек для внутренней обработки

Шлицевые протяжки относятся к сложнорежущему инструменту и в зависимости от профиля применяются для получения прямобочных, эвольвентных или треугольных шлицев. Фасонный профиль ещё более усложняет конструкцию инструмента и технологию его изготовления.

Конструкция шлицевой протяжки определяется размерами шлицевого отверстия и требований, предъявляемых к поверхностям, по которым будет осуществляться базирование. Кроме того, значительное влияние на форму зубьев и размеры протяжки оказывает схема резания, заложенная конструктором в инструмент при его проектировании [7].

В качестве задания на курсовое проектирование по дисциплине «Технология инструментального производства» студенту необходимо разработать технологический процесс изготовления определенного металлорежущего инструмента [3]. В нашем случае это – протяжка для шлицевого отверстия с эвольвентным профилем диаметром 25 мм. Основные размеры и конструктивные элементы протяжки 2403-0335 выбраны согласно ГОСТ 25158-82. Фрагмент рабочего чертежа инструмента представлен на рис. 2.

После изучения рабочего чертежа нами был определен технологический маршрут и выбрана заготовка. Для нашего инструмента в качестве заготовки целесообразно использовать прокат круглого сечения. Поскольку предусмотрена составная конструкция, в технологическом процессе предусматриваем операцию сварки для соединения заготовок хвостовой и рабочей частей [3, 5].

Рабочая часть протяжки изготавливается из быстрорежущей инструментальной стали Р6М5 (ГОСТ19256-2006). С учетом этого, на начальном этапе изготовления инструмента в

технологическом процессе необходимо предусмотреть операцию отжиг при температуре 830°C для улучшения обрабатываемости резанием. Для обеспечения необходимых механических свойств детали (прочность, твердость, вязкость) после цикла основных формообразующих операций предусматриваем операцию окончательной термобработки – это закалка при температуре 1230°C с охлаждением в масле и 3-х кратным отпуском при 550°C (с охлаждением в воде, затем на воздухе). При такой термической обработке достигаются необходимая твердость детали (63...66 HRC).

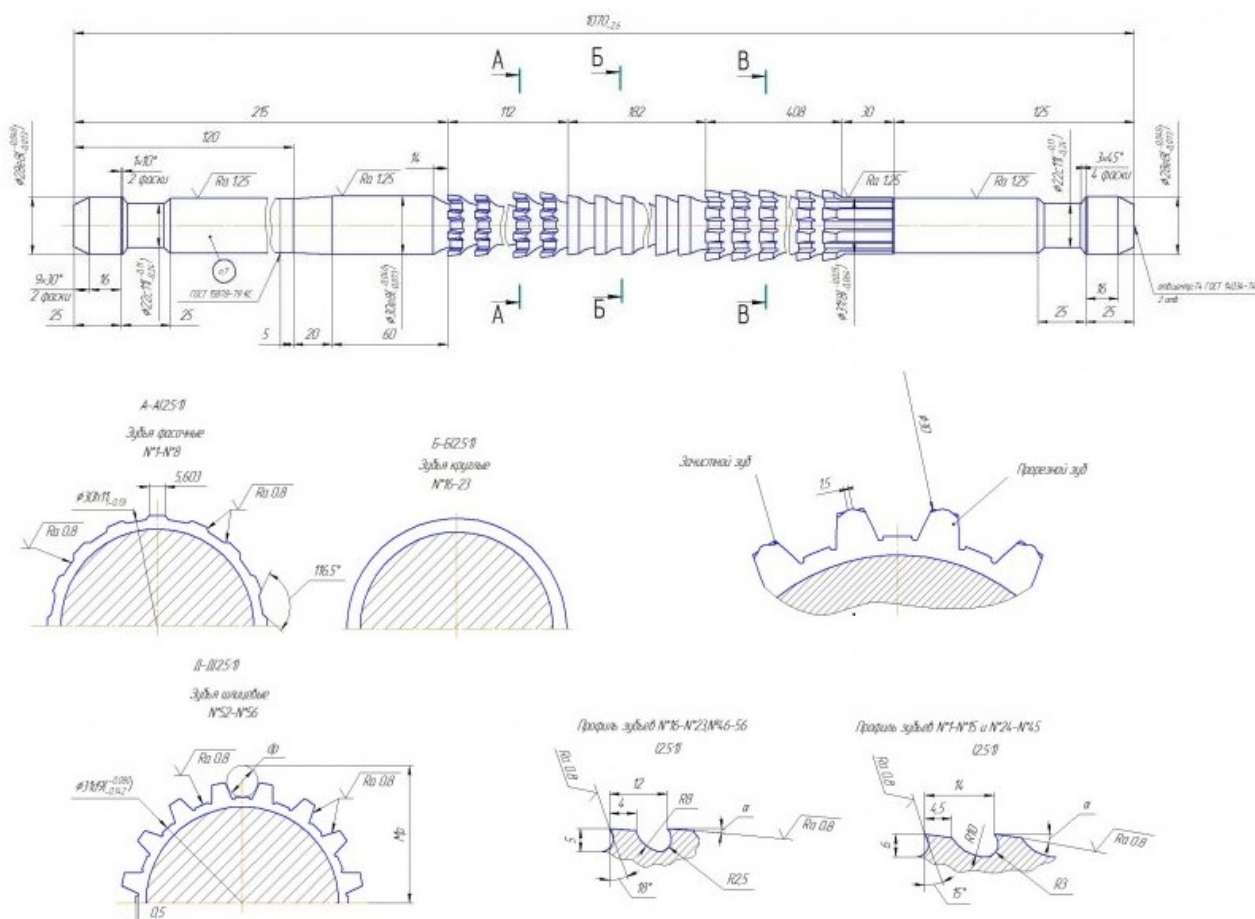


Рис. 2 - Фрагмент рабочего чертежа шлицевой эвольвентной протяжки

Обработка детали начинается с фрезерно-центровальной операции, в процессе которой одновременно фрезеруют торцы с двух сторон, затем высверливают 2 центровочных отверстия типа Т4 согласно ГОСТ 14034-74. Преимущество такого способа обработки заключается в точности расположения отверстий, используемых в дальнейшем в качестве технологических баз. Для выполнения данной операции нами выбран полуавтомат 2Г942.08.

Для осуществления токарной обработки нами предусмотрен станок с ЧПУ модели СТХ 510 esoline. На этом этапе проводят точение цилиндрических и конических поверхностей переднего и заднего хвостовиков, направляющих, режущих и калибрующих частей, а также обработку стружечных канавок (рис. 3). Операция выполняется с применением вспомогательных устройств для исключения прогиба заготовки в процессе обработки, т.к. соотношение длины и диаметра говорит о малой жёсткости детали.

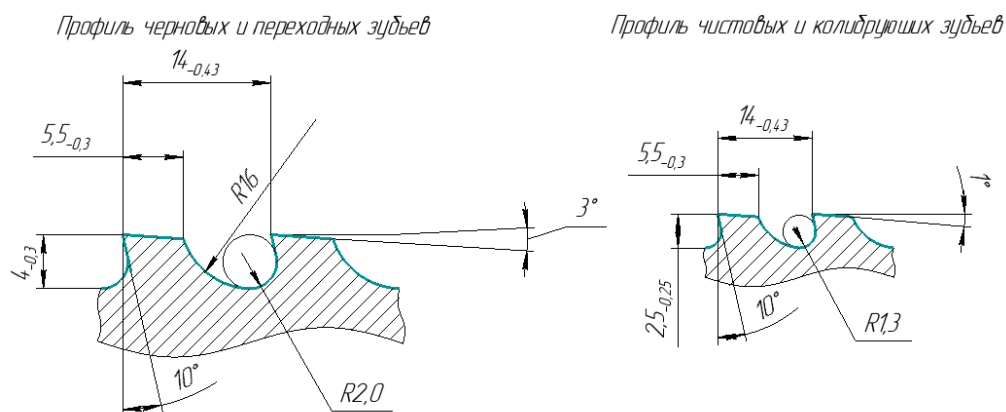


Рис. 3 - Профиль получаемых зубьев

На следующем этапе выполняем операцию по формированию шлицев на шлицефрезерном станке 5350А червячной фрезой. Профиль шлицев показан на рис. 4. Выбор способа нарезания шлицев обусловлен высокой точностью обеспечиваемых размеров.

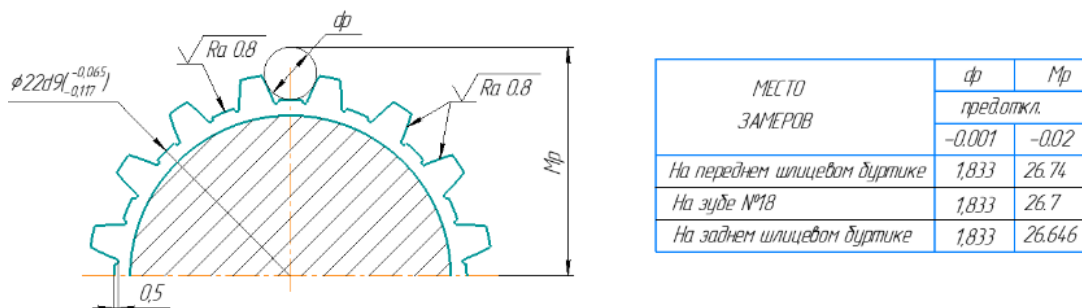


Рис. 4 - Профиль шлицевой протяжки

После выполнения основных формообразующих операций и закалки предусмотрен шлифовально-заточный цикл. На начальном этапе цикла восстанавливаем базы - центровые отверстия, затем в определенной последовательности осуществляем обработку хвостовиков, направляющих и рабочей части [3,6]. Для выполнения указанных операций нами выбраны кругло-шлифовальный станок с ЧПУ RSM 1500CNC и шлице-шлифовальный станок модели ОШ-628.1.Ф3. При шлифовании шлицев обеспечивается точность $\phi 25f8(-0,020_{-0,053})$ мм и шероховатость $Ra 0,63$ мкм. Операционный эскиз представлен на рис. 5.

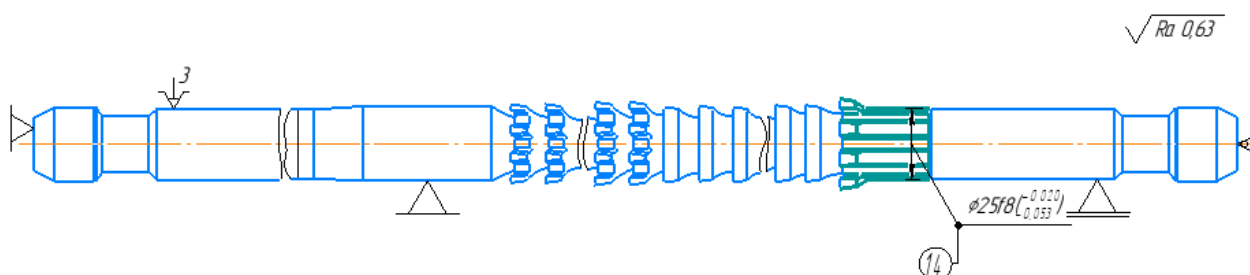


Рис 5 - Операционный эскиз шлице-шлифовальной операции

Завершающими в технологическом процессе являются заточные и доводочные операции, на которых обеспечиваются геометрические параметры зубьев протяжки (рис. 6).

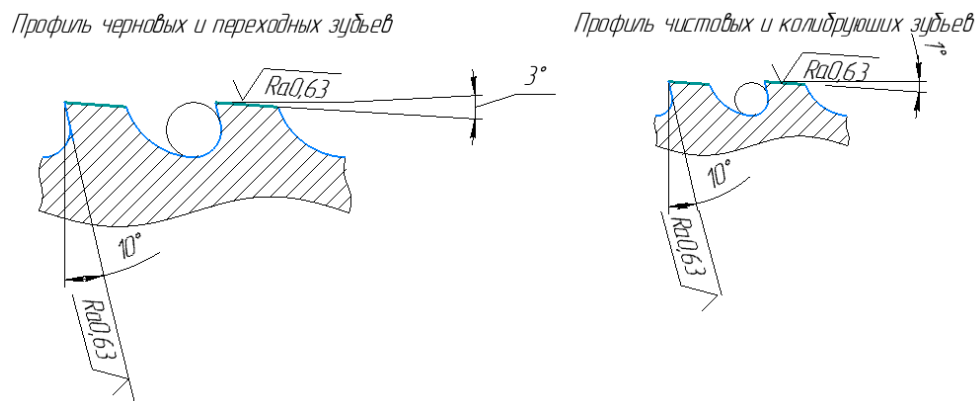


Рис. 6 - Геометрические параметры зубьев протяжки

Режущий инструмент для выполнения операций технологического процесса мы выбирали с учетом материала заготовки, формы обрабатываемых поверхностей, типа оборудования и условий производства. В основном, предпочтение отдано инструменту компании Sandvik Coromant, являющейся ведущим мировым поставщиком режущих инструментов.

В задании было предусмотрено проектирование контрольного приспособления для измерения радиального биения $\varnothing 25f8 \left(\begin{smallmatrix} 0.020 \\ -0.053 \end{smallmatrix} \right)$ мм относительно оси. Схема спроектированного приспособления показана на рис. 7.

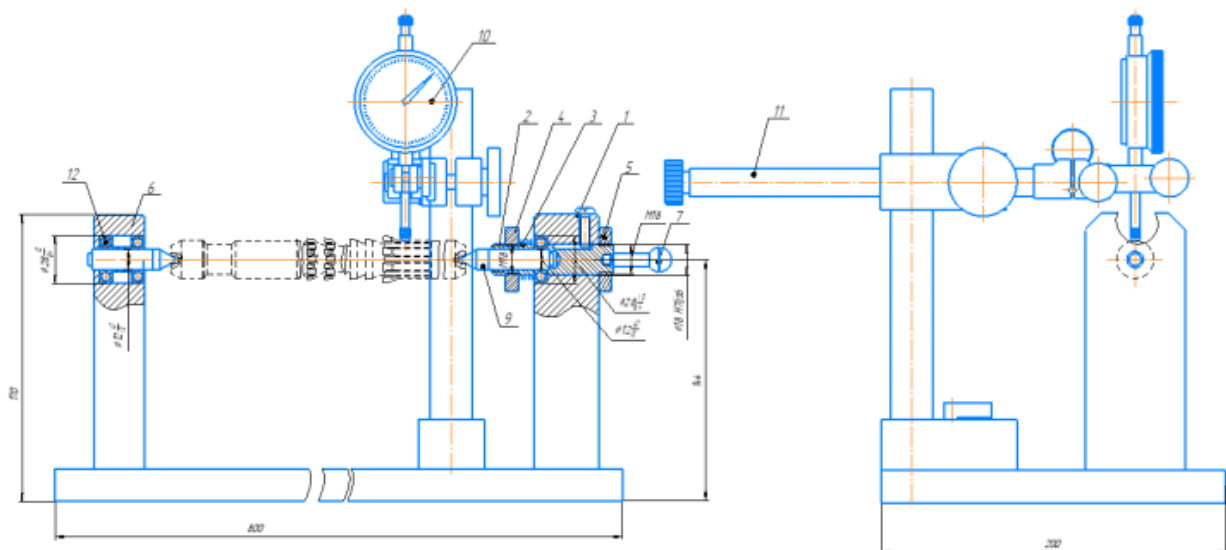


Рис. 7 - Компонировка контрольно-измерительного приспособления

Контрольно-измерительное устройство состоит из: корпуса 6, в который установлены два центра 9. Посредством рукоятки 7 осуществляется сжатие пружины 3 и перемещение втулки 2 совместно с центром 9 в корпусе 6. Таким образом производится установка и снятие детали для осуществления контроля. Вращение заготовки осуществляется вручную. Показания биений регистрируются индикатором часового типа ИЧ-10 (рис. 8)



Рис. 8 - Индикаторная головка ИЧ-10 (0,01)

Таким образом, в данной статье описан разработанный нами перспективный технологический процесс изготовления шлицевой эвольвентной протяжки.

Основные технические решения, которые были сделаны:

- 1) разработан технологический маршрут изготовления изделия;
- 2) для обработки отдельных поверхностей изделия были применены современные режущие инструменты со сменными неперетачиваемыми твердосплавными пластинами;
- 3) использование станков с ЧПУ и твердосплавного инструмента позволили применить высокоэффективные режимы резания.

Принятие указанных решений в разработанном технологическом процессе изготовления детали «Протяжка шлицевая эвольвентная» позволяет повысить производительность труда, качество инструмента, снизить риски получения брака, уменьшить количество единиц оборудования, тем самым, снижая затраты на его обслуживание.

Список литературы

1. Зорина М.М., Николаев В.В., Зорин Е.А. Совершенствование конструкции протяжек фасонного профиля. // Современные проблемы теории машин. 2019. № 7. С. 102-104.
2. Зорина, М. М. Влияние свободного графита на особенности резания конструкционных материалов / М. М. Зорина, Е. А. Зорин, С. Р. Васильев // Фундаментальные основы механики. – 2017. – № 2. – С. 133-134.
3. Зорина, М. М. Технология инструментального производства и технологическая оснастка : учебное пособие / М. М. Зорина ; М. М. Зорина ; М-во образования и науки Российской Федерации, Федеральное агентство по образованию, Федеральное гос. образовательное учреждение высш. проф. образования "Чувашский гос. ун-т им. И. Н. Ульянова". – Чебоксары : Изд-во Чувашского ун-та, 2010. – 127 с.
4. Зорина, М. М. Современные мировые тенденции развития автоматизации машиностроительных производств / М. М. Зорина, В. Н. Цай // Современные технологии в машиностроении и литейном производстве : материалы III Международной научно-практической конференции, Чебоксары, 04–06 декабря 2017 года. – Чебоксары: Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова, 2017. – С. 276-281.
5. Куприянова О.П., Копейкин Е.А. Оптимизация конструктивных параметров круглой протяжки // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Инженерные науки. – 2012. – № 1. – С. 41–45.
6. Протяжки для обработки отверстий / Д.К. Маргулис, М.М. Тверской, В.Н. Ашихмин и др. – М.: Машиностроение, 1986. – 232 с.
7. Щеголев В.А. Конструирование протяжек. – М.: Машгиз, 1960. – 352 с.

УДК 621.9.029

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ ИНСТРУМЕНТА ИЗ МИНЕРАЛОКЕРАМИКИ

Д.В. Лобанов¹, Е.А. Терентьев²

¹ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н.Ульянова»
г. Чебоксары, 428015, Россия, lobanovdv@list.ru

²ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н.Ульянова»
г. Чебоксары, 428015, Россия, Genya_ms@mail.ru

Аннотация. В статье рассматриваются перспективы использования инструмента из минералокерамики, уделяется внимание вопросу восстановления отработавшего свой ресурс инструмента, что стало возможно с внедрением надежного и прецизионного механообрабатывающего оборудования, создания виброгасящих систем. Режущий керамический инструмент, производимый из современных марок безвольфрамовых сплавов, полученных на основе оксида алюминия, карбида или карбонитрида титана, а также сплавов на основе карбида кремния обладает определенными свойствами, которые необходимо учитывать при их использовании.

Рассмотрены возможности использования керамических режущих инструментов при обработке различных конструкционных материалов. Приведен ряд марок инструментальной минералокерамики, выпускаемой отечественными производителями. Выпускаемый предприятиями инструмент - керамические режущие сменные многогранные пластины (СМП) с широкой номенклатурой размеров. Отечественные производители в настоящее время выпускают режущие керамические пластины квадратной, треугольной, круглой и ромбовидной формы. Перечислены основные геометрические параметры выпускаемых режущих пластин.

В настоящее время инструмент и технологии финишной абразивной обработки претерпели значительные изменения. В шлифовальном инструменте используются новые виды абразивов, связок, которые придают инструменту новые свойства. Современные инструмент и технологии финишной обработки позволяют использовать методы абразивной обработки с применением новых видов абразивов, при сочетании в зоне обработки традиционного шлифования с химическими, физическими, тепловыми, электрическими и другими видами воздействий.

Перспективы восстановления режущих свойств керамики видятся в использовании современных комбинированных методов шлифования, использование которых приводит к снижению контактных нагрузок, температур, уменьшению засаливаемости поверхности абразивного инструмента. Это ведет к повышению качества режущей кромки минералокерамической пластины, улучшению режущей способности шлифовального круга. Использование таких методов положительно сказывается на повышении производительности и качества обработки.

Ключевые слова: абразивная обработка, восстановление, инструментальные материалы, комбинированные методы, минералокерамика.

PROSPECTS FOR THE USE AND RESTORATION OF MINERAL CERAMICS TOOLS

D.V. Lobanov¹, E.A. Terentev²

¹FSBEI HE Chuvash State Universite I.N. Ulianov, Chaboksary, 428015, Russia,
lobanovdv@list.ru

²FSBEI HE Chuvash State Universite I.N. Ulianov, Chaboksary, 428015, Russia, Genya_ms@mail.ru

Abstract. The article discusses the prospects of using a tool made of mineral ceramics, pays attention to the issue of restoring a tool that has spent its life, which became possible with the introduction of reliable and precision machining equipment, the creation of vibration damping systems. Cutting ceramic tools made from modern grades of tungsten-free alloys obtained on the basis of aluminum oxide, titanium carbide or carbonitride, as well as silicon carbide-based alloys have certain properties that must be taken into account when using them.

The possibilities of using ceramic cutting tools in the processing of various structural materials are considered. A number of brands of instrumental mineral ceramics produced by domestic manufacturers are given. The tool produced by the enterprises is ceramic cutting replaceable polyhedral plates (SMP) with a wide range of sizes. Domestic manufacturers currently produce cutting ceramic plates of square, triangular, round and diamond-shaped shapes. The main geometric parameters of the produced cutting plates are listed.

Currently, the tools and technologies of finishing abrasive treatment have undergone significant changes. The grinding tool uses new types of abrasives, bundles, which give the tool new properties. Modern tools and finishing technologies allow the use of abrasive processing methods with the use of new types of abrasives, when combined in the processing area of traditional grinding with chemical, physical, thermal, electrical and other types of influences.

The prospects for restoring the cutting properties of ceramics are seen in the use of modern combined grinding methods, the use of which leads to a decrease in contact loads, temperatures, and a decrease in the loadability of the abrasive tool surface. This leads to an increase in the quality of the cutting edge of the mineral-ceramic plate, an improvement in the cutting ability of the grinding wheel. The use of such methods has a positive effect on improving productivity and processing quality.

Keywords: abrasive treatment, restoration, tool materials, combined methods, mineral ceramics.

На область использования режущих инструментов при обработке широкой гаммы конструкционных материалов оказывают существенное влияние инструментальные материалы, из которых они изготовлены. С повышением требований к физико-механическим и эксплуатационным свойствам конструкционных материалов видоизменились запросы и к инструментальным материалам для их механической обработки. За последние десятилетия снизилось потребление быстрорежущих сталей с 65...70 % до 35...40 %, в то время как, объёмы использования твёрдых сплавов увеличились с 30 до 55 %, а объёмы минералокерамики и сверхтвёрдых инструментальных материалов увеличились до 10 % [1].

Минералокерамика или режущая керамика становится всё более востребованной в силу сочетания высокой твердости, теплопроводности, вязкости с относительно невысокой стоимостью и доступностью исходного сырья для производства - технического глинозема. Отмечаемый ранее как недостаток, низкий предел прочности на изгиб и низкая ударная прочность таких материалов, с внедрением надежного [2] и прецизионного механообрабатывающего оборудования, создания виброгасящих систем становится менее негативным.

В настоящее время в России занимаются выпуском режущей минералокерамики такие предприятия-изготовители, как завод технической керамики «ЗТК», Московская обл., г Апрелевка, компания ООО «Вириал», г Санкт-Петербург и другие.

Завод технической керамики «ЗТК» производит: режущий инструмент из керамики марок: ЦМ332, ВОК-200 (аналог ВОК-60, ВОК-71), ВОКС-300 и керамику на основе нитрида кремния, нитрида алюминия. Производимый инструмент – керамические режущие сменные многогранные пластины (СМП) квадратной, треугольной, круглой и ромбовидной формы. Наряду с обычными режущими пластинами «ЗТК» производит СМП с отверстиями и СМП специальных форм.

Компания ООО «Вириал», Санкт-Петербург производит режущую керамику следующих групп [1]:

- оксидная (белая) на основе Al_2O_3 . Основными марками оксидной минералокерамики является традиционная марка микролит ЦМ-332 (цементный материал), новые марки керметы ВО-13, ВО-14, ВШ-75. Основной компонент этой керамики (до 99 %) — оксид алюминия (Al_2O_3). Уменьшение величины зерна оксидной керамики достигается за счет легирования оксидом магния (MgO). Применяется для точения заготовок из ферритных ковких чугунов и незакаленных конструкционных сталей при скоростях резания свыше 250 м/мин;

- смешанная:

- а) оксидно-карбидная (черная) на основе композиции Al_2O_3-TiC . Основными марками этой группы керамики являются марки ВОК-60, ВЗ, ВОК-63. В состав группы оксидно-карбидной режущей керамики входят оксид алюминия и карбиды тугоплавких металлов. Так марка ВОК-60 содержит 60 % оксида алюминия Al_2O_3 и 40 % карбида титана TiC . Применяется для обработки ковких, высокопрочных, отбеленных, модифицированных чугунов, закаленных сталей (до 65 HRC);

- б) оксидно-нитридная на основе Al_2O_3-TiN (ОНТ-20 или кортинит). Оксидно-нитридная режущая керамика (кортинит) содержит около 70% оксида алюминия Al_2O_3 и около 30% нитрида титана TiN . Рекомендуются для обработки меди, закаленной стали, отбеленных чугунов, сплавов на основе никеля;

- армированная (вискоризованная) керамика, которая кроме Al_2O_3 имеет в качестве армирующего компонента нитевидные высокопрочные кристаллы SiC (30...40%). В результате вязкость, прочность и стойкость существенно повышаются. Режущий инструмент из армированной керамики способен работать в условиях образования непрерывной стружки на высоких скоростях. Рекомендуются в первую очередь для фрезерной обработки, а также для резания труднообрабатываемых материалов, в том числе жаропрочных сплавов, закаленной стали и высокопрочного чугуна;

- нитридная керамика на основе Si_3N_4 (ПК-30 или силинит-Р). Основу силинита- Р составляет нитрид кремния с небольшим количеством добавок карбидов и окислов. Рекомендуются для обработки чугунов и отожженных конструкционных и инструментальных сталей. Уступает в скорости резания оксидной керамике при обработке сплавов на основе алюминия и закаленной стали. Возможно применение СОЖ.

Компания ООО «Вириал» производит инструментальный материал SiAlON (это керамика на основе элементов кремния (Si), алюминия (Al), кислорода (O) и азота (N)). SiAlON представляет собой твердые растворы нитрида кремния (Si_3N_4), где связи Si–N частично заменены связями Al–N и Al–O). Керамика SiAlON, применяется для

получистойвой, чистовой обработки жаропрочных сплавов. Также продукцией компании являются сменные многогранные пластины из инструментальных материалов на основе оксида алюминия, на основе оксида алюминия с добавками, на основе нитрида кремния, на основе нитрида кремния с добавками, из керамики SiAlON и пластины с износостойкими покрытиями [3, 4, 5].

Минералокерамика для режущего инструмента изготавливается в виде пластин, аналогичных пластинам из твердых сплавов, но в меньшем ассортименте типоразмеров. В основе технологического процесса при изготовлении минералокерамических пластин лежит изготовление их из технического глинозема, который подвергается измельчению, сушке, обогащению, прессованию, спеканию спрессованных пластин и далее их механической обработке (шлифованию) для улучшения их геометрии и шероховатости.

Геометрические параметры таких сменных пластин классифицируются по нескольким характеристикам:

- по типу инструмента, под каждый тип инструмента нужна разная форма профиля, которую формируют на стадии производства пластины;
- по размеру в зависимости от обрабатываемой заготовки;
- по величине заднего угла. Этот параметр определяется по марке изделия. От величины заднего угла зависит чистота обработки поверхности;
- по классу точности. Пластины выпускаются пяти классов точности.

Инструмент, оснащенный пластинами из режущей керамики, находит применение, как при общепринятой чистовой и отделочной обработке высокопрочных и труднообрабатываемых материалов [6, 7, 8], так и при интенсивно развивающихся комбинированных методах обработки, сочетающих тепловое воздействие и механическое резание [9], сверхскоростной обработке [10] и других методах [11, 12].

Отработавшие свой ресурс минералокерамические пластины, как правило, утилизируются. Восстанавливать режущие свойства пластин, посредством затачивания рабочих поверхностей, на наш взгляд, еще один перспективный путь применения минералокерамического инструмента. До этого пластины из режущей керамики не перетачивали по двум основным причинам: во-первых, хрупкость материалов не позволяла с необходимым качеством сформировать режущие кромки, так как силы, возникающие при традиционном шлифовании, приводили к разрушению кромок; во-вторых, даже если и получалось добиться необходимого качества, точность всего комплекта пластин не была стабильна, что сказывалось на точности обработки резанием.

В настоящее время инструмент [13] и технологии финишной абразивной обработки претерпели значительные изменения [14, 15]. Шлифовальный инструмент снабжается новыми видами абразивов, связок, придающих обработке новые свойства [16]. Получают распространение методы абразивной обработки, комбинирующие в зоне обработки химическое, физическое, тепловое [17], электрическое [18] и другие виды воздействий [19, 20] в сочетании с традиционным шлифованием. Также используются методы связанные с электрохимическим шлифованием [21, 22, 23] или заточкой инструмента [24, 25]. Согласно ранее проведенным исследованиям, эти методы значительно повышают производительность, снижают контактные температуры, уменьшают расход и засаливаемость кругов [26]. Всё это приводит к минимизации концентраторов напряжений в зоне шлифования, к отсутствию сколов, микро- и макро-трещин, прижогов на обрабатываемых поверхностях. Как следствие, целью и задачами дальнейших исследований является анализ таких методов, условий и режимов их реализации для создания методики восстановления режущей способности минералокерамических пластин. Исследования являются актуальными, имеющими значительные перспективы для повышения эффективности использования инструмента, оснащенного режущей керамикой в машиностроении.

Выводы. Для механической обработки современных конструкционных материалов с улучшенными физико-механическими и эксплуатационными свойствами инструментальная режущая керамика становится все более востребованным материалом. В связи с появлением

новых методов комбинированной финишной обработки режущих пластин появилась возможность восстановления использованных режущих пластин, что повышает экономический эффект от использования пластин режущей керамики.

Реализация современных методов финишной обработки керамических пластин в сочетании с прецизионным механообрабатывающим оборудованием являются критерием повышения конкурентоспособности режущей керамики в настоящее время.

Перспективы восстановления режущих свойств керамики видятся в использовании современных комбинированных методов шлифования, использование которых приводит к снижению контактных нагрузок, температур, уменьшению засаливаемости поверхности абразивного инструмента. Это ведет к повышению качества режущей кромки минералокерамической пластины, улучшению режущей способности шлифовального круга. Использование таких методов положительно сказывается на повышении производительности и качества обработки.

Список литературы

1. Материаловедение. Учебник для студентов вузов/ Кушнер В.С., Верещака А.С., Схиртладзе А.Г., Негров Д.А., Боргунова О.Ю. /под ред. В.С. Кушнера. Омск: Изд-во ОмГТУ, 2008.-232 с.
2. Kol'tsov, A. G. Dynamic rotary balancing in metal-cutting machines / A. G. Kol'tsov, D. S. Rechenko // . – 2012. – Vol. 32, No. 2. – P. 179-181. – DOI 10.3103/S1068798X12020189.
3. Структура износостойких плазменных покрытий после высокоэнергетического воздействия ТВЧ / Ю. С. Чесов, Е. А. Зверев, В. В. Иванцовский [и др.] // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). – 2014. – № 4(65). – С. 11-18.
4. Патент № 2440886 С1 Российская Федерация, МПК В24Д 3/34. Состав для пропитки абразивного инструмента: № 2010124901/04: заявл. 17.06.2010: опубл. 27.01.2012 / А. П. Митрофанов, В. А. Носенко, Г. М. Бутов; заявитель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Волгоградский государственный технический университет (ВолГТУ).
5. Керамические нанокompозиты на основе диборида циркония / Е. Г. Скрипняк, Д. В. Лобанов, В. В. Скрипняк [и др.] // Системы. Методы. Технологии. – 2011. – № 2(10). – С. 95-98.
6. Лобанов, Д. В. Технологические методы изготовления и выбора режущего инструмента для фрезерования композиционных материалов на полимерной основе / Д. В. Лобанов, А. С. Янюшкин, Д. А. Рычков // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Машиностроение. – 2015. – Т. 15, № 1. – С. 35-46.
7. Ultra-high-speed sharpening and hardening the coating of carbide metal-cutting tools for finishing aircraft parts made of titanium alloys / D. S. Rechenko, A. Y. Popov, Y. V. Titov [et al.] // Journal of Physics: Conference Series : Mechanical Science and Technology Update, Omsk, 23–24 апреля 2019 года. Vol. 1260, 6. – Omsk: Institute of Physics Publishing, 2019. – P. 062020. – DOI 10.1088/1742-6596/1260/6/062020.
8. Некоторые пути повышения производительности процесса получения порошковых биметаллических разверток для вкладышей подшипников скольжения коленчатого вала / Ю. О. Владимирова, И. В. Архипов, И. П. Урянский, Е. А. Терентьев // Современные технологии в машиностроении и литейном производстве: материалы III Международной научно-практической конференции, Чебоксары, 04–06 декабря 2017 года. – Чебоксары: Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова, 2017. – С. 261-266.
9. Эффективные технологии механической обработки деталей из неметаллических материалов / П. В. Архипов, А. В. Балыков, А. А. Дьяконов [и др.]. – Москва : Издательский дом "Спектр", 2014. 255 с.
10. Реченко, Д. С. Исследование качества обработки керамокомпозита СМС при скоростном шлифовании / Д. С. Реченко, Р. У. Каменов // Проблемы машиноведения: Материалы V Международной научно-технической конференции, Омск, 16–17 марта 2021 года. – Омск: Омский государственный технический университет, 2021. – С. 264-269. – DOI 10.25206/978-5-8149-3246-4-2021-264-269.
11. Скиба, В. Ю. Повышение эффективности технологического процесса обработки деталей машин при интеграции абразивного шлифования и поверхностной закалки ТВЧ: специальность 05.02.07 "Технология и оборудование механической и физико-технической обработки": автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Скиба Вадим Юрьевич. – Новосибирск, 2008. – 20 с.
12. Голушов, И. С. О возможности применения конденсаторной сварки для соединения стального хвостовика с алмазной головкой на наноструктурированных медных связках / И. С. Голушов, В. М. Смирнов, В. Н. Цай // Современные технологии в машиностроении и литейном производстве: материалы IV Международной научно-практической конференции, Чебоксары, 18–20 декабря 2018 года / Под редакцией И.Е. Илларионова. – Чебоксары: Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова, 2018. – С. 475-481.
13. Yanyushkin A.S., Lobanov D.V., Skeebe V.Yu., Gartfelder V.A., Sekletina L.S. Enhancing the effectiveness of the diamond metal bond instrument when grinding high-strength materials. Obrabotka metallov (tekhnologiya, oborudovanie, instrumenty) = Metal Working and Material Science, 2017. no. 3 (76), pp. 17–27. doi: 10.17212/1994-6309-2017-3-17-27. (in Russian).

14. Янюшкин, А. С. Шероховатость поверхности после шлифования по методу двойного травления / А. С. Янюшкин, В. Ю. Попов // . – 2002. – № 21. – С. 65-67.
15. Зорина, М. М. Эффективность применения метода "двойного травления" для обработки безвольфрамовых твердых сплавов / М. М. Зорина, В. Н. Цай, Е. А. Терентьев // Journal of Advanced Research in Technical Science. – 2017. – № 4. – С. 36-38.
16. Носенко, В. А. Статистические параметры геометрических размеров зерен микрошлифпорошков карбида кремния / В. А. Носенко, И. А. Макушкин, А. А. Шегай // Известия Волгоградского государственного технического университета. – 2011. – № 13(86). – С. 32-34.
17. Влияние вида правки на длину дуги контакта шлифовального круга с заготовкой / П. М. Салов, Д. П. Салова, Е. А. Терентьев, Т. Г. Виноградова // Высокие технологии в машиностроении: Материалы всероссийской научно-технической интернет-конференции. Посвященная 100-летию со дня рождения доктора технических наук, профессора, заслуженного деятеля науки и техники ПАПШЕВА Дмитрия Дмитриевича, Самара, 22–25 октября 2015 года / Ответственный редактор В.Н. Трусков. – Самара: Самарский государственный технический университет, 2015. – С. 75-77.
18. Исследование влияния электрических режимов на качественные и экономические показатели комбинированной электроалмазной обработки твердосплавных материалов / А. С. Янюшкин, Д. В. Лобанов, П. В. Архипов, В. Ю. Попов // Научные технологии в машиностроении. – 2015. – № 3(45). – С. 22-29.
19. Иванцовский, В. В. Совмещение операций поверхностной закалки и финишного шлифования на одном технологическом оборудовании / В. В. Иванцовский, В. Ю. Скиба // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). – 2006. – № 1(30). – С. 16-18.
20. Иванцовский, В. В. Эффективность объединения операций поверхностной закалки и шлифования на одном технологическом оборудовании / В. В. Иванцовский, В. Ю. Скиба // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). – 2010. – № 4(49). – С. 15-21.
21. Патент на полезную модель № 144708 U1 Российская Федерация, МПК В23Н 5/10. Абразивный круг для электрохимического шлифования с косым расположением токопроводящих вставок: № 2014105641/02: заявл. 14.02.2014 : опубл. 27.08.2014 / А. С. Янюшкин, Д. А. Рычков, Д. В. Лобанов [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "БРАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ".
22. Зорина, М. М. Эффективность применения метода электрохимического шлифования для обработки безвольфрамовых твердых сплавов / М. М. Зорина, Е. А. Терентьев, В. Н. Цай // Мехатроника, автоматика и робототехника. – 2017. – № 1. – С. 89-90.
23. Зворыгин, А. С. Стенд для исследования процесса электрохимического шлифования / А. С. Зворыгин, М. А. Борисов, О. С. Рафанова // Современные технологии: проблемы и перспективы: сборник статей всероссийской научно-практической конференции для аспирантов, студентов и молодых ученых, Севастополь, 19–22 мая 2020 года. – Севастополь: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Севастопольский государственный университет", 2020. – С. 64-69.
24. Янюшкин, А. С. Исследование качества поверхности при формировании режущей кромки фрезерного инструмента для обработки композиционных материалов / А. С. Янюшкин, Д. А. Рычков, Д. В. Лобанов // Актуальные проблемы в машиностроении. – 2014. – № 1. – С. 582-588.
25. Патент № 2489236 С2 Российская Федерация, МПК В23Н 5/06. Способ электроабразивной обработки токопроводящим кругом : № 2011122895/02 : заявл. 06.06.2011 : опубл. 10.08.2013 / В. А. Мишин, М. А. Борисов, Д. В. Александров.
26. Янюшкин, А. С. Механизм процесса засаливания шлифовальных кругов / А. С. Янюшкин, П. В. Архипов, В. А. Торопов // Вестник машиностроения. – 2009. – № 3. – С. 62-69.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ТРАНСПОНИРОВАНИЯ ПРИ НАПИСАНИИ УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ ДЛЯ СТАНКОВ ЧПУ

П.В. Татанов¹, Д.А. Шнайдер¹, А.Р. Янюшкин²

¹ ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова», Московский проспект, д. 15 г. Чебоксары, Республика Чувашия, Российская федерация, 428015, tatanov@list.ru

¹ ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова», Московский проспект, д. 15 г. Чебоксары, Республика Чувашия, Российская федерация, 428015, dmitrij.schneider@hotmail.com

² ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет», Площадь Ленина, д.3 г. Йошкар-Ола, Республика Марий-Эл, Российская федерация, 424000, andreyayushkin@mail.ru

Аннотация. При обработке сложных фасонных поверхностей появляются все больше станков с управляемыми координатами перемещения. Растет количество программируемых координат (от одной до пяти, а в электроэрозии до семи). Меняются интерполяции движения (линейная-круговая-по кривым Безье). Медленно идет автоматизация и роботизация. Но при этом программное обеспечение (ПО) данных новаторских новшеств иногда отстает, например электроэрозионная обработка. Так же для некоторых, казалось бы, простых операций, таких как гравировка цилиндрических поверхностей, требуется дорогое лицензионное программное обеспечение. А это достаточно большой кластер. Сюда входит и офсетная печать, и рифлёные поверхности погонажных изделий, и другие сложные каландры.

В данной статье представлен метод создания управляющих программ для фрезерных станков ЧПУ методом транспонирования программ, написанных в 3-х осевом САМ модуле для обработки цилиндрических поверхностей на станках с установленной четвертой поворотной осью. При этом не требуется дорогое ПО и высококвалифицированный персонал. Снижается мощность вычислительного компьютера и время подготовки управляющей программы. Отмечена эффективность и перспективность данного способа. Описан программный конвертер и результаты внедрения в производство.

Ключевые слова: станки ЧПУ, управляющая программа, четвертая ось, цилиндрическая поверхность, текстура, конвертер, САМ, транспонирование.

APPLICATION OF THE TRANSPOSE METHOD IN WRITING CONTROL PROGRAMS FOR CNC MACHINES

P.V. Tatanov¹, D.A. Schneider², A.R. Yanyushkin³

¹ Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "I.N. Ulyanov Chuvash State University", Moskovsky Prospekt, 15 Cheboksary, Republic of Chuvashia, Russian Federation, 428015, tatanov@list.ru

¹ Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "I.N. Ulyanov Chuvash State University", Moskovsky Prospekt, 15 Cheboksary, Republic of Chuvashia, Russian Federation, 428015, dmitrij.schneider@hotmail.com

² Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Volga State Technological University", Lenin Square, 3, Yoshkar-Ola, Republic of Mari El, Russian Federation, 424000, andreyayushkin@mail.ru

Annotation. When processing complex shaped surfaces, more and more machines with controlled movement coordinates appear. The number of programmable coordinates is growing (from one to five, and in electroerosion up to seven). The motion interpolations are changed (linear-circular-by Bezier curves). Automation and robotization are taking leaps and bounds. But at the same time, the software (software) of these innovative innovations sometimes lags behind, for example, electrical discharge machining. Also, for some seemingly simple operations, such as engraving cylindrical surfaces, expensive licensed software is required. And this is a fairly large cluster. This includes offset printing, corrugated surfaces of molded products, and other complex calenders.

This article presents a method for creating control programs for CNC milling machines by transposing programs written in a 3-axis CAM module for machining cylindrical surfaces on machines with a fourth rotary axis installed. It does not require expensive software and highly qualified personnel. The power of the computing computer and the time for preparing the control program are reduced. The effectiveness and prospects of this method are noted. The software converter and the results of implementation in production are described.

Keywords: CNC machines, control program, fourth axis, cylindrical surface, texture, converter, CAM, transposition.

1. Введение.

С развитием науки и техники качество продукции неуклонно растет. Продукция становится эргономичной и эстетичной. Потребитель критичен и уже не имеет желания приобретать простые предметы. В борьбе за рынок сбыта производители все больше уделяют внимание дизайну продукции. Внедряются изысканные формы и на поверхности наносятся текстуры, повторяющие природные материалы, такие как дерево, кожа, камень и многое другое. При реализации данных проектов используется очень сложная технологическая оснастка - прессформы, штампы, экструзионные линии, тампопечать и многое другое. Нанесение сложных текстур довольно сложное технологическое мероприятия. Рисунок переносят на поверхность методом фотопечати с последующим травлением, лазерной гравировкой и гравировкой на станках ЧПУ. Каждый выбирает себе наиболее актуальный способ [1-2]. При изготовлении погонажных изделий, получаемых экструзионным путем, необходимый рельеф наносят роликами на горячую поверхность и производят трехцветную офсетную печать (рис.1).



Рис. 1 - Пример текстурированной поверхности с трехцветной печатью

Если для офсетной печати достаточно нанести лазерную гравировку (для нее также требуется УП), то ролики тиснения уже требуют механическую обработку – гравирование с переменной глубиной. Создание программы обработки на ролики, имеющие цилиндрическую поверхность, очень сложная задача. Это связано со следующими проблемами:

1. 4-координатная обработка присутствует не во всех САМ программах.
2. 4-осевая обработка – это отдельный модуль, чаще всего не входящий в базовый пакет. Поэтому дополнительная лицензия требует отдельного финансирования.
3. Для вывода управляющей программы в 4-х координатах на конкретно взятый станок требуется отдельный постпроцессор. Написать его, способны только специалисты, обладающие углубленными знаниями конкретного САМ приложения. Доверяться услугам сомнительных фирм не стоит, так как может привести к поломке дорогостоящего оборудования. Если оборудование разное, то и постпроцессоры так же разные. Стоимость каждого находится в диапазоне от 500 000 руб.
4. Иногда 4-я ось появляется на станке в следствии модернизации станка и производство часто бывает не готово к данной ситуации [3].
5. Компилирование управляющей программы можно осуществить только на компьютере с большим объемом оперативной памяти и видеокартой, имеющей премиальные характеристики.
6. Программист должен обладать большим опытом и высокими навыками [4-5].
7. Компилирование – процесс долгий и может выполняться несколько часов. Также трудоемка отладка и исправление программы.

При больших объемах гравировка роликов может стать узким местом. Несмотря на это 2,5D и 3D обработка представлена во многих бесплатных САМ приложениях и требует от программиста только начальных навыков. Написание программы гравировки может занять несколько мин рабочего времени.

2. Описание программы

Нами написана программа Rolling CAM converter V1.0 (сокращенное название RCC V1.0) и зарегистрирована в государственном реестре РФ [6].

Транспонирование состоит из следующих этапов:

1. Расчет развертки поверхности, на которую наносится гравировка;
2. Размещение рисунка в рассчитанной зоне обработки;
3. Написание и вывод управляющей программы в линейной интерполяции с заданными точностными характеристиками. Круговая интерполяция при 4-х осевой обработке не работает;

4. Транспонирование программы в RCC V1.0.

Сущность программы заключается в том, что предварительно пишется управляющая программа на развертку, рис.2. Далее, пересчетом координаты Y в угловую координату A, программа сворачивается вокруг цилиндра, рис.3.

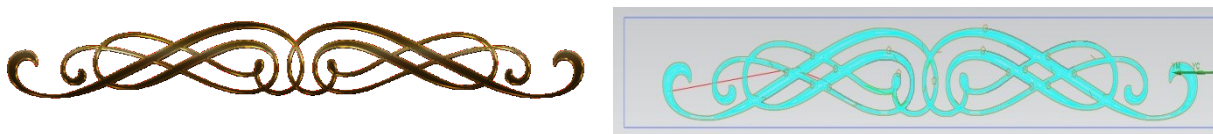


Рис. 2 - Управляющая программа в плоскости (сверху -узор, снизу траектория движения гравера)

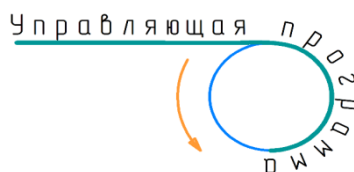


Рис. 3 - Сворачивание программы вокруг цилиндра

На рис. 4 изображена эмуляция свернутой программы.

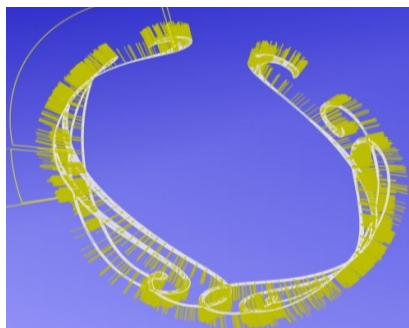


Рис. 4 - Эмуляция траектории программы

На рис. 5 изображен интерфейс программы. При нажатии на кнопку 1 мы загружаем исходник программы на плоскости в память программы. Текст программы отображается в окне 4. Далее в окне 6 мы вводим параметры ролика.

При нажатии на кнопку 2 запускается конвертация файла. В окне 5 мы видим готовую программу, а в окне 7 графическое изображение траектории движения инструмента. Если в поле 6 не было введено значение параметров ролика, то отображается предупреждение – «Внимание! Например, введите значение диаметра ролика D».

Если программа исходника содержит в себе коды круговой интерполяции, то программа остановится и отобразится предупреждение – «Внимание! Данная программа написана с круговой интерполяцией. Необходимо перейти на линейную интерполяцию. Программа останавливает свою работу».

Данная программа только осуществляет конвертацию исходного файла. Необходимо понимать, что все ошибки связанные с траекторией движения инструмента (подвод и отвод

инструмента), режимами обработки, выбора инструмента и т.п. останутся в конвертируемой программе и не будут исправлены конвертером.

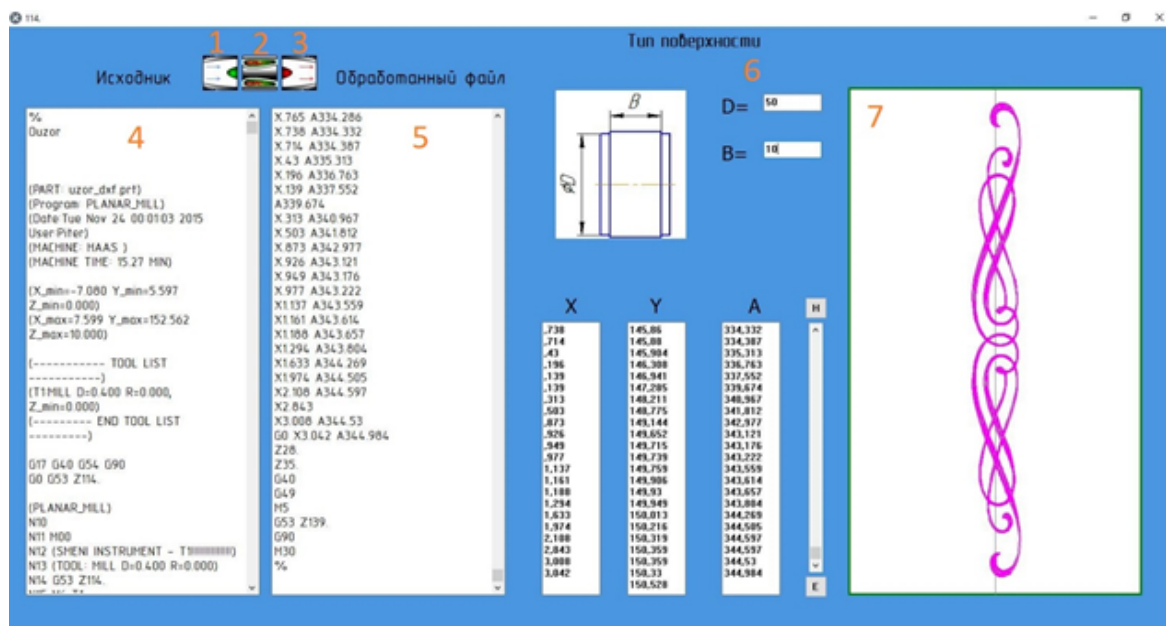


Рис. 5 - Интерфейс программы

3. Выводы и результаты

Данная программа была апробирована на предприятии ООО ПП «Пластпрофиль» г. Щелково. Она имеет следующие технико-экономические показатели:

1. Уменьшение времени написания программы с 12 часов до 30 мин.
2. Не требует дорогого лицензионного софта (стоимость которых около 1500000 руб.).

Для этого существуют бесплатные САМ модули.

3. Не требуется дорогой пост процессор (500000 руб.). 4-х и 5-ти осевой постпроцессор на порядок дороже 3-осевого.
4. Не требуется дорогой рабочей станции (80000 руб.).

Данная технология может иметь продолжение в 5-координатной обработке. Путем математических преобразований и превращения в развертку можно таким образом развернуть программу на любую поверхность, например, полусферу при минимальных погрешностях. В совокупности с другими мероприятиями по улучшению технологических процессов ведущих к экономии ресурсов, данная технология ведет к повышению рентабельности производства [7-17].

Список литературы

1. Татанов П.В., Янюшкин А.Р., Шнайдер Д.А., Янюшкин А.С. Опыт электроэрозионного фрезерования на АО «Чебоксарский электроаппаратный завод». Актуальные проблемы в машиностроении. 2021. Т. 8. № 3-4. С. 57-62.
2. Татанов П.В., Янюшкин А.Р., Шнайдер Д.А., Янюшкин А.С. Влияние орбитального движения электрода на точность электроэрозионной обработки iPolytech Journal. 2021. Т. 25. № 5 (160). С. 559-567.
3. Татанов П.В., Шнайдер Д.А., Янюшкин А.Р., Янюшкин А.С. Влияние износа оборудования на качество изготовления изделий из композиционных материалов. Научные технологии в машиностроении. 2022. № 10 (136). С. 34-41.
4. Татанов П.В., Чемерилов И.А. Кадровые проблемы на заводах и фабриках. Тенденции развития науки и образования. 2022. № 81-4. С. 120-123.
5. Татанов П.В. Подготовка кадров на современном предприятии. В сборнике: Профессионально-ориентированные технологии в современном образовании: проблемы и поиски. сборник научных статей аспирантов, адъюнктов и преподавателей. ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова». Ульяновск, 2021. С. 83-87.
6. Татанов П.В., Шнайдер Д.А., Янюшкин А.Р., ROLLING CAM CONVERTER V1.0 Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2022662608, 05.07.2022. Заявка № 2022661808 от 24.06.2022.

7. Татанов П.В., Шнайдер Д.А., Янюшкин А.Р. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВИБРАЦИОННОГО ПОЛЯ ДЛЯ ПОЛИРОВКИ ДЕТАЛЕЙ В сборнике: Современные технологии: проблемы и перспективы. сборник статей всероссийской научно-практической конференции для аспирантов, студентов и молодых учёных. Севастополь, 2022. С. 29-36.
8. Янюшкин А.Р., Лобанов Д.В., Татанов П.В. Совершенствование процесса электроалмазного шлифования. В сборнике: Электрофизические методы обработки в современной промышленности. Материалы IV Международной научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов. 2021. С. 144-148.
9. Татанов П.В., Янюшкин А.Р., Шеров К.Т., Янюшкин А.С. Использование вторичного ресурса твердосплавных сменных многогранных пластин в металлообработке. Наука и техника Казахстана. 2021. № 1. С. 85-96.
10. Янюшкин А.С., Медведева О.И., Архипов П.В., Попов В.Ю. Механизм образования защитных пленок на алмазных кругах с металлической связкой. Системы. Методы. Технологии. 2010. № 1 (5). С. 132-138.
11. Янюшкин А.С., Попов В.Ю., Медведева О.И., Ковалевский С.В., Рычков Д.А. Электроалмазная обработка высокопрочных материалов с нанесением защитных покрытий. Системы. Методы. Технологии. 2013. № 3 (19). С. 125-129.
12. Попов В.Ю., Янюшкин А.С. Формирование поверхностного слоя режущего инструмента при алмазной обработке кругами на металлической связке. Решетневские чтения. 2014. Т. 1. С. 306-308.
13. Лобанов Д.В., Янюшкин А.С., Рычков Д.А., Петров Н.П. Организация инструментального хозяйства при обработке композиционных материалов. СТИН. 2010. № 11. С. 2-4.
14. Янюшкин А.С., Рычков Д.А., Лобанов Д.В., Петров Н.П. Методика формирования базы данных режущих инструментов. Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2013. Т. 1. С. 143-146.
15. Янюшкин А.С., Попов В.Ю. Шероховатость поверхности после шлифования по методу двойного травления. Объединенный научный журнал. 2002. № 21. С. 65-67.
16. Рычков Д.А., Скрипняк В.А., Янюшкин А.С., Лобанов Д.В. Разработка технологии подготовки режущего инструмента для обработки слоистых композиционных материалов. Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). 2014. № 2 (63). С. 6-13.
17. Popov V.Yu., Yanyushkin A.S. Combined electro-diamond grinding of high speed steels. International Journal of Advances in Machining and Forming Operations. 2012. Т. 4. № 1. С. 91-102.

УДК 629.12

ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ В СУДОСТРОЕНИИ

А.Н. Вишняков¹, Л.Н. Пичугова²

¹ФГБОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, 299053, Российская Федерация, 2012vian04@gmail.com

²ФГБОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, 299053, Российская Федерация, kebpf2015@mail.ru

Аннотация. Сегодня отечественные производители продукции в сфере судостроения получили небывалый шанс для развития своего бизнеса при отсутствии конкурентов и за счет государственного финансирования, часть которого идет в виде невозвратных грантов. Это означает, что производителям комплектующих важно уже сейчас успеть получить отдельные заключения на свою продукцию, чтобы воспользоваться повышенным спросом на отечественные компоненты для строительства судов в ближайшей и среднесрочной перспективе.

Ключевые слова: Судостроение, санкции, импортозамещение, реинжиниринг, ледокол, краболов, локализация

IMPORT SUBSTITUTION IN SHIPBUILDING

A.N. Vishnyakov¹, L.N. Pichugova²

¹ FSAEI HE «Sevastopol State University», Sevastopol, 299053, Russian Federation, 2012vian04@gmail.com

² FSAEI HE «Sevastopol State University», Sevastopol, 299053, Russian Federation, kebpf2015@mail.ru

Annotation. Today, domestic manufacturers of products in the field of shipbuilding have received an unprecedented chance to develop their business in the absence of competitors and at the expense of state funding, part of which comes in the form of non-repayable grants. This means that it is important for component manufacturers to get individual opinions on their products already now in order to take advantage of the increased demand for domestic components for building ships in the near and medium term.

Keywords: Shipbuilding, sanctions, import substitution, reengineering, icebreaker, crabs, localization

Введение. Российская Федерация вышла на второе место в вопросах судостроения в рейтинге одного из британских агентств Clarkson Research по итогам третьего квартала 2022 года. Эту новость сообщило агентство «ТэкноБлог» в статье корреспондента «ПолитНавигатора».

Российская Федерация достигла второго места в категории строительства судов гражданского назначения, во многом за счет строительства ледокольного флота.

«В основном это является заслугой Российской объединенной судостроительной корпорацией (ОСК), которая выбрала правильную стратегию по строительству высокотехнологичных морских судов» - было сказано за круглым столом «Россия – ледокольная держава: технологии судостроения для Арктики» генеральным директором ОСК Алексеем Рахмановым.

По его мнению, при своевременной сдаче ледоколов «Урал» и «Сибирь», Российская Федерация будет претендовать на первое место в мире.

Сегодня на первом месте стоит Южная Корея, с объемом построенных судов в 1,42 миллиона CGT (CGT является единицей объема, равной 100 футам кубическим, которую применяют при оценке тоннажа судна). Российская Федерация довела тоннаж построенных судов до 860 тысяч CGT. Тройку лидеров замыкает Китай имея тоннаж в 830 тысяч CGT.

Российское судостроение. Гордостью российского атомного флота стал самый мощный в мире атомоход «Арктика» проекта 22220 (рис. 1), вставший в строй в прошлом году. «Арктику» можно назвать флагманом группы из пяти судов новейшей серии: «Сибирь», «Урал», «Якутия» и «Чукотка». Эти суда строились прежде всего для проводки караванов из десятков судов, транспортирующих углеводороды по северному морскому пути с месторождений Ямала, Гыданского полуострова и Карского шельфа в страны Азиатско-Тихоокеанского региона.

При строительстве этих судов были применены инновационные технологии, которые позволяют данным ледоколам работать как на глубоководных, так и на мелководных трассах, проламывая лед до трех метров толщиной.

В длину эти суда имеют размер в 173,3 метра, в ширину в 34 метра, водоизмещением в 33,5 тысяч тонн.



Рис. 1 - Ледокол Арктика

Кроме этого, дальневосточная верфь «Звезда» строит суперсовременный ледокол, который относится к новому классу серии «Лидер», что является новым словом в ледоколостроении.

Этим планам препятствуют санкции со стороны стран-поставщиков критически важных материалов и оборудования. По этой причине на верфях России начинается массовое импортозамещение – импортные материалы и оборудование постепенно заменяются отечественными образцами.

По экспертным оценкам, почти 70% оборудования, установленного на Российских судах, являются импортным. Поставщиками этого оборудования являлись Европа, Япония и другие страны, прекратившие поставку из-за незаконных санкций против РФ.

Импортозамещение. В настоящее время судостроительные предприятия ищут замену импортному оборудованию в Китае и других дружественных странах, но согласно государственного плана мероприятий по импортозамещению, введенного в 2021 году они обязаны постоянно увеличивать степень локализации собственного производства.

Судостроительные предприятия ищут и внедряют наиболее эффективные способы решения задачи импортозамещения, среди которых, без сомнения, самой эффективной технологией является Реверс-инжиниринг (обратное проектирование).

Важность внедрения технологии Реверс-инжиниринга (обратного проектирования) более чем убедительно подтверждает Постановление правительства РФ от 18 февраля 2022 г. N 208. Всего на поддержку центров инженерных разработок (ЦИР) планируется направить не менее 3,6 млрд. рублей в течении трех лет. На оснащение центров инжиниринговых разработок выделено 1,5 млрд. рублей.

Правительство РФ рассчитывает, что эти меры позволят в кратчайшие сроки повысить уровень локализации производства материалов и оборудования, необходимых, в том числе, и судостроению.

Оборудование, используемое российским судостроением. Производство Военных и гражданских судов в Российской Федерации ведется на 188 предприятиях, которые расположены в Санкт-Петербурге, Северодвинске, Нижнем Новгороде и в Калининградской области. Наиболее крупными из них, являются следующие:

- АО «Центр судоремонта «Звездочка»;
- АО «Судостроительная фирма «Алмаз»;
- Производственное объединение «Северное машиностроительное предприятие»;
- АО «Балтийский завод»;
- АО «Красное Сормово»;
- АО «Адмиралтейские верфи»;
- АО «Судостроительный завод «Северная верфь»;
- АО «Центр судоремонта «Дальзавод»;
- АО «Амурский судостроительный завод»;
- АО «Азовская судовой верфь»
- Федеральное государственное унитарное предприятие «Севастопольский морской завод имени Серго Орджоникидзе»;

Распределение судостроительных предприятий по округам (рис. 2) примерно такое:

- Северо-западный – 57;
- Южный – 39;
- Приволжский – 27;
- Дальневосточный – 25;
- Центральный – 21;
- Сибирский – 12;
- Уральский – 7.

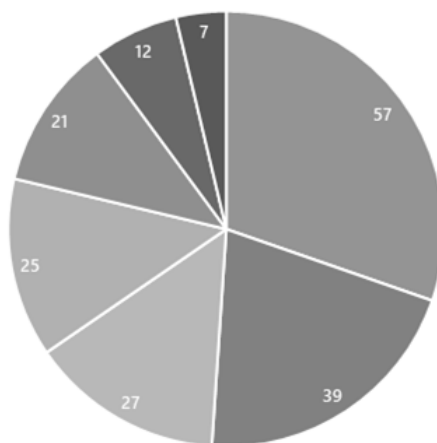


Рис. 2 - Распределение судостроительных предприятий по округам

По оценке экспертов, сегодня большая часть технологически сложного оборудования, такие как судовые двигатели, системы связи и навигации, немалая часть крановой и другой палубной техники, а также большая часть спецоборудования, импортируются из-за рубежа. Меньшую часть, в процентном отношении, составляют детали отечественного производства - это корпуса и другие металлоконструкции.

При этом надо отметить наибольшую зависимость от импорта в сфере строительства гражданских судов, для сегмента гособоронзаказа доля импортного оборудования невелика, причем после известных событий 2014 года, военные переориентировались больше на Китай и другие дружественные страны.

Прогноз развития отрасли с учетом текущей геополитической ситуации.

Согласно стратегии развития судостроительной промышленности Российской Федерации к 2035 году запланировано строительство 959 судов.

Распределение судостроительного производства по округам (рис. 3) следующее:

- Дальневосточный – 270;
- Северо-западный – 176;
- Приволжский – 176;
- Центральный – 155;
- Южный – 117;
- Уральский – 18;
- Сибирский – 47.

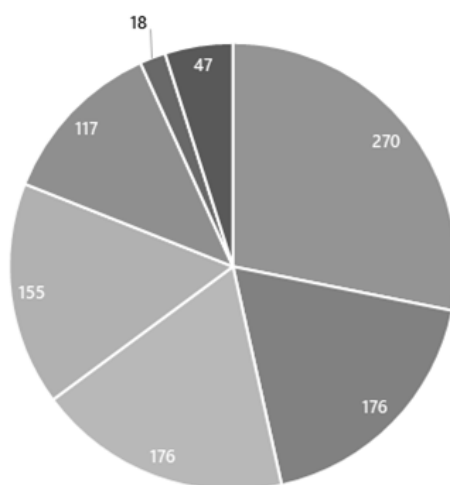


Рис. 3 - Распределение судостроительного производства по округам

По состоянию на конец 2022 года, на судостроительных верфях РФ было заложено более 600 единиц корабельной техники, тоннаж которой в сумме более 7,4 млн тонн. А в 2023 году а в секторе гражданского судостроения, предполагается достижение, а возможно и превышение результатов предыдущего года, так как многие суда уже имеют высокую степень готовности, а все необходимые комплектующие для них уже закуплены.

Однако планы, в части соблюдения сроков, могут быть скорректированы в 2023-2025 гг. Это связано с необходимостью подбора или самостоятельного изготовления ставшего недоступным оборудования, что повлечет за собой необходимость внесения изменений в проектно-сметную документацию. Как предполагают эксперты, увеличатся не только сроки строительства, но и его стоимость.

Наибольшее замедление и удорожание предполагается в строительстве рыболовных, а также пассажирских судов и судов научного назначения. Сухогрузы, скорее всего, будут строиться в пределах существующих графиков, учитывая меньшую зависимость от импортных составляющих и высокий уровень импортозамещения.

Реализация импортозамещения в российском судостроении. Сегодня в Российской Федерации действует «План мероприятий по импортозамещению в судостроительной отрасли до 2024 года», который был утвержден приказом Минпромторга РФ № 2916 от 2 августа 2021 г. и стал особо актуальным с учетом многочисленных санкций.

Постановлением Правительства РФ № 719 «О поддержке производства промышленной продукции на территории Российской Федерации» (принятого 17 июля 2015) установлены четкие критерии локализации промышленного производства по 23 позициям судовых комплектующих спецоборудования и судовых систем связи и ориентирования:

- установлена балльная система при оценивании степени импортозамещения для производства каждой отдельной позиции;
- закреплены требования соответствия суммарных баллов за установленное на новых судах оборудование в соответствии с действующими нормативами;
- определены конкретные нормативы по годам: не менее 2500 баллов (около 40% от максимального количества) в 2023 г., 3500 баллов к 2025 г. и так далее.
- Заказчик строительства судов и исполнитель имеют возможность самостоятельно выбирать оборудование для достижения необходимой степени локализации, учитывая специфику и назначение судов. В целом по отрасли уровень повышения степени локализации нормативно установлен на уровне 10% в год.

Примеры импортозамещения в некоторых сегментах судового оборудования в 2022 году. Из приведенных выше цифр можно сделать вывод, что программа импортозамещения в судостроении предполагает довольно длительный период. Это объясняется тем, что технологическое отставание и создание собственных аналогов невозможно преодолеть по команде свыше.

Судостроительные предприятия сами должны проявлять инициативу и активно искать альтернативные поставки из стран, не поддерживающих введение против Российской Федерации односторонних санкций, и поддерживать российского производителя там, где есть хоть какая-то возможность и определенные наработки.

Аналитики оценивают ситуацию с импортозамещением, ориентируясь на четыре сегмента судового оборудования:

- Двигатели. Руководитель Центра импортозамещения и локализации судового комплектующего оборудования АО «ЦНИИ «Курс» Дмитрий Стоянов сказал, что разработка нового двигателя требует времени и больших финансовых затрат, но времени дожидаться новых разработок нет и необходимо, при всемерной поддержке российского производителя, приглашать компании из дружественных стран и открывать новые производства, с постепенным повышением степени локализации за счет отечественных производителей.

Примером может служить китайская корпорация Weichai, у которой локализовано производство судовых двигателей на площадке ООО «Промышленные компоненты КАМАЗ».

Нижегородские предприятия «Красное Сормово» и АО «ЦКБ по СПК им. Р. Е. Алексеева», планируют найти замену японских, финских и немецких двигателей на рынках Азии.

Начала появляться и долгожданная информация от Российских фирм, таких как АО «Звезда-энергетика», компания «Волгадизельмаш», АО «Трансмашхолдинг» у которых уже есть полный цикл производства высокооборотистых судовых двигателей (рис. 4).

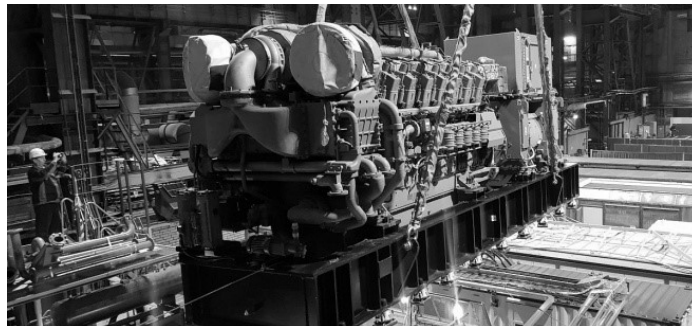


Рис. 4 - Судовой двигатель АО «Звезда-энергетика»

•Электронные устройства. Российские эксперты утверждают, что разработка комплектов судовых приборов должна быть полностью импортонезависимой. Центр импортозамещения и локализации судового комплектующего оборудования АО «ЦНИИ «Курс» проводит ревизии с целью определения возможностей существующего производства.

По результатам ревизии составлены планы дальнейшей работы по замене недостающих позиций. Основной задачей намечено создание единого комплексного центра по поставке интегрированных электронных систем корабельных приборов. Руководитель АО «ЦНИИ «Курс» Дмитрий Стоянов считает, что прежде всего, необходимо провести диверсификацию продукции Корпорации морского приборостроения ориентируясь на развитие гражданского сектора ее деятельности. До решения этих вопросов, придется закупать комплектующие для сборки судовых мостиков за рубежом (рис. 5);



Рис. 5 - Капитанская рубка



Рис. 6 - Плавающая рыбоперерабатывающая фабрика

•Рыбоперерабатывающие фабрики. Эти фабрики представляют собой самый сложный комплекс оборудования, который устанавливается на морских рыболовных траулерах большого водоизмещения (рис.6) . Такое оборудование почти полностью поставлялось из-за рубежа, а сегодня до 80% комплектующих производится на Кронштадтском морском заводе Объединенной судостроительной корпорации совместно с одной из норвежских компаний. Выпуск этой сложной продукции удалось освоить всего за 1,5–2 года. По комплектующим, производство которых наладить еще не удалось, ведется перепроектирование под аналоги из дружественных стран;

•Комплектующие для крабовых судов. Крабовые суда - достаточно сложны в

техническом плане, они имеют большое количество импортного оборудования (рис. 7). Как сказал председатель Союза рыболовецких колхозов Белого моря Андрей Заики, доля импортного оборудования в этом сегменте иногда более 80%.



Рис. 7 - Краболовное судно

Судостроители стараются переориентироваться с европейских и японских комплектующих на поставщиков из Китая или на Российских производителей, но постройка судов этого типа идет с отставанием от проекта на 1,5–2 года. Правительство Российской Федерации продлило их реализацию на два года.

Заключение. Подводя итоги, можно сказать, что сейчас для отечественных предприятий сложились уникальные условия для занятия освободившихся рыночных ниш. До 2023 года судовой верфи будут переходить на работу в соответствии с Постановлением Правительства РФ № 719 «О поддержке производства промышленной продукции на территории Российской Федерации» (принятого 17.07. 2015), с постепенным наращиванием объем закупок Российских комплектующих, выполняя требования вышеуказанного постановления по локализации производства деталей и узлов кораблестроительной отрасли.

Этому в значительной мере содействует и Постановление правительства РФ от 18 февраля 2022 г. N 208., обеспечивая солидную финансовую поддержку предприятиям, применяющим современные технологии, таких, например как реверсный инжиниринг (обратное проектирование), для решения задач импортозамещения.

Сегодня большая часть комплектующих в спешном порядке закупается в Китае и других дружественных странах, но будущие проекты уже составляются в расчете на поставку отечественных комплектующих.

В целом надо отметить, что отечественные производители продукции в сфере судостроения получили небывалый шанс для развития своего бизнеса при отсутствии конкурентов и за счет государственного финансирования, часть которого идет в виде невозвратных грантов.

Это означает, что производителям комплектующих, нужно как можно быстрее заявить о себе, чтобы воспользоваться повышенным спросом на отечественные компоненты и получить государственную поддержку на участие в программах импортозамещения в судостроительной отрасли.

Список литературы

1. Постановление Правительства РФ от 18 февраля 2022 г. N 208 "О предоставлении субсидии из федерального бюджета автономной некоммерческой организации "Агентство по технологическому развитию"
2. Постановление Правительства РФ № 719 от 17.июля. 2015 «О поддержке производства промышленной продукции на территории Российской Федерации»
3. Аганбегян А. «Крах России не грозит» / беседовала Т.Богданова // Аргументы и факты. - 2022. - 6 июля (N 27). - С.3.
4. Котляров И.Д. Локализация производства как инструмент импортозамещения // ЭКО. - 2016. - N 8. - С.128-140.
5. Кохно П. Проблемы импортозамещения на предприятиях оборонно-промышленного комплекса / П.Кохно, А.Кохно // Общество и экономика. - 2022. - N 4. - С.82-103.

ОЦЕНКА РАБОТОСПОСОБНОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ДВИГАТЕЛЬНО-ДВИЖИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ СУДНА

С. Р. Фадиль Аббас¹, И. А. Дьяченко², Р. А. Литвинов³, А. В. Неменко⁴

¹ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, 299053, Российская Федерация, suleyman27012004@gmail.com

²ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, 299053, Российская Федерация, dyackenko2003@gmail.com

³ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, 299053, Российская Федерация, prxcv7770@yandex.ru

⁴ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, 299053, Российская Федерация, valesan@list.ru

Аннотация. В статье произведена оценка работоспособного состояния элементов двигательно-движительной системы судна на основе технических характеристик. Рассмотрены факторы, влияющие на функциональность гребного винта: прочность, кинематические параметры и связи, моменты (инерции, вращения). Приведена оценка напряжений на лопастях, что позволяет в полной мере оценить конструктивные особенности элементов движителя для минимизации рисков их разрушения. Необходимость в модернизации гребных винтов на ледоколах из-за быстроразвивающихся технологий ставит проблему в качестве движителей, так как важно спроектировать все узлы, детали безошибочно для долговечности данного механизма. Целью проекта является возможность рассмотрение основных моментов улучшения работоспособного состояния гребного винта с целью увеличения его качества и срока службы.

Ключевые слова: Двигательно-движительная система, движитель лопастей, гребной винт, судно, напряжение, прочность, ледокол, долговечность, механизм.

ASSESSMENT OF THE OPERATIONAL STATE OF THE ELEMENTS OF THE SHIP'S PROPULSION SYSTEM

S. R. Fadil Abbas¹, I. A. Dyachenko², R. A. Litvinov³, V. A. Nemenko⁴

¹FSAEI HE «Sevastopol State University», Sevastopol, 299053, Russian Federation, suleyman27012004@gmail.com

²FSAEI HE «Sevastopol State University», Sevastopol, 299053, Russian Federation, dyackenko2003@sevsu.ru

³FSAEI HE «Sevastopol State University», Sevastopol, 299053, Russian Federation, prxcv7770@yandex.ru

⁴FSAEI HE «Sevastopol State University», Sevastopol, 299053, Russian Federation, valesan@list.ru

Abstract. The article evaluates the operational state of the elements of the propulsion system of the vessel based on technical characteristics. The factors affecting the functionality of the propeller are considered: strength, kinematic parameters and connections, moments (inertia, rotation). An assessment of the stresses on the blades is given, which makes it possible to fully assess the design features of the propulsion elements to minimize the risks of their destruction. The need to modernize the propellers on icebreakers due to rapidly developing technologies poses a problem as propellers, since it is important to design all the components, parts accurately for the durability of this mechanism. The aim of the project is to be able to consider the main points of improving the working condition of the propeller in order to increase its quality and service life.

Keywords: Propulsion system, blade mover, propeller, vessel, tension, strength, icebreaker, durability, mechanism.

Введение. Автомобили, эскалаторы, суда и корабли, подводные лодки и многие другие объекты, которые мы точно видели или хотя бы слышали, прорисовываются в голове с примерными формами. Каждый из них имеет свои технические характеристики, свойства строения, а самое главное - назначение. Все они являются машинами.

Машина – это технический объект, состоящий из взаимосвязанных функциональных частей (деталей и узлов), использующий энергию для выполнения возложенных на него функций. Основой устройств механической машины являются механизмы, которые способствуют выполнению заданных функций агрегатом. Но наиболее важные составляющие, остаются неизменными всегда, во всех машинах, как: двигатель, движитель, подвижные части и т. д.

Встречаются случаи, когда путают два таких понятия: двигатель и движитель. Необходимо запомнить, что двигатель - машина, преобразующая какой-либо вид энергии в механическую работу. Движитель - устройство для преобразования энергии механического двигателя в полезную работу, обеспечивающую движение объекта. В данной работе будет рассмотрен движитель лопастей, то есть гребной винт. Гребной винт - движитель судов, чье прямое предназначение состоит в создании упорного давления, необходимого для приведения в движение судна.

Основная часть. Каково работоспособное состояние движителя лопастей и почему важно провести оценку прочностных характеристик элементов гребного винта? Так как есть прогресс в технологиях и необходимость в улучшении технических свойств, высокий КПД и множество различных задач в изменяемых условиях, с которыми может справиться только данный тип движителя, например, водомётная система не будет справляться на судне типа ледокола.

Поэтому гребной винт является важным элементом в развитии технологий судостроения, от которого зависит прогресс строительства кораблей различных видов. Для подводных лодок используют специальные технологии, позволяющие сделать подлодку бесшумной для противника, а на ледоколах устанавливают до 3 винтов, с целью обеспечения скоростного хода для прорубания льдов. Важно грамотно продумать каждый шаг в разработке движителя лопастей, все узлы и соединения, подобрать материал, соответствовать всем регистрам и нормативной документации, а главное обеспечить необходимой мощностью, прочностью для долговечности элементов.

Способность машины выполнять технические функции согласно техническим условиям отражаются её энерго – кинематическими параметрами: мощность P на валах, вращающихся с частотой n и соответствующие им угловые скорости ω , и вращающими моментами T .

Долговечность — способность машины и её узлов противостоять воздействию старения, износа, коррозии и т. д. Определяет такое состояние машины, при котором она способна выполнять заданные функции с параметрами по требованиям технической документации с сохранением прочности, неизменности формы и размеров, устойчивости против срабатывания, необходимой механической жёсткости, тепло - и виброустойчивости. Работоспособность деталей машин обеспечивается приданием им соответствующих размеров и форм, рациональным подбором материалов для изготовления их с использованием укрепляющих технологий, применением антикоррозионной защиты и соответствующей смазки. Чтобы рассчитать необходимые кинематические связи создаются специальные нормы, стандарты на основе нормативных документов, чтобы при разработке инженер руководствовался уже подготовленными данными, в качестве избегания ошибок и нарушения механических свойств механизма.

Расчеты прочности широколопастных гребных винтов быстроходных судов, приведенные по более сложной методике, показали, что максимальные напряжения у этих винтов наблюдаются в районе входящей кромки лопасти. Определяющим здесь оказалось стесненное кручение лопасти, которое не учитывается для винтов транспортных судов.

С целью оценки технического состояния судового нагнетателя, гребного винта, разработан экспертно-диагностический комплекс, созданный по модульному принципу, с адаптацией к различным условиям эксплуатации. Входной модуль служит для обработки и анализа информации, поступающей с контрольных датчиков, и передачи ее в управляющий модуль.

Датчики контроля напряженно-деформированного состояния устанавливаются в опасных зонах, выявленных на стадии проектирования. В случае, когда в проектировании при оценке прочности использовался метод конечных элементов, датчики ставятся в узлах контакта элементов разбиения.

Материал детали предполагался изотропным и работающим в области упругих деформаций. Внутри каждого элемента смещения являются линейными функциями координат в принятой системе. Использование матрицы плоской задачи теории упругости и

матриц плоской задачи изгиба жестких пластин позволяет установить связь между реакциями в узлах и перемещениями в них.

Чувствительность детали к усталостным повреждениям учтено в отдельных матричных показателях, на которые оказывают влияние характеристики поперечных сечений, так как усталостные повреждения зарождаются внутри объема в подповерхностных слоях, а на поверхность выходят уже в критической фазе.

Развивающийся дефект в твердом нагружаемом теле рассматриваем как свободные колебания полости в сжимаемой среде. Частота таких колебаний является величиной комплексной, вещественная часть которой определяем, приравнявая к нулю импеданс поверхности полости, а мнимая часть равна коэффициенту затухания собственных колебаний полости.

Расположение разрывов сплошности твердой среды устанавливается координатным способом по запаздыванию сигнала излучения, полученного с датчиков контроля. Полученную картину напряженно-деформированного состояния исследуемого объекта сопоставляется с расчетной и производится оценка технического состояния нагнетателя. В соответствии со снимаемыми данными, получаются значения экспериментальных напряжений, представленные на рис. 1 в виде двух вариантов: нормальных и касательных.

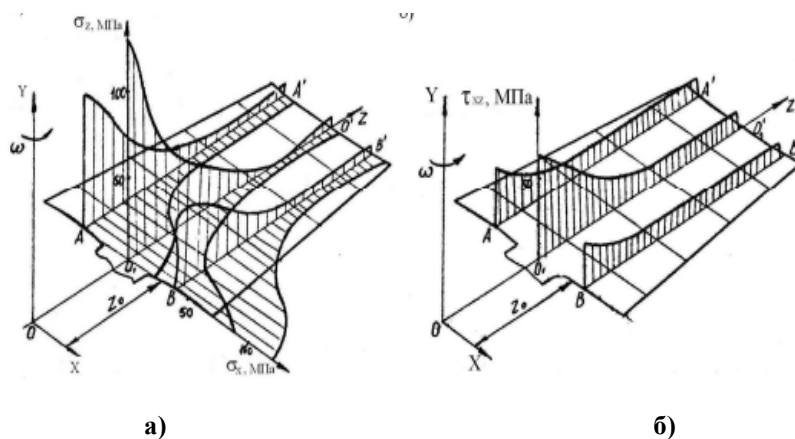


Рис. 1 - Экспериментальные значения напряжений:
а) нормальных σ_x и σ_z ; б) касательных τ_{xz} .

Возмущения в районе расположения гребного винта, вызываемые корпусом, могут существенно изменить условия обтекания его элементов; однако и гребной винт изменяет окружающий его поток, а, следовательно, и условия обтекания корпуса. По этой причине гидродинамические характеристики одного и того же гребного винта, работающего в свободной воде и за корпусом судна, будут различными, а сопротивление воды движению судна в присутствии работающего гребного винта будет отличаться от его буксировочного сопротивления.

При четном числе лопастей вследствие симметричности поля скоростей амплитуды изменения мощности P и момента T оказываются существенно больше, чем при нечетном числе лопастей и могут достигать 20 % от средних значений, в то время как амплитуды момента T , изгибающего вал, наоборот, для винта с четным числом лопастей меньше и обычно не превосходят 3 % от среднего значения крутящего момента. Чтобы снизить амплитуды колебаний упора в лопастях гребного винта и уменьшить вероятность их усталостных разрушений, следует выбрать повышенное число лопастей, а для уменьшения амплитуды колебаний изгибающего вал момента необходимо принять повышенное четное число лопастей.

Касаемо вала, во избежание усталостных трещин, вызывающие необратимый процесс, завершающийся его разрушением, необходимо знать, в течение какого времени (N – ого количества циклов) подверженный усталости вал еще может работать без разрушения и что можно предпринять в эксплуатационном плане для увеличения этого времени.

Чем больше циклов, тем характернее трещина на элементе, которая может привести к полному разрушению вала. На рис. 2 представлены 3 фазы образования трещины.

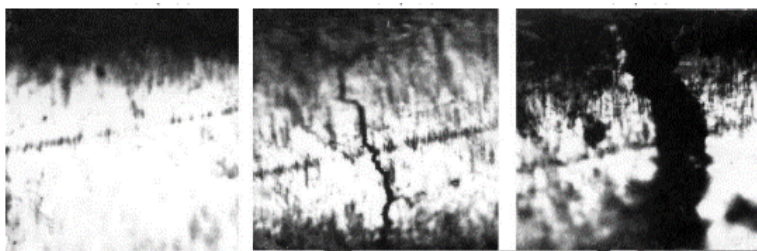


Рис. 2 - Кинетика развития трещины при циклическом нагружении

В начальной фазе имеет место рост дислокаций в объеме детали с образованием множественных микротрещин, так как сопровождается уменьшением пределов прочности, а геометрические характеристики вала – моменты инерции при сопротивлении изгибу и кручению остаются неизменными, и диссипация энергии носит распределенный характер. На следующем этапе выделяется одна или несколько магистральных трещин, возникающих в области опасного сечения, на которых преимущественно и происходит вся диссипация передаваемой через деталь энергии. Механизм развития трещин существенно зависит от вида сплава, характера нагрузки, температурных условий. Конечной фазой является стадия долома, при которой трещина ослабляет моменты инерции и сопротивления настолько, что разрушение происходит, как только очередной максимум циклического напряжения превысит предел прочности для статической нагрузки.

При вращении винта поток жидкости на выпуклой засасывающей поверхности лопасти ускоряется, понижая давление, а на нагнетающей вогнутой поверхности поток замедляется, создавая повышенное давление. В результате разности давлений создается гидродинамическая сила R , проекция которой на ось гребного винта образует упор винта, направленный в сторону движения судна, т.е. против силы сопротивления воды. Отсюда возникает такое явление как кавитация.

Кавитация – это процесс парообразования и последующей конденсации пузырьков воздуха в потоке жидкости, сопровождающийся шумом и гидравлическими ударами, образование в жидкости полостей (кавитационных пузырьков, или каверн), заполненных паром самой жидкости, в которой возникает. Кавитация разрушает поверхность гребных винтов, гидротурбин, акустических излучателей и др.

Поскольку лопасти имеют винтообразную поверхность, то при вращении винта вода не только отбрасывается назад, но и закручивается в сторону вращения лопастей. На закручивание потока и преодоление сопротивления вращению винта в воде затрачивается часть мощности, подводимой к винту от двигателя, поэтому отношение мощности, затраченной на создание упора винта ко всей мощности, затраченной на его вращение, называется коэффициентом полезного действия винта и колеблется в диапазоне $0,5 \pm 0,7$. Для малых оборотных винтов он ближе к верхнему пределу.

Касаемо ледоколов их винты (и судов ледового плавания) отличаются повышенной прочностью лопастей и, в случае применения съемных лопастей, увеличенным диаметром ступицы, к таким относятся винты серии Г. А. Звездиной. Чтобы избежать перегрузки двигателей внутреннего сгорания при работе с гидродинамически тяжелыми гребными винтами, рекомендуется увеличивать расчетное значение мощности на гребных винтах на 10–15 %. В условиях ходовых испытаний гребной винт должен быть гидродинамически легким, чтобы в процессе эксплуатации за счет обрастания корпуса и влияния гидрометеорологических факторов двигатель догружался бы, но не испытывал перегрузок.

Для расчета параметров оптимального винта и необходимой для обеспечения заданной скорости судна мощности задается диапазон значений диаметра гребного винта от 50 % до 70 % от осадки. Для нахождения параметров оптимального гребного винта необходимо определить минимально допустимую величину дискового отношения. Из условия

обеспечения достаточной прочности лопастей (определяется для режима движения во льдах, т. к. с точки зрения нагрузки, действующей на лопасти гребного винта, ледовый режим является наиболее опасным) и из условия отсутствия второй стадии кавитации. На примере ледоколов, эксплуатируемых в Северном Каспии и ВКМСК, была разработана методика сужения области расчетных значений главных размерений судна из условия оптимального использования гребных винтов.

В последние годы проведен ряд экспериментальных и теоретических исследований, посвященных совершенствованию расчетных методов проектирования гребных винтов ледоколов и судов ледового плавания, корректировке и совершенствованию соответствующих нормативных документов. Правила РМРС (Российский морской регистр судоходства) кроме рекомендаций по усилению корпуса для судов ледовых классов устанавливают требования к мощности главного двигателя, диаметру валопровода и толщинам лопастей гребного винта. Так, для гребных винтов судов ледового плавания толщина лопасти гребного винта проверяется в расчетном корневом сечении и в сечении на радиусе $r=0,6R$, где R – радиус винта, а также толщины концевых, входящих и выходящих кромок. Толщины зависят от ледового класса судна, материала винта, его геометрических характеристик и мощности главного двигателя. Приведенные в Правилах формулы ориентированы в большей степени на воздействие статических нагрузок. Применение современных программных комплексов для расчета глобальных и локальных ледовых нагрузок дает возможность моделировать реальные динамические ледовые нагрузки льда и обоснованно выбирать геометрические характеристики и толщины лопастных сечений винтов.

Выводы. В настоящей работе была произведена оценка состояния элементов двигательно-движительной системы судна на основе возникающих напряжений на лопастях, предложен способ нахождения экспериментальных значений напряжения. Данное направление работы позволяет выявить методики борьбы с усталостными разрушениями гребного винта.

Список литературы

1. Король А.Я. Непотопляемость, качка, сопротивление воды, движители и прочность судна. Учебное пособие для судоводителей. 2018 г.
2. Неменко А.В., Никитин М.М. Оценка вероятности разрушения вала с обнаруженной усталостной трещиной: Международный научный журнал «Инновационная наука». 2015 г.
3. Неменко А.В. Оценка технического состояния механических элементов судовых механизмов. Журнал: Механика, энергетика, экология.
4. Неменко А.В., Никитин М.М. Экстраполяция кривой выносливости за пределы диапазона измерений. Журнал: Механика, энергетика, экология.
5. Наприенко А.А. Кавитация. Сибирский федеральный университет.
6. Темнекова А.А. Сужение области расчётных значений главных размерений ледколов из условия оптимального использования гребных винтов: сб. – Вестник АГТУ Сер.: Морская техника и технология. 2016 г.
7. Жинкин В.Б. Теория и устройство корабля. Учебное пособие. 2019 г.
8. Китаев М.В., Новиков В.В., Турмов Г.П. Особенности проектирования гребных винтов ледоколов и судов ледового плавания: сб. – Вестник инженерной школы. 2020 г.

КОНСТРУКЦИОННО ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ИНЖИНИРИНГ ВАЛОПРОВОДА СУДНА

И. А. Самонов¹, А. С. Андреев², А. В. Неменко³

¹ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, 299053,
Российская Федерация, samonovilya2004@gmail.com

²ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, 299053,
Российская Федерация, aas081203@gmail.com

³ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, 299053,
Российская Федерация, valesan@list.ru

Аннотация. В статье произведен анализ функционирования судового валопровода и механизмов поддерживающих его рабочее состояние. Рассмотрены факторы, влияющие на работоспособность валопровода: прочность, связи, напряжения на приводе, комплекс механизмов находящихся на линии валопровода обеспечивающих нормальную работу всего привода. Рассмотрена возможность применения технологии реверс-инжиниринга на отечественных предприятиях с целью создания отечественных образцов.

Ключевые слова: Валопровод, гребной вал, судно, напряжение, привод, инжиниринг.

STRUCTURAL AND FUNCTIONAL ENGINEERING OF THE SHIP'S SHAFT LINE

I. S. Samonov¹, A. S. Andreev², V. A. Nemenko³

¹FSAEI HE «Sevastopol State University», Sevastopol, 299053, Russian Federation, samonovilya2004@gmail.com

²FSAEI HE «Sevastopol State University», Sevastopol, 299053, Russian Federation, aas081203@gmail.com

³FSAEI HE «Sevastopol State University», Sevastopol, 299053, Russian Federation, valesan@list.ru

Abstract. The article analyzes the functioning of the ship's shaft line and the mechanisms that support its working condition. The factors affecting the operability of the shaft line are considered: strength, connections, drive voltages, a set of mechanisms located on the shaft line ensuring the normal operation of the entire drive. The possibility of using reverse engineering technology at domestic enterprises in order to create domestic samples is considered.

Keywords: Shaft line, propelled shaft, vessel, tension, drive, engineering.

Введение.

Инжиниринг – это область человеческой интеллектуальной деятельности и процесс, задачей которого является проектирование, создание, сооружение, использование, поддержка, переработка концепции, модели, процесса, системы или технологии для решения конкретных технических задач.

Основная задача инжиниринга представляет собой комплексное выполнение проекта, начиная с постановки задачи и завершая эксплуатацию готового изделия.

Базовый инжиниринг включает в себя основные технологические расчеты и решения, определяющие состав и параметры оборудования, его компоновку в соответствии с объемами и ассортиментом выпускаемой продукции, что является основой для реализации проектов

так как при этом проводится анализ всех внутренних и внешних факторов, влияющих на объект в целом. В результате базового инжиниринга получают общую схему, исходя из которой проводят конкретную конструкторскую проработку.

Реверс – инжиниринг является разработкой, связанной с воспроизведением устройства, обладающего аналогичными функциями, на основании существующей модели. Возможны варианты полного копирования изделия, если правовая сторона вопроса позволяет производство без нарушения авторских прав, либо копирование изделия с возможностью улучшения качественных характеристик устройства.

Реверс – инжиниринг заключается в изучении принципиальных схем изделия, анализа используемых материалов изделия для производства, а также доступности компонентной базы для реализации готового изделия.

Условно реверс-инжиниринг можно разделить на два вида.

Первым видом является реверс деталей, который заключается в создании чертежа исследуемой детали. Размеры и технические характеристики детали, как правило снимаются с помощью 3D-принтера или вручную.

Второй вид обратного инжиниринга подразумевает реверс целого изделия, что требует понимания его принципа устройства и умения получить такой чертёж, который позволит создать изделие с аналогичными техническими характеристиками.

Метод обратного проектирования, применим для любой сферы промышленности, в том числе в машиностроительной, судостроительной и других областях производства.

При этом большое значение имеет возможность создания запасных деталей, которые соответствуют оригинальному дизайну поврежденных существующих деталей, или использовать процессы обратного инжиниринга для интеграции сложных поверхностей из существующих объектов в 3D-печатные устройства, которые полезны при модификации изделий массового производства и изделий ручной работы.

Процесс обратного проектирования широко используется в импортозамещении.

Основная часть.

Судовой валопровод является энергетическим комплексом, предназначенным для передачи крутящего момента от основного двигателя на движитель.

Состав валопровода, его длина и число валовых линий обусловлены типом, мощностью, расположением энергетической установки и условиями размещения, обслуживания, проведения монтажных и ремонтных работ.

На рис. 1 приведена схема валопровода.

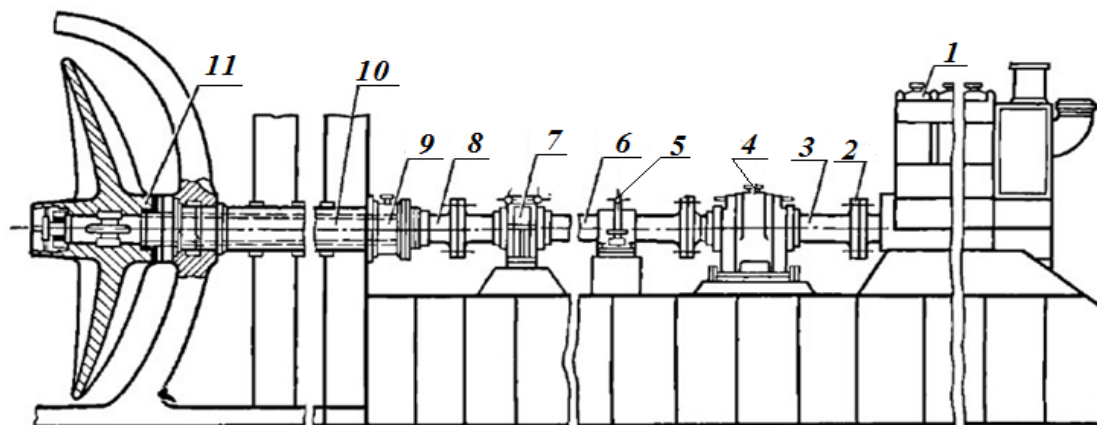


Рис. 1 - Схема валопровода.

1-главный двигатель; 2-коленчатый вал; 3-упорный вал; 4-упорный подшипник; 5-тормоз;
6-промежуточный вал; 7-опорный подшипник; 8-гребной вал; 9-дейдвудный вал;
10-дейдвудная труба; 11-гребной винт.

Линейно расположенная система валов, жестко или эластично соединенных между собой, называется линией валопровода.

Вал главного двигателя соединяют с валопроводом при помощи муфт: эластичных, гидравлических, шинно – пневматических и др.

Концевой вал, соединяющийся с гребным винтом, называют гребным валом. Передачу на корпус осевого усилия (упора) осуществляет упорный вал.

В случае, когда общая длина валопровода велика, применяют дополнительные валы, называемые промежуточными. На судах применяют валопроводы с одним промежуточным валом (кормовое расположение машинного отделения) или без него (малые суда, катера).

Промежуточные валы опираются на один или два опорных подшипника. В случае, когда вал опирается на один подшипник, то для проведения монтажных работ применяют монтажный подшипник.

Упорный вал соединяется с промежуточным валом через фланец одного из валов изготовленного с припуском (обрабатывается по замерам на месте) или через проставочный вал. Такое соединение позволяет компенсировать неточности конструкций, облегчает монтажные и ремонтные работы.

Проставочный вал рассматривают как слабое звено, которое может выйти из строя при ударе гребного винта о лед или в случае перегрузки валопровода.

В многовальных установках быстроходных судов кормовые упорные подшипники промежуточных валов выполняют в виде опорно-упорных. В этом случае вал называется вспомогательно-упорным. При нормальной эксплуатации работают опорные части подшипника, а при аварии упорные (например, в случае поломки одного из главных двигателей). Для возможности движения судна при работе остальных главных двигателей с жесткой передачей и с целью снижения потерь в подшипниках валопровода предусмотрено разобщение валопровода от движителя через быстроразъемное соединение.

Главный упорный подшипник может быть конструктивно встроенным или размещен в отдельном корпусе.

В зависимости от числа автономных движителей суда бывают одно-, двух-, трех- и четырехвальными.

Поскольку длина гребного вала относительно велика, то его целесообразно изготавливать из двух относительно равных двух частей: носовой, которая проходит через дейдвудную трубу и называется дейдвудным валом и кормовой, которую называемую гребным валом.

Применение многовальных установок обусловлено необходимостью передачи большей мощности, для повышения маневренности судна, повышением надежности и др.

Прямая, соединяющая центры выходного фланца и диска гребного винта называется валовой линией валопровода. Ее положение на судне зависит от расположения движителя относительно корпуса судна и местонахождения главного двигателя. Условия размещения движителей, ГД и передач приводят к необходимости располагать линии валопроводов под углом к основной и диаметральной (ДП) плоскостям судна (рис. 2).

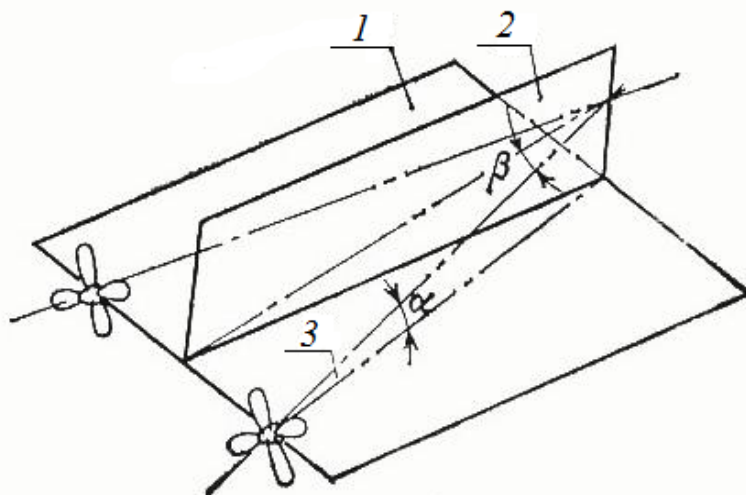


Рис. 2 - Углы уклона и расходимости валовой линии валопроводов симметричной двухвальной СЭУ.
1, 2 — горизонтальная и вертикальная плоскости судна; 3 — осевая линия валопровода

Угол α между валовой линией валопровода и основной (горизонтальной) плоскостью называется углом уклона, а угол между валовой линией валопровода и диаметральной плоскостью (ДП) судна — углом сходимости или расходимости.

Наличие углов α и β приводит к уменьшению полезного упора, развиваемого винтом, и силы тяги.

Величина α не должна превышать значения, приведенного в технических условиях на поставку ГД. При выборе β необходимо иметь в виду, что местонахождение точки

пересечения линий бортовых валопроводов с ДП судна оказывает влияние на маневренные свойства судна. Рекомендуется располагать эту точку в нос от центра вращения судна, а ГУП — как можно ближе в нос судна на линии валопровода.

В случае несимметричного расположения двухвальных судовых энергетических установок (СЭУ) α и β для валопроводов левого и правого борта различны, при этом значения их для СЭУ левого борта принимаются большими. В установках с тремя и четырьмя валопроводами принимают сочетания α и β , обеспечивающие требуемый пульсированный коэффициент.

Направление вращения винтов выбирают из условий их безопасной работы, маневренности и управляемости судна. Направление вращения гребного винта одновальной установки определяется направлением вращения двигателя. Обычно принято правое вращение винта, если смотреть на него с кормы. В двухвальных установках винты фиксированного шага (ВФШ) вращаются на переднем ходу наружу из верхнего положения лопасти, благодаря чему уменьшается вероятность повреждения винта и его заклинивания при движении судна в битом льду. Для одно- и двухвальных судов с винтами регулируемого шага (ВРШ), направление вращения которых на переднем и заднем ходу остается неизменным, лучшие маневренные свойства достигаются вращением внутрь из верхнего положения лопасти.

В трех- и четырехвальных установках бортовые винты вращаются наружу. Направление вращения среднего винта трехвальной установки определяется вращением ГД, а средних винтов четырехвальной установки — по результатам их сравнительных модельных испытаний.

На ледоколах и паромах иногда устанавливают носовые винты (рис. 3).

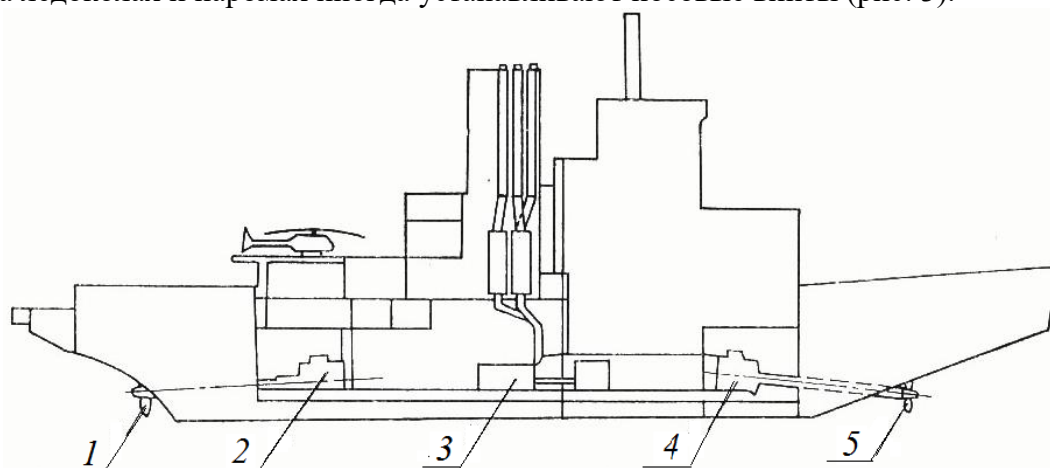


Рис. 3 - Схема ледокола с кормовым и носовым валопроводами.
1 — кормовой винт; 2 — кормовой ГЭД (гребной электродвигатель);
3 — главный ДГ (дизель-генератор); 4 — носовой ГЭД; 5 — носовой винт

Опыт эксплуатации ледоколов показал, что при устройстве носовых винтов снижается сопротивление льда движению ледокола и значительно повышается его скорость. Иногда на ледоколах ставят два носовых винта.

Конструкции основных элементов валопровода.

Промежуточные, упорные и гребные валы изготавливают из углеродистых и легированных сталей.

Валы выполняют коваными, если они передают значительные вращающие моменты, их изготавливают с внутренним сверлением (для облегчения вала, устранения возможных дефектов металла, лучших условий термообработки). Внутренние поверхности валов покрывают двумя слоями сурика и ставят заглушки (кроме валов винтов регулируемого шага). Валы диаметром до 150 - 500 мм часто изготавливают из проката.

Длина промежуточных валов в зависимости от диаметра 6 – 12 м. В местах установки подшипников и переборочных уплотнений делают шейки. Для удобства монтажа главного упорного подшипника упорный вал выполняет по возможности коротким.

Гребные дейдвудные валы должны быть надежно защищены от контакта с морской водой. Для этой цели применяют облицовку, либо по всей длине валов (в сплошную), либо только в районе шеек подшипников кронштейна и дейдвудной (не сплошную), защищая остальные участки валов стеклопластиковыми покрытиями на базе эпоксидных смол.

Облицовки обычно изготавливают из бронзы марок БрО10Ц2 (для валов диаметров 300мм), БрО8Н4Ц2 (для гребных валов диаметром 500мм на бакаутowych и резиноэбонитовых подшипниках), БрО5Ц5С5 (для гребных валов диаметром до 350 мм на капролоновых, резинометаллических и древесно-текстолитовых подшипниках). Облицовку гребных валов диаметром 120 – 150 мм выполняют из латуни марок ЛЦ40Мц3Ж, ЛЖМц59-1-1, бронзы марок БрА9Мц2Л и БрА9Ж3Л.

На судах с валами диаметром до 500 мм проходят проверку биметаллические облицовки с наплавкой на стальные рубашки нержавеющей стали (толщина слоя 5 – 6 мм).

Выбор типа соединения валов определяется принятыми схемами валопровода и проведения монтажных работ, условиями его работы. Тип соединения оказывает влияние на конструкцию валов, стоимость и трудоемкость изготовления валопровода.

Продольно-свернутые муфты используют для соединения гребных валов диаметром менее 300мм с цилиндрическими хвостовиками. Нагрузка в соединении передается трением и с помощью шпонок.

Широкое распространение получило фланцевое соединение валов. Выбор этого соединения определяется диаметром вала. При изготовлении фланцев совместно с валом увеличивается материалоемкость заготовки и, чтобы снизить ее, применяют съемные фланцевые полумуфты. Их изготавливают из тех же марок сталей, что и валы.

В валопроводах большой протяженности целесообразно применять подшипники качения вместо подшипников скольжения для снижения потерь мощности, передаваемой на винт. Использование подшипников качения определяет тип соединения валов – бесфланцевое втулочное или с помощью съемных фланцевых полумуфт. Это простое соединение состоит из наружной втулки с внутренней конической расточкой и промежуточной тонкостенной гильзы с наружной расточкой. Гильзу и втулку свободно надевают на соединяемые цилиндрические концы валов.

Штифтовое крепление можно применять для соединения гребного вала с дейдвудным. С этой целью в его состав дополнительно включают обтекатели и торцевые уплотнители.

Тормозное устройство представляет собой простую бугельную конструкцию, надежную и удобную в эксплуатации, работающую по принципу сухого механического трения. Тормоз размещен на фланцевом соединении гребного (или дейдвудного) вала с промежуточным. Для обеспечения большего тормозного момента фланцы, используемые в качестве тормозного диска, имеют увеличенный диаметр по сравнению с фланцами других соединений того же валопровода.

Защита от электрохимической коррозии стальных поверхностей корпуса и пера руля в районе расположения гребного вала, а так же гребного винта, металлической защитной обшивки гребного вала и поверхностей дейдвудной трубы достигается установкой протекторов. В зависимости от места расположения цинковые и алюминий-магниевого протекторы выполняют в виде двух полуколец или отдельных элементов. Первые закрепляют на защитном кожухе дейдвудной трубы, вторые – так же или на гайках трубы. Протекторы обоих типов можно устанавливать в районе яблока ахтерштевня.

К системе электрохимической защиты валопровод подключается с помощью токосъемного устройства, предназначенного для замыкания вращающихся элементов валопровода на корпус судна и размещаемого на кормовом промежуточном валу.

Вышеприведенное исследование эксплуатационно-конструктивных характеристик показало, что валопровод судна является сложной многопараметрической системой и

требует комплексное инженеринговое решение задачи по его созданию, включающее как базовые, так и реверс – приёмы, с использованием информации из различных областей знаний.

При этом любая логистика исследования и создания объекта подразумевает реализацию в графическо – цифровом режиме по требуемым функционалам с минимизацией технологических приёмов изготовления.

Рассмотрим пример создания промежуточного вала.

Первым этапом реверс - инженеринга является разборка готового изделия на детали и снятия всех необходимых размеров для получения эскиза детали. Работа начинается с составления технического задания и плана работ. Далее выбираются оптимальные методы измерения и построения моделей с учетом требований ТЗ, конструкции изделия и предполагаемой технологии изготовления конструкторской документации.

Второй этап представляет собой выбор материала для изготовления детали. Для валопровода судна применяют углеродистые и легированные стали, а также цветные металлы.

В третьем этапе производится сканирование и получение CAD-модели. Следующий шаг – измерение, уточнение структуры и номинальных размеров отдельных деталей объекта и их взаимного расположения. Достаточно одного физического образца для осуществления всех измерительных операций. Для построения сложных поверхностей применяется сканирование.

Модель, полученная в результате сканирования, требует тщательной проработки для воссоздания функционального прототипа. На основе всех полученных данных с использованием системы автоматизированного проектирования (САПР, CAD-система) создается параметризованная 3D-модель.

На заключающем четвертом этапе происходит создание чертежей.

На рис. 4 представлена 3D-модель промежуточного вала судового валопровода.

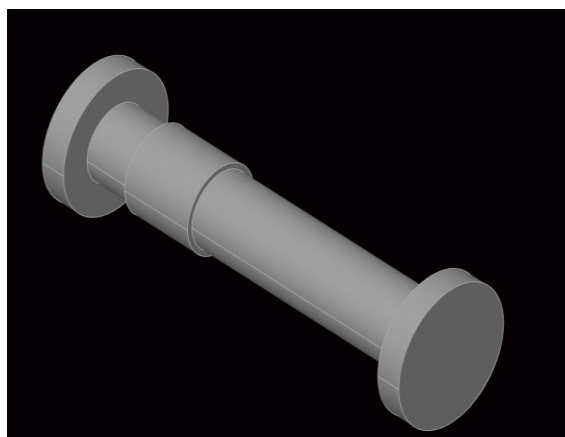


Рис. 4 - 3D модель промежуточного вала

По изложенной выше методике создаётся вся техническая документация на исследуемые объекты.

Выводы

В настоящей работе рассмотрен процесс конструктивно – функционального инженеринга для судового валопровода на основе его технических характеристик. При этом анализировался состав, конструкция и принцип работы объекта и его составляющих. Производство компонентов судового валопровода возможно на отечественных предприятиях, с минимизацией в отставании качества, технологии и затрат на производство узлов от импортных аналогов, для чего создается передаточная функция, а функция дается для обратного инженеринга, что позволяет разработать конструкционную логику общего инженеринга.

Список литературы

1. Халявкин А.А., Старкова М.В., Бондаренко В.В., Гордон В.А., Мамонтов В.А. Влияние капролоновых дейдвудных подшипников на рабочее состояние гребного вала: Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. № 3. С. 7-15. 2022 г.
2. Халявкин А.А. Особенности применения бакаута для изготовления дейдвудных подшипников судов.: В сборнике: Интеллектуальный потенциал общества как драйвер инновационного развития науки. Сборник статей Международной научно-практической конференции в 2 частях. Уфа, С. 65-67. 2023 г.
3. Халявкин А.А. Способ повышения надежности дейдвудных подшипников валопроводов судов: Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. № 1. С. 42-49. 2022 г.
4. Матвеев Ю.И., Хлыбов А.А., Глебов В.В. исследование и разработка методики технической диагностики гребных валов: Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. 2021 г. № 4. С. 52-61.

СЕКЦИЯ № 3 СОВРЕМЕННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТА И ТРАНСПОРТНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

УДК 631.1

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СЛЕСАРНО - МЕХАНИЧЕСКОГО УЧАСТКА АТП С РАЗРАБОТКОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА РЕМОНТА КОРОБКИ ПЕРЕМЕМЫ ПЕРЕДАЧ

М. А. Тараховский, Д. С. Кричевец

¹ГБОУПО «Севастопольский колледж информационных технологий и промышленности»,
г. Севастополь, 299053, Россия, atarahovsky@yandex.ru

Аннотация. Во время движения автомобиля происходит изнашивание его частей. В коробке перемены передач изнашиваются шестерни, валы, вилки, подшипники качения и другие детали. Ремонт коробки перемены передач предусматривает ее частичную или полную разборку на детали и сборочные единицы. Неисправности, связанные с повреждением корпусных деталей коробок передач, требуют ее разборки. При разборке коробки передач необходимо использовать приспособления, съемные устройства и стелды. Для сокращения трудоемкости работ, связанных с разборкой и сборкой коробки перемены передач рассмотрены существующие конструкции стелдов и на основе их анализа предложена конструкция стелда для разборки с и сборки коробки перемены передач.

Ключевые слова: Автотранспортное предприятие, автоматическая коробка перемены передач, коробка перемены передач, механическая коробка перемены передач, техническое обслуживание.

DESIGN OF THE MECHANIC SECTION OF THE ATP WITH THE DEVELOPMENT OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF REPAIRING THE GEARBOX

M. A. Tarakhovskiy, D. S. Krichevets

¹IGBOUPO "Sevastopol College of Information Technologies and Industry",
Sevastopol, 299053, Russia, atarahovsky@yandex.ru

Abstract. During the movement of the car, its parts wear out. Gears, shafts, forks, rolling bearings and other parts wear out in the gearbox. The repair of the gearbox provides for its partial or complete disassembly into parts and assembly units. Malfunctions associated with damage to the body parts of gearboxes require its disassembly. When disassembling the gearbox, it is necessary to use fixtures, removable devices and stands. To reduce the complexity of work related to disassembly and assembly of gearboxes, existing stand designs are considered and, based on their analysis, a stand design for disassembly and assembly of gearboxes is proposed.

Keywords: Motor transport company, automatic gearbox, gearbox, manual gearbox, maintenance.

Постановка проблемы. Автомобильный транспорт является неотъемлемой частью нашей жизни, и развивается постоянно, совершенствуются двигатели внутреннего сгорания, коробки перемены передач, шасси, электроника и электротяговые устройства. Усовершенствуются, усложняются, не только по всему миру, но и на территории России. Автомобили имеют широкий спектр применения в различных климатических зонах и в связи с этим подвергаются нагрузкам. В связи с этим техническое состояние автомобиля при эксплуатации, как и другой машины не остаётся неизменным. Оно ухудшается в следствии изнашивания деталей и механизмов, что приводит к понижению эксплуатационных свойств автомобиля. Основой для уменьшения от изнашивания деталей и предотвращения неисправностей автомобиля, т.е. поддержание его в должном техническом состоянии, является своевременное и высококачественное выполнение технического обслуживания и ремонта, как капитального, так и текущего.

Изложение основного материала. Один из важных участков, который является составляющим звеном на любом АТП является слесарно-механический участок. Он предназначается для ремонта деталей слесарно-механической обработки, а также изготовления некоторых деталей не товарной номенклатуры (дополнительных ремонтных, простых осей, валов). А базовые детали (блоки цилиндров, балки передних мостов, картера) на этом участке, как правило не ремонтируются. Слесарно-механическая обработка включает в себя механическую обработку деталей после наплавки или сварки, растачивание тормозных барабанов, изготовление и растачивание втулок для восстановления гнёзд подшипников, протачивание рабочей поверхности нажимных дисков сцепления, фрезерования повреждённых плоскостей, срезание резьбовых соединений приспособлениями с высокооборотными абразивными кругами, изготовлением крепёжных деталей и т.д. Зачастую большинство отказов авто приходит на долю механических износов и разрушений. В условиях АТП такие детали восстанавливают сваркой или слесарно-механической обработкой. В первом случае повреждённые детали заваривают газовой или электродуговой сваркой, а затем подвергают слесарной обработке (заварка трещин в ГБЦ, трещин различных кронштейнов). Во втором случае используют метод ремонтных размеров. Изношенную шейку вала обрабатывают под размер, меньше номинального и соответствующий ремонтному размеру сопряжённой детали. Таким способом восстанавливают опорные шейки валов, тарелки клапанов газораспределения, различные валики и другие детали. Часто используют способ установки дополнительной ремонтной детали. При её износе ведущего вала КПП её механическая обработка под меньший размер по номиналу, а после напрессовывают ремонтную втулку, изготовленную на токарном станке из того же металла что и вал. Расточкой называется процедура шлифовки с использованием специального оборудования. По завершении процедуры большую часть дефектов на обрабатываемой поверхности удаётся ликвидировать. При расточке удаляется с поверхности небольшой слой металла, что позволяет добиться гладкой и ровной поверхности, сравнимой лишь с новым изделием. В зависимости от уровня износа детали, толщина снимаемого слоя может изменяться для каждого диска или барабана. К тому же есть специальные допуски и нормы, касаемо выполнения проточки.

Как и любая деталь КПП нуждается в техническом обслуживании, и ремонте, так как при поломке может быть затруднено переключение передач, или отсутствовать вовсе, поэтому необходимо понимать и знать, как провести ремонт и обслуживание КПП, как пример возьмём МКПП как самый распространённый вид КПП у автомобилей, передвигающихся по российским дорогам.

Слесарно-механический участок предназначается для восстановления деталей механической и слесарной обработкой, изготовления отдельных деталей нетоварной номенклатуры, которые не поставляются с заводов автомобильной промышленности, а также для удовлетворения внутризаводских нужд. Следует учитывать, что слесарно-механическая обработка восстанавливаемых на предприятии базовых и основных деталей агрегатов выполняется на участках ремонта агрегатов.

Детали на участок подаются партиями с учетом технологических маршрутов со склада деталей, ожидающих ремонта, и других производственных участков (сварочно-наплавочного, термического, кузнечно-рессорного и др.). После слесарно-механической обработки детали поступают на участок комплектования или участки восстановления деталей (гальванический, сварочно-наплавочный, термический и др.). Часть деталей после подготовительной слесарно-механической обработки и восстановления на других участках (гальваническом, сварочно-наплавочном и др.) возвращается на слесарно-механический участок для окончательной (финишной) обработки.

На специализированных предприятиях, как правило, работы по восстановлению деталей выполняются на соответствующих линиях слесарно-механического участка. При этом на линиях восстановления деталей целесообразно предусматривать выполнение не только станочных и слесарных работ, но и работ, связанных с восстановлением изношенных

поверхностей при помощи наплавки, напыления или других способов. Однако следует учитывать, что выполнение указанных восстановительных работ в общих помещениях допускается лишь в тех случаях, когда это не противоречит требованиям санитарных норм.

Слесарно-механический участок предназначен для восстановления деталей механической обработкой методами ремонтных размеров и дополнительных ремонтных деталей, подготовки поверхностей деталей к восстановлению деталей гальвано - покрытиями и полимерными материалами и последующей их обработки, изготовления новых деталей отдельных наименований. Детали, подлежащие механической обработке, поступают на участок партиями со склада деталей, ожидающих ремонта (ДОР), или с других участков в соответствии с технологическими маршрутами. После слесарно-механической обработки детали направляются далее по маршрутам восстановления на другие участки: сварочный, гальванический, термический. Участок оснащен станочным оборудованием для механической обработки деталей: токарными, фрезерными, строгально-долбежными, шлифовальными и другими станками. На участке предусмотрены также сверлильные, заточные, отрезные станки, прессы, правочные плиты и подъемно-транспортное оборудование.

В состав вспомогательного производства входят участки и службы инструментального хозяйства, отделов главного механика и главного энергетика. На авторемонтных предприятиях отдел главного энергетика с его службами в самостоятельное структурное подразделение обычно не выделяется, а эксплуатация и ремонт всего энергетического оборудования осуществляется участками и службами отдела главного механика.

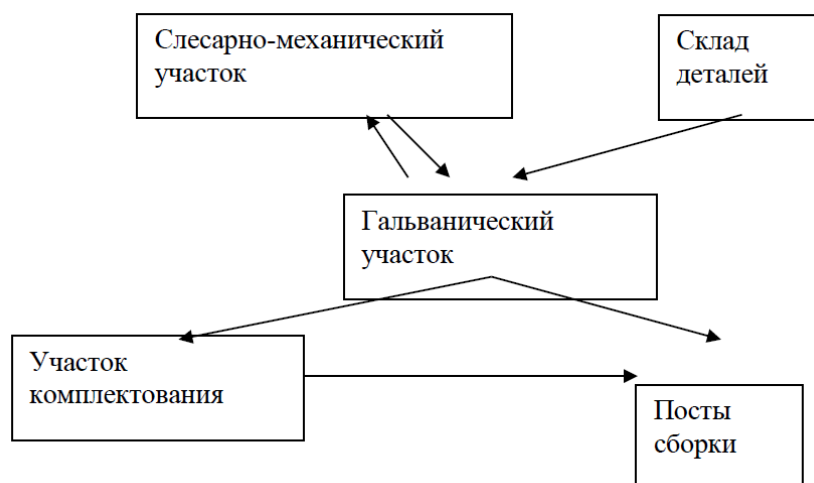


Рис. 1 - Схема технологического процесса

Встречаются абсолютно разные признаки неисправности АКПП, которые могут дать автовладельцам необходимую информацию о характере поломки. Так, например, при проблемах с гидроблоком появляются существенные толчки при переключении передач. Причём подобные толчки имеют прогрессивный характер и на начальных этапах поломки едва различимы, а по мере прогрессирования проблемы такие толчки становятся все более заметными. При наличии подобных проблем с автоматической трансмиссией автовладельцу необходимо как можно раньше обратиться в соответствующий сервисный центр, специалисты которого и произведут все необходимые ремонтные работы.

Неисправности АКПП также могут выражаться в полной невозможности переключения режимов работы коробки или же блокировки работы на определенной передаче. В данном случае автовладельцу требуется производить транспортировку сломавшегося автомобиля при помощи эвакуатора. Самостоятельно передвигаться на автомобиле со сломанной коробкой передач не рекомендуется, так как это может привести к серьезным повреждениям привода и самой автоматической трансмиссии.

В отдельных случаях неисправность можно диагностировать при помощи встроенных автоматических датчиков в АКПП. Подобные датчики сигнализируют о недостаточном

уровне давления масла в системе, его перегреве или проблемах с переключением ступеней. В тоже время необходимо сказать, что большинство таких сообщений о проблемах с коробкой передач не носит конкретного характера, и поставить точный диагноз поломки в данном случае не представляется возможным даже при использовании профессионального компьютерного оборудования. Мастеру необходимо будет произвести осмотр трансмиссии, демонтировать её и только после вскрытия он сможет определить имеющуюся поломку.

В автоматических коробках старого типа, которые имели механическую связь селектора непосредственно с трансмиссией, зачастую из строя выходит кулиса рычага АКПП, что приводит к невозможности изменения режимов работы трансмиссии. Ремонт в данном случае заключается в замене сломавшегося селектора и кулисы коробки передач. Проявляются подобные поломки затруднением передвижения селектора автоматической трансмиссии. В конечном счете, рычаг перестает двигаться и требуется производить ремонт АКПП. У отдельных модификаций автоматических трансмиссий провести данную работу возможно без демонтажа самой коробки передач с автомобиля, что несколько упрощает ремонтные работы.

Распространённой неисправностью автоматической коробки передач является наличие подтёков масла из-под уплотнительных прокладок. Именно поэтому автовладельцу рекомендуется осуществлять регулярный осмотр состояния коробки передач на подъёмнике или гаражной яме. При наличии каких-либо масляных подтёков на самой коробке передач необходимо обратиться к опытным специалистам. В данном случае устранение подобных проблем не представляет особой сложности и заключается в замене уплотнительных прокладок и смене трансмиссионного масла.

В отдельных случаях могут отмечаться проблемы с блоком управления коробки передач. Блок управления может неправильно выбирать обороты для переключения передач или же самостоятельно блокировать работу трансмиссии. Устранение поломок, связанных с работой блока управления и электрической части трансмиссии заключается в замене вышедших из строя блоков и управляющих шлейфов.

Выводы. Сложность ремонта автоматических коробок передач обусловлена тем фактом, что определить поломку можно исключительно вскрыв трансмиссию. Для этого её необходимо снять с автомобиля, что и позволит определить характер поломки. Самостоятельно выполнить качественный ремонт автоматической коробки передач не представляется возможным большинству рядовых автомобилистов, поэтому необходимо обращаться в специализированные сервисные центры. Ремонтные работы заключаются в замене повреждённых элементов, что и позволяет восстановить работоспособность всей автоматической коробки передач. Необходимо отметить, что в силу конструктивной сложности проведение ремонта АКПП отличается трудоемкостью и высокой стоимостью

Список литературы

1. Управление жизненным циклом продукции / В. Б. Богупкий, С. Н. Писарюк, Н. А. Русина [и др.]. – Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, 2021. – 133 с.
2. Покровский Б. С. Основы слесарных и сборочных работ : учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / Б. С. Покровский. — 9-е изд., стер. — М. :Издательский центр «Академия», 2019. — 208 с. ISBN 978-5-4468-3899-8
3. Слесарное дело: Практическое пособие для слесаря / Сост. Е. М. Костенко. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2019. – 144 с. – (Книжная полка специалиста). ISBN 5-93196-659-5
4. Гехтман Э. И. Малая механизация ручных работ (Краткий справочник) – Р.: Авортс, 2023 – 206 с.
5. Автоматические коробки передач легковых автомобилей : учеб. пособие / Р.А. Кремчеев [и др.]; под ред. Н.С. Соломатина. – Тольятти : Издательство ТГУ, 2020. – 110 с. : обл.
6. Юлдашев, Э. Д. Ремонт коробок перемены передач / Э. Д. Юлдашев, А. М. Чудинов // Молодежь и наука. – 2018. – № 6. – С. 83.
7. Костомахин, М. Н. Система дистанционного контроля технического состояния на примере коробки перемены передач трактора "Кировец" / М. Н. Костомахин, Н. А. Петрищев, А. С. Саяпин // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2021. – Т. 15, № 3. – С. 22-27. – DOI 10.22314/2073-7599-2021-15-3-22-27.
8. Королев, Н. О. Коробка перемены передач / Н. О. Королев, Д. А. Морозов, Ю. Е. Малиенко // . – 2021. – № 11. – С. 1. – DOI 10.51618/2541-9277_2021_11_1.

СЕКЦИЯ № 4 ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ, ПРОМЫШЛЕННАЯ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

УДК 006.015.5:551.463

К ВОПРОСУ ОБ ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА МОРСКОЙ ВОДЫ ГОРОДСКИХ ПЛЯЖЕЙ СЕВАСТОПОЛЯ

Е. А. Герасимова¹, М. Н. Белая²

¹ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, 299053,
Российская Федерация, GerasimovaLizok@mail.ru

²ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, 299053,
Российская Федерация, belaya_079@mail.ru

Аннотация. На сегодняшний день туризм является одной из бюджет образующих отраслей города Севастополя. В современной экономической ситуации туристические услуги играют важную роль в развитии города Севастополя. Важную роль в привлечении туристов можно отнести морским пляжам. Стоит отметить, что на повторное привлечение потребителей можно рассчитывать только при условии их удовлетворения. В связи с этим приобретает актуальность вопрос оценки качества услуг морских пляжей. С целью привлечения туристов необходимо создавать, поддерживать, оценивать и контролировать качество услуг пляжей. В данных условиях целесообразно проводить оценку качества услуг пляжей с целью выявления отклонений от установленных требований и своевременного принятия управленческих решений для повышения качества услуг, предоставляемых морскими пляжами города Севастополя. В статье авторами рассматривается необходимость оценки качества морской воды городских пляжей Севастополя, как одной из составляющей комплексной оценки качества услуг морских пляжей. Акцент в статье делается на основные показатели качества и безопасности. Авторами проведен анализ научных публикаций по оценке качества морской воды в городских пляжах города Севастополь.

Ключевые слова: безопасность, качество, морская вода, оценка качества, пляж, показатель качества

ON THE ISSUE OF ASSESSING THE QUALITY OF SEAWATER ON THE CITY BEACHES OF SEVASTOPOL

E. A. Gerasimova¹, M.N. Belaya²

¹FSAEI HE «Sevastopol State University», Sevastopol, 299053, Russian Federation,
GerasimovaLizok@mail.ru

²FSAEI HE «Sevastopol State University», Sevastopol, 299053, Russian Federation, belaya_079@mail.ru

Abstract. Today, tourism is one of the budget-forming industries of the city of Sevastopol. In the current economic situation, tourist services play an important role in the development of the city of Sevastopol. An important role in attracting tourists can be attributed to the sea beaches. It is worth noting that you can count on re-attracting consumers only if they are satisfied. In this regard, the issue of assessing the quality of services of sea beaches becomes relevant. In order to attract tourists, it is necessary to create, maintain, evaluate and control the quality of beach services. In these conditions, it is advisable to assess the quality of beach services in order to identify deviations from the established requirements and timely management decisions to improve the quality of services provided by the sea beaches of the city of Sevastopol. In the article, the authors consider the need to assess the quality of seawater of the city beaches of Sevastopol, as one of the components of a comprehensive assessment of the quality of services of sea beaches. The emphasis in the article is on the main indicators of quality and safety. The authors conducted an analysis of scientific publications on the assessment of the quality of sea water in the city beaches of the city of Sevastopol.

Keywords: safety, quality, sea water, quality assessment, beach, quality indicator

Постановка проблемы. Каждая продукция (или процесс, или услуга) обладают значительным количеством признаков, параметров, показателей, определяющих в целом ее качество. Из большого количества признаков для характеристики качества выбирают ограниченное количество, достаточное для описания полноты соответствия безопасности и (или) удовлетворения потребностей потребителей (заказчиков, поставщиков).

Для организации управления качеством морской воды на городских пляжах Севастополя ее качественные признаки (или параметры, или показатели) должны быть классифицированы в соответствии с местом процесса предоставления услуг пляжей.

В работах авторов [1-5] показана актуальность и необходимость оценки качества услуг пляжей города Севастополя: представлены результаты анализа нормативной правовой базы, регламентирующей показатели качества, описана ситуации оценивания качества для услуг морских пляжей, определены свойства показателей качества услуг пляжей, предложена методика квалитетрической оценки качества услуг морских пляжей Севастополя и предложен подход к нормированию обобщенного показателя и уровня качества услуг морских пляжей [1-5].

В данных работах не рассматриваются показатели качества и методика оценки качества морской воды. Целесообразно провести анализ нормативно-законодательной документации, регламентирующей требования и процедуру оценки качества морской воды, а также анализ публикаций, по оценке качества морской воды городских пляжей Севастополя.

Изложение основного материала. Какие документы регламентируют обязательную оценку качества морской воды городских пляжей? В первую очередь к данным документам относятся санитарно-эпидемиологические правила и нормативы.

В соответствии с СанПиН 2.1.3684-21 хозяйствующие субъекты, осуществляющие водопользование в купальный сезон должны осуществлять контроль качества морской воды не менее двух точек в местах массового купания один раз в десять суток. Контроль качества воды должен проводится испытательными лабораториями аккредитованные в национальной системе аккредитации Росаккредитация.

В СанПиН 2.1.5.2582-10 устанавливаются санитарно-химические, физико-химические, радиологические, санитарно-микробиологические и паразитологические показатели, а также установлены нормативы по каждому показателю качества и безопасности морской воды. Показатели, характеризующие требования санитарно-химических, физико-химических и радиологических свойств представлены на рис. 1.

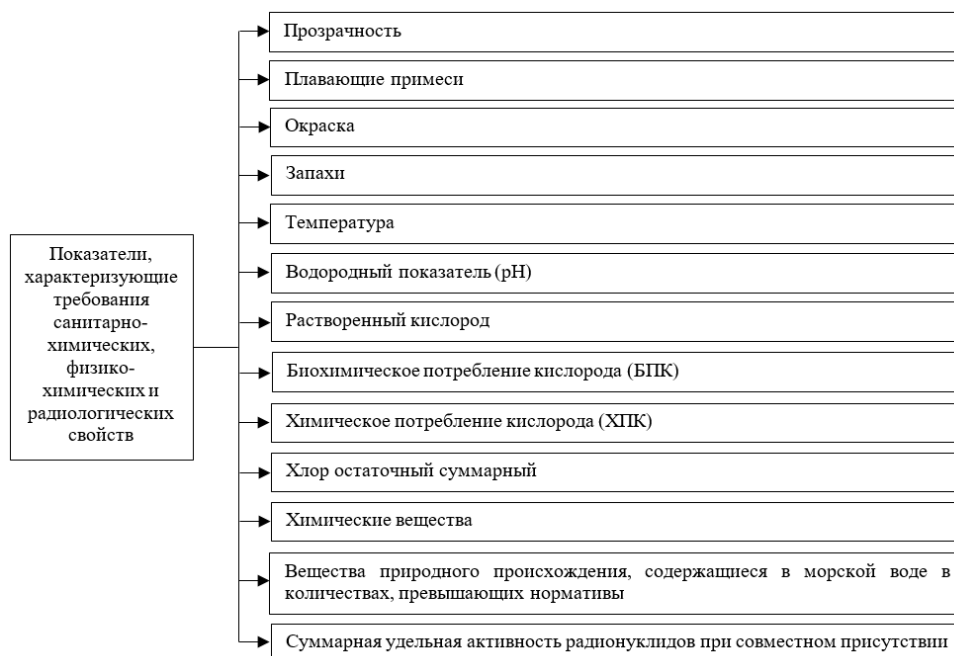


Рис. 1 - Показатели, характеризующие требования санитарно-химических, физико-химических и радиологических свойств

Показатели, характеризующие требования к санитарно-микробиологическим и паразитологическим свойствам представлены на рис. 2.

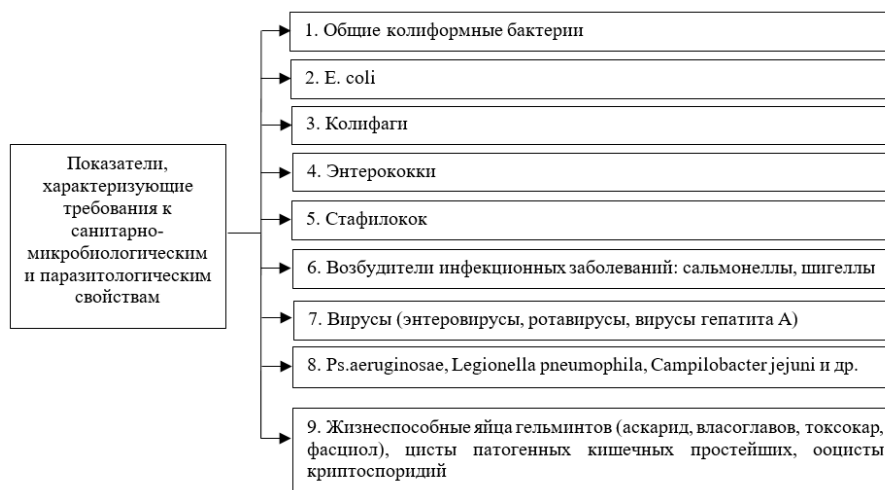


Рис. 2 - Показатели, характеризующие требования к санитарно-микробиологическим и паразитологическим свойствам

Показатели под номерами 1 – 5 обязательные для лабораторного, в т.ч. производственного контроля морской воды.

Показатели под номерами 6 – 8 являются дополнительными. Значения данных показателей определяются в случае превышения допустимых уровней загрязнения по обязательным микробиологическим показателям (не менее чем в 2 последовательно отобранных пробах), а также с учетом эпидемической ситуации.

Значения показателей под номером 9 определяются в периоды начала купального сезона, максимальной антропогенной нагрузки, а также с учетом эпидемической ситуации.

Для реализации и выполнения требований национального стандарта ГОСТ Р 55698-2013 качество воды акватории должно соответствовать требованиям СанПиН 2.1.3684-21.

Выводы. Для проведения исследований по определению значений показателей качества и безопасности морской воды (рис. 1 и рис. 2) необходимо определить средства измерений и методики измерений. Мониторинг показателей качества позволит получить независимую оценку качества состояния морской воды городских пляжей Севастополя.

Список литературы

1. Белая М.Н., Кравцова С.Е., Коршунова М. Пляжи Севастополя: анализ нормативной правовой базы, регламентирующей показатели качества // Компетентность / Competency (Russia). – 2019. – № 5. – С. 51-54.
2. Коршунова М., Белая М.Н. Определение ситуации оценивания качества для услуг морских пляжей / М. Коршунова, М.Н. Белая // Качество продукции: контроль, управление, повышение, планирование: сборник научных трудов 6-й Международной молодежной научно-практической конференции (13 ноября 2019 года)/ редкол.: Павлов Е.В. (отв. ред.); Юго-Зап. гос. ун-т., Курск: Юго-Зап. гос. ун-т., 2019. – С. 163-166.
3. Коршунова М., Белая М.Н. Определение свойств показателей качества услуг пляжей / М. Коршунова, М.Н. Белая // Современные технологии: проблемы и перспективы: сборник статей всероссийской научно-практической конференции для аспирантов, студентов и молодых учёных (19 - 22 мая 2020 г.) / Главный ред. к. т. н., PhD, доц. О.В. Мухина. – Севастополь: ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», 2020. – С. 176 – 181.
4. Белая М.Н., Коршунова М. Методика квалитетической оценки качества услуг морских пляжей Севастополя // Компетентность / Competency (Russia). – 2021. – № 2. – С. 39-48.
5. Белая М.Н. Нормирование обобщенного показателя и уровня качества услуг морских пляжей / М. Н. Белая // Компетентность / Competency (Russia): научно-практический журнал. – М.: Академия стандартизации, метрологии и сертификации, 2021. - № 5. – С. 32 – 36.

ВОЗМОЖНОСТЬ ОРГАНИЗАЦИИ РАЗДЕЛЬНОГО СБОРА ТВЁРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ В ТЕРНОВСКОМ МУНИЦИПАЛЬНОМ ОКРУГЕ ГОРОДА СЕВАСТОПОЛЯ

Л.А. Филимонова¹, Л.И. Осадчая², М.Е. Данилова³

¹ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, 299053, Российская Федерация, lilya.filimonova.2001@mail.ru

² ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, 299053, Российская Федерация, lila1809@mail.ru

³ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, 299053, Российская Федерация, marydanilova02@list.ru

Аннотация. Для решения проблемы переполнения единственного официально действующего полигона в г. Севастополь, а также функционирования неофициальных свалок, необходима разработка и принятие комплекса мер по сбору, хранению и транспортировке отдельно собранных твердых коммунальных (ТКО) отходов на переработку. Согласно проведенного социального опроса, население Терновского муниципального округа г. Севастополя готово к раздельному сбору отходов (РСО), до 75 % респондентов отмечают важность внедрения РСО. При этом одним из факторов, препятствующим внедрению и функционированию РСО, отмечается отсутствие системного подхода и инфраструктуры сбора и переработки вторичного сырья. Натурное обследование местности показало, что в с. Терновка имеется 13 необорудованных контейнерных площадок (нет бетонного покрытия, ограждения, бордюра с зелеными насаждениями по периметру), на каждой из которых находится от 2 до 4 баков. Вывоз мусора осуществляется ежедневно. Пришли к выводу, что внедрение РСО целесообразно проводить в ряд этапов, организация инфраструктуры РСО, покупка дополнительных контейнеров и их обслуживание должны обеспечиваться совместно региональным оператором и компанией заготовителем вторично сырья.

Ключевые слова: ТКО, твёрдые коммунальные отходы, раздельный сбор мусора, сортировка, вторичное сырьё, переработка, утилизация, контейнер для отходов.

THE POSSIBILITY OF ORGANIZING SEPARATE COLLECTION OF MUNICIPAL SOLID WASTE IN THE TERNOVSKY MUNICIPAL DISTRICT OF THE CITY OF SEVASTOPOL

L.I. Osadchaya¹, L.A. Filimonova², M.E. Danilova³

¹ FSAEI HE «Sevastopol State University», Sevastopol, 299053, Russian Federation, lila1809@mail.ru

² FSAEI HE «Sevastopol State University», Sevastopol, 299053, Russian Federation, lilya.filimonova.2001@mail.ru

³ FSAEI HE «Sevastopol State University», Sevastopol, 299053, Russian Federation, marydanilova02@list.ru

Annotation. To solve the problem of overfilling the only officially operating landfill in the city of Sevastopol, as well as the functioning of unofficial landfills, it is necessary to develop and adopt a set of measures for the collection, storage and transportation of separately collected municipal solid waste (MSW) for processing. According to a social survey conducted, the population of the Ternovsky municipal district of Sevastopol is ready for separate waste collection (RSW), up to 75% of respondents note the importance of introducing WSS. At the same time, one of the factors hindering the introduction and functioning of the RSO is the lack of a systematic approach and infrastructure for the collection and processing of secondary raw materials. Field survey of the area showed that in the village. There are 13 non-equipped container sites in Ternivka (there is no concrete pavement, fencing, border with green spaces around the perimeter), each of which has from 2 to 4 tanks. Garbage removal is carried out daily. We came to the conclusion that it is advisable to implement the RSO in a number of stages, the organization of the infrastructure of the RSO, the purchase of additional containers and their maintenance should be provided jointly by the regional operator and the company procuring secondary raw materials.

Key words: MSW, municipal solid waste, separate waste collection, sorting, secondary raw materials, recycling, recycling, waste container.

Для решения проблемы переполнения единственного официально действующего полигона в г. Севастополь, а также функционирования неофициальных свалок, необходима разработка и принятие комплекса мер по сбору, хранению и транспортировке отдельно собранных твердых коммунальных отходов (ТКО), а также их переработке. Наряду с этим

необходима подготовка и продвижение на региональном и муниципальном уровнях нормативно-правовых актов, стимулирующих снижение объёмов образования ТКО, поступающих непосредственно на полигон и свалки без предварительного выделения полезных фракций [1].

Согласно проведенного социального опроса, население Терновского муниципального округа г. Севастополя готово к раздельному сбору отходов (РСО), до 75 % респондентов отмечают важность внедрения РСО. При этом одним из факторов, препятствующим внедрению и функционированию РСО, отмечается отсутствие системного подхода и инфраструктуры сбора и переработки вторичного сырья. Все чаще нежелание раздельно собирать отходы объясняется тем, что население не видит «жизненного» цикла собранного сырья [5].

Следует отметить проблемы сортировки отходов, в частности, в сельской местности:

1. Дефицит финансовых ресурсов для закупки уличных контейнеров, обеспечивающих сбор отходов по фракциям. Источники этой статьи расходов – платежи населения по заниженным тарифам и недостаточные средства субсидий из бюджета.

2. Отсутствие мотивации жителей к сортировке отходов.

3. Трудность переработки. При складировании отходов в один бак требуется ручная сортировка мусора, что делает систему РСО финансово не привлекательной для переработчиков, поскольку требует дополнительных затрат на досортировку.

4. Дорогостоящее оборудование для сортировки и переработки.

Минимизировать недостатки переработки мусора во вторичное сырьё может осознанный выбор сортировки отходов гражданами. В России перерабатываются стекло, металл, макулатура и пластик, именно эти виды мусора в первую очередь подлежат сортировке [4].

Сегодня в Терновский муниципальный округ входит два населённых пункта: Терновка и Родное. Общая численность населения на 2023 год составляет более 5000 человек. Для сравнения, в 2001 году численность на два посёлка составляла около 2700 человек. Из этого можно сделать вывод, что население округа растёт с каждым годом, а значит и количество вывозимых на полигон отходов значительно увеличивается.

На данный момент в исследуемых населённых пунктах действует сбор смешанных ТКО в контейнеры объёмом 0,75 м³. Контейнерные площадки находятся в пешей доступности к домам частного сектора и многоквартирным домам. Мусор по утильным фракциям не разделяется.

Натурное обследование местности показало, что в с. Терновка имеется 13 необорудованных контейнерных площадок (нет бетонного покрытия, ограждения, бордюра с зелёными насаждениями по периметру), на каждой из которых находится от 2 до 4 баков. Вывоз мусора осуществляется ежедневно. Также имеется 2 бункера-накопителя «лодочка», для крупногабаритного мусора, по факту они используются для ТКО. Вывоз осуществляется по мере накопления. В с. Родное имеется 4 необорудованных контейнерных площадки, на каждой по 2-4 бака. Вывоз мусора – ежедневно. ТКО из муниципального округа вывозится на единственный действующий полигон в Первомайской балке.

В результате опроса выявлено, что металл жители сдают в специальные пункты приёма, а пищевые отходы компостируют в огородах и клумбах. Пункт приёма использованных батареек находится в с. Терновка (магазин «Чистый слон») и в с. Родное (магазин «Эконом»).

Вышеизложенное позволяет сделать вывод, что существующая система сбора коммунальных отходов на территории Терновского муниципального округа г. Севастополя не удовлетворяет современным нормативным требованиям. Следуя принципам РСО, мы предлагаем ввести в Терновском муниципальном округе селективный сбор отходов только по трём основным фракциям: стекло, макулатура, пластик.

Внедрение РСО целесообразно проводить постепенно. Первый шаг – мотивационный в виде просветительской работы – лекции для населения, образовательные мероприятия в школьных и дошкольных учебных учреждениях [2].

Для обеспечения своевременного вывоза отдельно собранных отходов, следует заключить новый договор с региональным оператором ООО «Благоустройство города Севастополь». Есть риск того, что РСО будет непривлекателен для регионального оператора, так как в тарифы регионального оператора для населения закладывается только стоимость транспортировки, обработки, обезвреживания и захоронения отходов плюс фиксированная часть заработка самого регионального оператора. В таком случае, организация инфраструктуры РСО, покупка дополнительных контейнеров и их обслуживание должны обеспечиваться совместно региональным оператором и компанией заготовителем вторично сырья [6].

На следующем этапе следует организовать установку маркированных контейнеров для РСО и стандартных контейнеров для ТКО на нескольких наиболее часто посещаемых контейнерных площадках согласно Территориальной схемы обращения с отходами и оборудовать их бетонным покрытием и ограждением. Рядом следует установить афишу с правилами сортировки и складирования отходов, контейнеры должны иметь текстовое и графическое обозначения видов и групп собираемых отходов.

Одновременно с этим необходимо проводить информационно-просветительскую работу с жителями населенных пунктов, обучающимися образовательных учреждений, что может включать:

1. Разработку и ведение сайта и страницы ВК для информационного сопровождения проекта (QR-код для быстрого перехода на страницу сайта партнера проекта ООО «Благоустройство г. Севастополя», компании-заготовителя вторичного сырья);

2. Проведение экологов о правилах РСО, о видах принимаемых на переработку отходов, о переработчиках региона, с мотивацией и разъяснением о важности минимизации образования отходов и снижения антропогенного воздействия на окружающую среду, с применением игровых и интерактивных технологий для получения учащимися знаний и навыков сепарационного сбора и принципов ответственного обращения с отходами. Также уверенным шагом к экологической осознанности будет установка урн для РСО в местной школе [3].

Таким образом, организовать отдельный сбор отходов в малых населенных пунктах сельского типа возможно. Однако, внедрение вышеуказанных мероприятий на территории Терновского муниципального округа г. Севастополь возможно только при условии поддержки органов местного самоуправления.

Список литературы

1. Рогозин М.Ю., Бекетова Е.А. Практика внедрения отдельного сбора мусора в разных странах мира//Международный научный журнал Молодой ученый. 2018. № 25 (211) С. 25-28;
2. Преликова Е.А., Юшин В.В., Вертакова Ю.В. Эколого-экономические приоритеты отдельного сбора мусора//Лесотехнический журнал. Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г. Ф. Морозова. 2019; стр. 35-43;
3. Плешко М.В., Плешко Е.М. Внедрение системы отдельного сбора отходов в образовательных учреждениях России (на примере школы «Летово»)//Журнал Безопасность техногенных и природных систем. 2020; стр. 61-66
4. Синькова Н.В. Отдельный сбор или сортировка твёрдых бытовых отходов//Научный журнал Энергия: экономика, техника, экология. 2014; стр. 33-36;
5. Ландеховская М.П., Сидоренко С.Н. Подходы к организации отдельного сбора отходов у населения// Вестник Российского университета дружбы народов. Серия Экология и безопасность жизнедеятельности. 2009; стр. 69-71.

ИНДЕКС ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ КАК ВЕДУЩИЙ ИНТЕГРАЛЬНЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ КАЧЕСТВА ЖИЗНИ

Н.В. Соменкова¹, Г.А. Сигора²

¹ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, 299053,
Российская Федерация, natasha.somenkova@mail.ru

² ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, 299053,
Российская Федерация, sigoral@yandex.ru

Аннотация. В данной статье рассматривается индекс, который был создан как элемент устойчивого развития для достижения достойного уровня жизни. Описана история возникновения и цель создания индекса развития человеческого потенциала. Благодаря индексу можно отследить уровень развития стран и способность населения удовлетворять свои потребности. Определены основные показатели для расчета индекса и ранжирования его по расчетному значению, описаны основные его составляющие, методология расчета ИЧР и его компонентов. Приведена сравнительная характеристика старой и новой методика расчета ИЧР. Проведен анализ динамики ИЧР в России в 1990-2021 гг. Были предложены рекомендации для успешного повышения качества жизни в России.

Ключевые слова: устойчивое развитие, индекс человеческого развития (ИЧР), компоненты ИЧР, ВВП, продолжительность жизни, уровень образования, методика расчета ИЧР, динамика ИЧР в России.

THE HUMAN DEVELOPMENT INDEX AS A LEADING INTEGRAL INDICATOR OF THE QUALITY OF LIFE

N.V. Somenkova¹, G. A. Sigora²

¹ FSAEI HE «Sevastopol State University», Sevastopol, 299053, Russian Federation, natasha.somenkova@mail.ru

² FSAEI HE «Sevastopol State University», Sevastopol, 299053, Russian Federation, sigoral@yandex.ru

Abstract. This article discusses the index, which was created as an element of sustainable development to achieve a decent standard of living. The history of the origin and the purpose of creating the human potential development index are described. Thanks to the index, it is possible to track the level of development of countries and the ability of the population to meet their needs. The main indicators for calculating the index and ranking it according to the calculated value are determined, its main components, the methodology for calculating the HDI and its components are described. A comparative characteristic of the old and new methods of calculating HDI is given. The analysis of the dynamics of HDI in Russia in 1990-2021 is carried out. Recommendations were proposed for the successful improvement of the quality of life in Russia.

Keywords: sustainable development, human development index (HDI), HDI components, GDP, life expectancy, education level, HDI calculation methodology, HDI dynamics in Russia.

1. Введение

Согласно Международной комиссии ООН по окружающей среде и развитию, «устойчивое развитие – это развитие, которое удовлетворяет потребности нынешнего поколения, не ставя под угрозу способность будущих поколений удовлетворять свои собственные потребности» [1].

Проблемы, с которыми столкнулось мировое общество, вступая в XXI век, послужили причиной создания глобальной программы «Повестки дня на XXI век» [2] для их решения. Основная ее цель состоит в праве каждого человека на высокое качество окружающей среды и здоровой экономики для всего населения. В 40-ой главе этого документа («Информация для принятия решений») отмечено: «В целях создания надежной основы для процесса принятия решений на всех уровнях и содействия облегчению саморегулируемой устойчивости комплексных экологических систем и систем развития необходимо разработать показатели устойчивого развития».

Одним из ведущих показателей качества жизни, характеризующий способность вести долгую и здоровую жизнь, способность получать знания и достигать достойного уровня жизни является индекс человеческого развития (далее – ИЧР). Был разработан пакистанским

экономистом Махбубом уль-Хаком [3]. Данный показатель был предложен и применен программой развития ООН (ПРООН) в 1990 году. До 2013 года можно было также встретить другую аббревиатуру индекса - ИРЧП, которая расшифровывается как индекс развития человеческого потенциала.

2. Основная часть

ИЧР рассчитывается ежегодно для всех стран мира, входящих в международную организацию ООН для оценки социально-экономического развития стран, так как анализирует качество жизни в мировом масштабе, а также рассматривает проблемы развития общества в целом. Полученные результаты расчета ИЧР регулярно публикуются ПРООН в виде сводной рейтинговой таблицы в ежегодном докладе «О человеческом развитии».

Начиная с момента введения показателя ИЧР в 1990 году и вплоть до 2010 года использовался старый метод расчета данного индекса (в последний раз использовались в отчете за 2009 год [4]). В 2010 году ПРООН внесла существенные корректировки и изменила параметры компонентов, представив в своем докладе о человеческом развитии новую модель расчета ИЧР [5]. Одной из главных причин произошедших изменений послужила критика старого метода расчета: критерием такого компонента ИЧР, как уровень дохода, был ВВП на душу населения, который способствовал ложной оценке эффективности социально-экономической политики, практически исключая возможность взаимосвязи между экономическим процветанием и развитием человека.

Различия параметров компонентов ИЧР в разных моделях расчета приведены в таблице 1.

Таблица 1. Различия параметров компонентов ИЧР в разных моделях расчета

Название компонента	Параметры компонента среднеарифметического ИЧР (старая модель)	Параметры компонента среднегеометрического ИЧР (новая модель)
Доход на душу населения	Доход определяется валовым внутренним продуктом, рассчитанным по паритету покупательной способности в долларах США.	Доход определяется валовым национальным доходом на душу населения, рассчитанным по паритету покупательной способности в долларах США.
Уровень образования	Учитываются показатели грамотности взрослого населения и доли учащихся в возрасте от 5 до 24 лет.	Учитываются показатели средней продолжительности обучения и ожидаемой продолжительности обучения.
Ожидаемая продолжительность жизни	Определяется через ожидаемую продолжительность жизни.	Определяется через ожидаемую продолжительность жизни.

Приведем сравнительный анализ расчета индексов компонентов ИЧР и самого показателя в старой и новой моделях расчета в таблице 2.

Таблица 2. Сравнительный анализ расчета ИЧР

№	Модель расчета ИЧР как среднеарифметическое	Модель расчета ИЧР как среднегеометрическое
1	<u>Индекс уровня жизни (доход, GDPIt)</u> Индекс уровня жизни определяется ВВП на душу населения, рассчитанным по паритету покупательной способности в долларах США. $GDPI_t = \frac{\log(Y_t) - \log(Y_{min})}{\log(Y_{max}) - \log(Y_{min})},$ где GDPIt- индекс уровня жизни;	<u>Индекс уровня жизни (доход, II)</u> В отличие от среднеарифметической модели, рассчитывается как ВНД на душу населения по паритету покупательной способности в долларах США. $II = \frac{\ln(GNIpc) - \ln(Y_{min})}{\ln(Y_{max}) - \ln(Y_{min})},$

	Y_t - значение ВВП на душу населения рассматриваемой страны; Y_{min} - установленное минимальное значение показателя; Y_{max} - установленное максимальное значение показателя.	где Π - индекс уровня жизни; $GNIP_c$ - значение ВНД на душу населения рассматриваемой страны; Y_{min} – установленное минимальное значение индекса в настоящее время; Y_{max} – установленное максимальное значение индекса в настоящее время.
2	<u>Индекс образования (EI_t)</u> Включает в себя два показателя: уровень грамотности взрослого населения и полноту охвата обучения. Взрослым грамотным человеком считается гражданин старше пятнадцати лет, умеющий осмысленно читать и писать короткие простые предложения. Именно количество таких людей среди всего населения страны учитывается при подсчете первого показателя: $ALI_t = \frac{AL_t - \min(AL)}{\max(AL) - \min(AL)} = \frac{AL_t}{100},$ где ALI_t - индекс грамотности взрослого населения за определенный год; AL_t - фактическое значение грамотности взрослого населения; $\min(AL)$ – установленное минимальное значение показателя; $\max(AL)$ – установленное максимальное значение показателя. При расчете второго показателя исчисляется отношение числа учащихся, поступивших в исследуемом году на любую из ступеней обучения (начальную, среднюю, средне-специальную, высшую и послеуниверситетскую) независимо от их возраста к общей численности населения в возрасте от 5 до 24 лет: $GEI_t = \frac{GE_t - \min(GE)}{\max(GE) - \min(GE)} = \frac{GE_t}{100},$ где GEI_t – индекс полноты охвата обучением; GE_t - фактическое значение удельного веса поступивших в учебные заведения; $\min(GE)$ – установленное минимальное значение показателя; $\max(GE)$ – установленное максимальное значение показателя. Далее эти два показателя сводятся в единый индекс образования, причем в определенном соотношении: удельный вес грамотности взрослого населения составляет $\frac{2}{3}$, а удельному весу поступивших в учебные заведения, соответственно, отведена $\frac{1}{3}$.	<u>Индекс образования (EI)</u> Включает в себя два показателя, но измененных по сравнению со старым методом расчета. Данный индекс с 2010 года базируется на двух показателях: средняя продолжительность обучения населения и ожидаемая продолжительность обучения населения. Индекс средней продолжительности обучения (MYSI) вычисляется по следующей формуле: $MYSI = \frac{MYS - \min PL}{\max PL - \min PL},$ где MYS – средняя продолжительность обучения населения (в годах); $\max PL$ – установленное максимальное значение показателя; $\min PL$ – установленное минимальное значение показателя. Индекс ожидаемой продолжительности обучения (EYSI) вычисляется по следующей формуле: $EYSI = \frac{EYS - \min L}{\max L - \min L},$ где EYS – Ожидаемая продолжительность обучения населения, которое еще находится в процессе получения образования (в годах); $\max L$ – установленное максимальное значение показателя; $\min L$ – установленное минимальное значение показателя. Далее эти два показателя сводятся в единый индекс образования (EI): $MYSI = \frac{MYSI - EYSI}{2},$ где $MYSI$ – индекс средней продолжительности обучения; $EYSI$ – индекс ожидаемой продолжительности обучения.

	$EI_t = \frac{2}{3} ALI_t + \frac{1}{3} GEI_t$, где EI_t – индекс образования; ALI_t – индекс грамотности взрослого населения за определенный год; GEI_t – индекс полноты охвата обучением.	
3	<u>Индекс продолжительности жизни (долголетие, LEI)</u> Ожидаемая продолжительность жизни прогнозирует длительность жизни ребенка, родившегося в исследуемой стране в существующих на момент его рождения условиях жизни, с учетом их дальнейшего устойчивого изменения. Значения минимального и максимального возраста ожидаемой продолжительности жизни, принятые в международной методике, составляют 25 лет и 85 лет. $LEI_t = \frac{LE_t - \min(GE)}{\max(LE) - \min(LE)} = \frac{LE_t - 25}{85 - 25},$ где LEI_t – индекс продолжительности жизни за определенный год; LE_t – фактическое значение продолжительности жизни в конкретной стране; $\min(LE)$ – установленное минимальное значение показателя; $\max(LE)$ – установленное максимальное значение показателя.	
4	Высчитав все три индекса, составляющие ИЧР, можно перейти к его расчету. ИЧР рассчитывается как среднее арифметическое трех показателей по следующей формуле: $HDI_t = \frac{1}{3} \times (LEI_t + EI_t + GDPI_t),$ где LEI_t – индекс продолжительности жизни за определенный год; EI_t – индекс образования; $GDPI_t$ – индекс уровня жизни.	ИЧР рассчитывается как среднее геометрическое трех показателей по следующей формуле: $HDI = \sqrt[3]{LEI \times EI \times II},$ где LEI – индекс уровня продолжительности жизни; EI – индекс образования; II – индекс уровня жизни.

Новый метод расчета исключил полную взаимозаменяемость измерений, то есть низкие показатели одного из составных индексов существенно отражаются на величине значения ИЧР и не могут быть компенсированы высокими показателями другого составного индекса.

Так, рассчитав показатели, каждый из которых соответствует одному из трех приведенных аспектов, можно по конечной формуле вычислить значение самого ИЧР, которое варьируется от 0 до 1. В зависимости от полученного значения ИЧР страны, входящие в ООН, а также их регионы, в настоящее время можно разделить на четыре группы:

- ИЧР ниже 0,5 – низкий уровень человеческого развития;
- ИЧР от 0,5 до 0,7 – средний уровень;
- ИЧР от 0,7 до 0,8 – высокий уровень;
- ИЧР равен 0,9 и выше – очень высокий уровень.

Россия была включена в рейтинг стран по уровню развития человеческого потенциала только в 1990 году, так как до этого года экономисты не располагали достаточными данными для расчета ИЧР. Анализируя рейтинг России, мы опирались на статистику ИЧР, предоставленную на сайте отчетов о человеческом развитии программы развития ООН (рис. 1).



Рис. 7

На основе приведенных данных можно сказать, что ИЧР имел тенденцию к росту, но возникшие в 2014 году и продолжающиеся в настоящее время серьезные экономические проблемы, включающие в себя санкции со стороны Евросоюза и США, падение цен на нефть, падение курса рубля, «специальная военная операция» на Украине и др., могут оказать серьезное влияние на качество жизни населения и понизить значение ИЧР.

Выводом становится необходимость проведения Россией максимально усовершенствованной социально-экономической политики для успешного повышения качества жизни, так как в настоящее время наблюдается высокая вероятность его снижения. Следует придерживаться национальных проектов и укреплять средний класс для того, чтобы стабилизировать экономику и в дальнейшем повысить качество жизни населения. Необходимо стремиться к повышению результативности социальной поддержки государства и более тщательной разработки социальных программ, а также обеспечить население развитой системой здравоохранения, образования, предоставить доступное жилье, развить и поддержать собственное производство, в первую очередь, сельское хозяйство.

3. Заключение

Таким образом, ИЧР является ведущим интегральным показателем качества жизни, позволяющим анализировать и сравнивать эффективность социально-экономической политики стран, входящих в ООН.

Но, несмотря на корректировку метода расчета ИЧР в 2010 году, данный показатель все еще имеет ряд недостатков. Во-первых, игнорируются экологические факторы, во-вторых, не рассматривается духовно и нравственное развитие человека. Стоит также учесть то, что увеличивать уровень человеческого развития можно до бесконечности, но ИЧР не позволяет этого, так как его верхней границей является 1, к которой уже близки многие развитые страны. Они больше не могут ориентироваться на ИЧР для разработки стратегии дальнейшего развития. В связи с этим в настоящее время ИЧР имеет тенденции к дальнейшему развитию и расширению.

Список литературы

1. Наше общее будущее: Докл. Междунар. комис. по окружающей среде и развитию (МКОСР): Пер. с англ. / Под ред. С. А. Евтеева, Р. А. Перелета; [Предисл. Г. Харлем Брундтланд]. - М.: Прогресс, 1989.
2. Повестка дня на XXI век [Электронный ресурс]:
<https://docs.cntd.ru/document/901894820?section=text&marker=BRU0PA>
3. Индекс человеческого развития / Гуманитарный портал: [Исследования](https://gtmarket.ru/ratings/human-development-index) [Электронный ресурс] // Центр гуманитарных технологий, 2006–2022 (последняя редакция: 23.12.2022). URL: <https://gtmarket.ru/ratings/human-development-index>

4. Доклад о развитии человека 2009. Преодоление барьеров: человеческая мобильность и развитие / Пер с англ.; ПРООН. – М.: Издательство «Весь Мир», 2009.
5. Доклад о развитии человека 2010. Реальное богатство народов: пути к развитию человека / Пер с англ.; ПРООН. – М.: Издательство «Весь Мир», 2010.
6. Щеглова Анастасия Александровна, Брюханов Даниил Владимирович СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ИНДЕКСА ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ В РОССИИ, РЕГИОНАХ И СТРАНАХ СНГ // Журнал прикладных исследований. 2022. №7. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sravnitelnyy-analiz-pokazateley-indeksa-chelovecheskogo-razvitiya-v-rossii-regionah-i-stranah-sng> (дата обращения: 10.01.2023).
7. Горбунова Ольга Николаевна, Гегамян Мариам Араиковна ИЧР: методологии расчета, показатели и индикаторы // Социально-экономические явления и процессы. 2013. №3 (049). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ichr-metodologii-rascheta-pokazateli-i-indikatory> (дата обращения: 10.01.2023).

УДК 699.816.3

ЗАМЕНА ОБЪЕМНО-ПЛАНИРОВОЧНЫХ РЕШЕНИЙ ПО ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЕ ПАРКИНГОВ ИНЖЕНЕРНЫМИ СРЕДСТВАМИ

А.С. Горблянская¹, Г.А. Сигора²

¹ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, 299053,
Российская Федерация, gorblyanskaya2710@gmail.com

² ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, 299053,
Российская Федерация, sigora1@yandex.ru

Аннотация. В данной статье обозначена проблема пожарной безопасности паркингов в Российской Федерации. В связи с чем были проанализированы и рассмотрены некоторые объемно-планировочные противопожарные решения паркингов. Выделены недостатки описанных решений в связи с современными тенденциями на рынке недвижимости. Предложены варианты замены объемно-планировочных решений инженерными средствами.

Ключевые слова: дренажная завеса, паркинг, пожарная безопасность, противодымный экран, противопожарные преграды.

REPLACEMENT OF SPACE-PLANNING SOLUTIONS FOR FIRE PROTECTION BY ENGINEERING MEANS

A.S. Gorblyanskaya¹, G.A. Sigora²

¹ FSAEI HE «Sevastopol State University», Sevastopol, 299053, Russian Federation, gorblyanskaya2710@gmail.com

² FSAEI HE «Sevastopol State University», Sevastopol, 299053, Russian Federation, sigora1@yandex.ru

Abstract. This article outlines the problem of fire safety of parking lots in the Russian Federation. In this connection, some space-planning fire-fighting solutions of parking lots were analyzed and considered. The disadvantages of the described solutions are highlighted in connection with current trends in the real estate market. Options for replacing space-planning solutions with engineering tools are proposed.

Keywords: drainage curtain, parking, fire safety, smoke screen, fire barriers.

Постановка проблемы. С одной стороны, количество паркингов и автостоянок в нашей стране растет вместе с количеством автомобилей, поэтому задача обеспечения пожарной безопасности на этих объектах становится все более актуальной. Под пожарной безопасностью понимают состояние объекта народного хозяйства или иного назначения, при котором путем выполнения правовых норм, противопожарных и инженерно-технических мероприятий исключается или снижается вероятность возникновения и развития пожара,

воздействия на людей опасных факторов пожара, а также обеспечивается защита материальных ценностей.

На территории Российской Федерации за 12 месяцев 2022 г. произошло 352 323 пожара, при этом погибло 7 709 человек, в том числе 305 несовершеннолетних, получили травмы 8 148 человек; зарегистрированный материальный ущерб составляет 18,4 млрд. рублей. Нарушение правил устройства и эксплуатации транспортных средств является пятой по распространенности причиной пожаров в городской местности – 5 362 пожара за 2022 года [1]. Поэтому вопрос пожарной безопасности паркингов является актуальным и всегда будет оставаться таковым.

С другой стороны, в современных реалиях застройщики заинтересованы в максимальном сохранении продаваемой площади и обеспечении предельной безопасности и комфортности для пользователей объектов. Одним из возможных решений данной проблемы является модернизация мер по противопожарной защите, заключающейся в замена архитектурных и конструктивных решений, занимающих часто большие объемы проектируемых помещений и не являющихся не заменимыми по своей эффективности, инженерными средствами.

Нормативная база. Для обеспечения пожарной безопасности зданий паркингов предусмотрено большое количество нормативных документов, регламентирующих требования к их проектированию. Основные из них:

- Федеральный закон «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22.07.2008 г. №123-ФЗ [2];

- СП 113.13330.2012. Стоянки автомобилей. Актуализированная редакция СНиП 21-02-99*[3];

- СП 506.1311500.2021. Стоянки автомобилей. Требования пожарной безопасности [4];

- СП 154.13130.2013. Встроенные подземные автостоянки. Требования пожарной безопасности [5] и др.

Изложение основного материала. Целью данной работы является рассмотрение вариантов замены объемно-планировочных решений по противопожарной защите инженерными средствами.

Для обеспечения пожарной безопасности применяют следующие меры противопожарной защиты:

- пассивные (архитектурно-планировочные и конструктивные решения);
- активные (инженерно-технические средства).

К пассивным мерам относятся:

- преграды, препятствующие распространению огня (противопожарные стены, перегородки, перекрытия, разрывы, экраны, минеральные полосы и т.д.);

- деление на пожарные отсеки (пожарный отсек – это часть здания или сооружения, выделенная противопожарными стенами и (или) противопожарными перекрытиями 1-го типа).

Инженерно-технические средства – это оборудование и устройства, функциональное предназначение которых связано с тушением пожара. К таким средствам пожаротушения относят:

- автоматические установки тушения пожара;
- комплекс пожарной сигнализации;
- устройства противопожарного водоснабжения;
- противодымную защиту;
- устройства оповещения и контроля за эвакуацией людей.

Чтобы увеличить продаваемую площадь и облегчить эксплуатацию объектов возможна замена некоторых объемно-планировочных противопожарных решений. В этих случаях чаще всего различные противопожарные преграды замещаются дренчерными завесами и/или противодымными экранами.

Дренчерная завеса как противопожарная преграда обладает несколькими положительными сторонами:

1. Низкая температура действия. Необходимая для срабатывания установки температура – всего лишь 70 градусов Цельсия.
2. Высокая скорость действия. Достигается за счет сильного напора водопровода, быстрого наполнения труб и высокого объема распыления.
3. Возможность изменения параметров запуска. При монтаже разрешается изменить температуру или параметр задымления в помещении, при котором система начнет работу.
4. Многоразовость. После использования системы большую часть ее составляющих не нужно заменять.
5. Возможность изменения огнетушащего вещества. Если вода и пена потеряли свою актуальность для конкретного помещения, то дренчерную установку переоборудуют для использования другого вещества.

Справедливо отметить и то, что, несмотря на все преимущества, система тем не менее обладает некоторыми недостатками:

1. Дренчерная система ввиду использования воды или пены подходит для тушения пожаров класса А (пожары твердых горючих веществ и материалов) и В (пожары горючих жидкостей или плавящихся твердых веществ и материалов).
2. Высокий расход воды. После работы системы помещение придется сушить и восстанавливать.

Перейдем к примерам: при размещении стоянки автомобилей в подземной части зданий площадь пожарного отсека стоянки автомобилей следует принимать не более 3000 м² [4]. Это является ограничивающим фактором для проектировщиков. Однако, допускается увеличивать площадь пожарного отсека подземной стоянки автомобилей более 3000 м², при его разделении на пожарные секции площадью не более 3000 м² дренчерными завесами в сочетании со стационарными или автоматически опускающимися при пожаре противоподымными экранами (шторами, занавесами) с пределом огнестойкости не менее EI 60 [6].

Другой пример: сообщение между смежными пожарными отсеками для хранения автомобилей следует предусматривать через проемы с заполнением воротами (дверями) с пределом огнестойкости не менее EI 60, оборудованными автоматическими устройствами закрывания их при пожаре [5]. Противопожарные ворота – металлические конструкции из подвижных и неподвижных деталей, заполняющие проемы в противопожарных преградах, препятствующие распространению возгораний на примыкающие площади на протяжении установленного времени. При проектировании возможно предусматривать размещение дренчерной завесы в проемах преград, что также обеспечит полноценную противопожарную защиту.

Выводы. Таким образом, безопасность и удобство использования паркингов во многом зависят от требований нормативных документов по пожарной безопасности. Однако, при обеспечении исполнения данных требований за счет объемно-планировочных решений возможно возникновение таких неприятных следствий как, например, неудобство использования или сокращение количества машиномест. По сути предлагается отдать приоритет в обеспечении некоторых вопросов пожарной безопасности паркингов активным средствам борьбы с огнем, нежели чем пассивным решениям.

Список литературы

1. Анализ обстановки с пожарами их последствиями на территории Российской Федерации за 12 месяцев 2022 г., МЧС России, Москва, 2023;
2. Федеральный закон «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22.07.2008 г. №123-ФЗ;
3. СП 113.13330.2012. Стоянки автомобилей. Актуализированная редакция СНиП 21-02-99*;
4. СП 506.1311500.2021. Стоянки автомобилей. Требования пожарной безопасности;
5. СП 154.13130.2013. Встроенные подземные автостоянки. Требования пожарной безопасности;
6. Методические рекомендации по проектированию инженерных систем стоянок автомобилей, Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации, Москва, 2020 г.

АКТУАЛЬНОСТЬ ПЕРЕХОДА ГОРОДОВ СИБИРИ НА ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНУЮ ЭНЕРГЕТИКУ

Т. С. Файзулина¹, Е.И. Стабровская², Н.Н. Турова³, И.М. Угарова⁴, М.В. Просин⁵

¹ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет, Институт инженерных технологий»,
г. Кемерово, 650056, Россия, fajzulinatat@yandex.ru

²ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет, Институт инженерных технологий»,
г. Кемерово, 650056, Россия, helist@inbox.ru

³ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет, Институт инженерных технологий»,
г. Кемерово, 650056, Россия, natalya_turova@inbox.ru

⁴ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет, Институт инженерных технологий»,
г. Кемерово, 650056, Россия, ugarova260304@mail.ru

⁵ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет, Институт инженерных технологий»,
г. Кемерово, 650056, Россия, prosinmv@yandex.ru

Аннотация: Все регионы Сибири имеют достаточный уровень солнечного излучения для использования солнечной генерации, благодаря чему была рассмотрена возможность открытия нового направления по продаже солнечных электростанций, мощностью до 15 киловатт населению и малому бизнесу. Перешедшие на солнечную энергию компании, смогут предложить клиенту заранее разработанное коммерческое предложение с расчетом окупаемости, а также обеспечить оперативное оформление пакета документов для подключения микросолнечных электростанций. Сроки окупаемости сетевых солнечных станций в Сибири будут варьироваться от 8 до 20 лет в зависимости от типа потребителя. Основной фактор ограничения развития рынка солнечной микрогенерации в Сибири – это длительный срок окупаемости, обусловленный низким тарифом на электроэнергию, и высокими капитальными затратами на приобретение. В настоящее время в связи с высокой стоимостью оборудования и долгими сроками окупаемости, заинтересованность населения и бизнеса в установке микросолнечных электростанций находится на низком уровне. Можно сделать вывод о том, что солнечная энергетика в условиях климата Сибири имеет право на существование и может быть полезна в некоторых случаях. Но рассматривать продажу солнечных электростанций населению и малому бизнесу как новый вид деятельности энергосбытовых компаний, в текущей экономической ситуации считается нецелесообразным.

Ключевые слова: гетероструктурные солнечные панели, инсоляция, микрогенерация, солнечная электростанция, тариф, энергосбытовая компания.

THE RELEVANCE OF THE TRANSITION OF SIBERIAN CITIES TO ENVIRONMENTALLY SAFE ENERGY

T. S. Faizulina¹, E.I. Stabrovskaya², N.N. Turova³, I.M. Ugarova⁴, M.V. Prosin⁵

¹FSBEI HE "Kemerovo State University, Institute of Engineering Technologies", Kemerovo, 650056, Russia,
fajzulinatat@yandex.ru

²FSBEI HE "Kemerovo State University, Institute of Engineering Technologies", Kemerovo, 650056, Russia,
helist@inbox.ru

³FSBEI HE "Kemerovo State University, Institute of Engineering Technologies", Kemerovo, 650056, Russia,
natalya_turova@inbox.ru

⁴FSBEI HE "Kemerovo State University, Institute of Engineering Technologies", Kemerovo, 650056, Russia,
ugarova260304@mail.ru

⁵FSBEI HE "Kemerovo State University, Institute of Engineering Technologies", Kemerovo, 650056, Russia,
prosinmv@yandex.ru

Abstract: All regions of Siberia have a sufficient level of solar radiation for the use of solar generation, due to which the possibility of opening a new direction for the sale of solar power plants with a capacity of up to 15 kilowatts to the population and small businesses was considered. Companies that have switched to solar energy will be able to offer the client a pre-developed commercial proposal with a payback calculation, as well as ensure the prompt execution of a package of documents for connecting microsolar power plants. The payback period for grid solar stations in Siberia will vary from 8 to 20 years, depending on the type of consumer. The main factor limiting the development of the solar microgeneration market in Siberia is the long payback period due to low electricity tariffs and high capital costs for acquisition. Currently, due to the high cost of equipment and long payback periods, the interest of the population and business in the installation of microsolar power plants is at a low level. It can be concluded that solar energy in the Siberian climate has the right to exist and can be useful in

some cases. But considering the sale of solar power plants to the population and small businesses as a new type of activity for energy sales companies is considered inappropriate in the current economic situation.

Keywords: *heterostructural solar panels, insolation, microgeneration, solar power plant, tariff, power Supply Company.*

Постановка проблемы. Объектом изучения стала возможность открытия нового направления по продаже солнечных электростанций, мощностью до 15 киловатт, населению и малому бизнесу, желающим получить дополнительную прибыль, продавая излишки электроэнергии в сеть и снизить расходы на электроэнергию.

Для энергосбытовых компаний это может стать дополнительным источником дохода, как от продажи самого оборудования, так и от услуг по организации подключения станции, оформления всех необходимых документов. Кроме того, продажа солнечных станций положительно повлияет на имидж компаний, как приверженцев зеленой энергетики.

Важным преимуществом энергосбытовых компаний на начальном старте бизнеса по продаже солнечных станций, можно отнести владение точной информацией о том, какой объем потребления электроэнергии у малых предприятий, контактные данные руководителей и возможность заранее просчитать и разработать индивидуальное коммерческое предложение для каждого клиента.

Перешедшие на солнечную энергию компании, смогут предложить клиенту заранее разработанное коммерческое предложение с расчетом окупаемости, а также обеспечить оперативное оформление пакета документов для подключения микро СЭС и заключение договора на покупку и продажу и электроэнергии.

Изложение основного материала. В декабре 2019 Федеральным законом Российской Федерации был определен правовой режим, который позволил любому юридическому или физическому лицу устанавливать объект микрогенерации и производить электроэнергию как для собственного потребления, так и для продажи в сеть. Принятый закон, открывает для солнечной энергетики новые возможности. [1]

Во-первых, именно солнечная энергетика станет основным бенефициаром этого закона, благодаря ее возможностям масштабирования и практически нулевым операционным затратам. [2]

Во-вторых, продажа излишков электроэнергии гарантирующим поставщикам позволит населению и малым предприятиям в регионах с высокой инсоляцией снизить свои расходы на электроэнергию. Сетевые солнечные станции работают по следующему принципу: выработанная солнечной установкой электроэнергия полностью отправляется для питания нагрузки, при этом недостающая мощность автоматически добирается из сети энергоснабжения. Это позволяет снизить потребление энергии и мощности из внешней сети и сократить расходы на электроэнергию.

О климате Сибири и инсоляции. Инсоляция или по-другому – солнечная радиация — это количество солнечной энергии, попадающее на квадратный метр поверхности Земли. Данный показатель является одним из основных в солнечной энергетике. В Сибири первое место по уровню инсоляции занимает Республика Алтай, где среднегодовой уровень излучения составляет четыре с половиной киловатт часа на квадратный метр, что является достаточно высоким показателем солнечного излучения.

На последнем месте, среди регионов Сибири, занял Красноярский край, у которого уровень инсоляции равен три с половиной киловатта на квадратный метр. Все регионы Сибири имеют достаточный уровень солнечного излучения для использования солнечной генерации. Для оценки потенциала микрогенерации в Сибири, для сравнения, был рассмотрен пример развития рынка микрогенерации в Великобритании, изученный сотрудниками Российской академии наук. В данном исследовании сообщается, что уровень инсоляции в Великобритании находится в интервале от 1 до 3 кВт на квадратный метр. Это говорит о том, что Великобритания менее привлекательна по уровню инсоляции, чем Сибирь. Но при численности населения в 67 миллионов человек в

Великобритании насчитывается около 1 миллиона микро СЭС мощностью менее 10кВт, что составляет 1,5 %.

Если данный процент применить к количеству населения регионов Сибирского федерального округа, которое составляет 17 млн. человек, то получится, что потенциальный уровень продаж на рынке микро СЭС Сибири может достигнуть 250 тысяч единиц солнечных станций.

К преимуществам использования солнечной станции для потребителя можно отнести: малые затраты на содержание, масштабируемость, возможность снижения чека за потребленное электричество, продажа электроэнергии в сеть.

Также существует ряд ограничений в использовании солнечной станции: зависимость от погодных условий – опираясь на отзывы пользователей, солнечные электростанции не редко требуют очистки от снега и загрязнения. Даже установка солнечных панелей под углом не обеспечивает полный сход снега за счет силы тяжести.

Для установки стационарных солнечных панелей на крышу здания на этапе проектирования, необходимо учесть дополнительную нагрузку на кровлю, оптимальную ориентацию крыши и углы наклона. Кроме того, необходимо учесть окружающие объекты, затеняющие крышу.

На российском рынке представлено относительно небольшое количество производителей, изготавливающих солнечные модули, это связано с приоритетом традиционной энергетики. Доля солнечной и ветровой энергетики в России, включая крупные солнечные и ветровые электростанции, составляет не более одного процента. Удивительно, но максимальное количество солнечных электростанций в России установлено в Якутии. Объясняется это дороговизной доставки топлива в малодоступные регионы.

Основные Российские производители. Старейшим производителем является научно-производственное предприятие «Квант», специалисты которого занимались разработкой систем электропитания для корабля «Восток», на котором был совершён первый полёт в космос. В основном данные производители нацелены на космическую отрасль, на строительство крупных сетевых станций и на производство для стратегически важных объектов непрерывного цикла. Наиболее молодая компания «Хевел» отличается тем, что занимается научными исследованиями и разработками в сфере солнечной энергетики. Отличительной особенностью компании является современный подход не только в производстве, но и в реализации солнечных панелей.

Обзор Российских производителей и технических характеристик выпускаемой ими продукции, показал, что наиболее эффективными являются гетероструктурные солнечные фотоэлектрические модули компании «Хевел», по эффективности, входящие в пятерку лучших среди всех мировых производителей. Модули сохраняют высокую результативность в условиях пасмурной и дождливой погоды, износостойки, прогнозируемый срок работы системы составляет не менее тридцати лет с высоким уровнем коэффициента полезного. [3]

В данный комплект входят 48 гетероструктурных солнечных панелей, преобразователь, контроллер и другие сопутствующие товары. Стоимость комплекта составляет около 1 млн. рублей без учета стоимости опорных конструкций и монтажа, стоимость которых составляет до 30% от стоимости солнечной электростанции.

Методика расчета срока окупаемости СЭС. На окупаемость солнечной электростанции оказывают влияние следующие показатели:

Во-первых – это затраты на солнечную электростанцию, включая затраты на установку и монтаж;

Во-вторых – это тарифы и нерегулируемые цены на покупку электроэнергии из сети

В-третьих – количество генерируемой энергии солнечной электростанции.

Экономический эффект в год определяется разницей между стоимостью потребленной электроэнергии полученной из традиционного источника и с использования солнечной электростанции.

Цена продажи электроэнергии в сеть производимая объектом микрогенерации включает в себя: Средневзвешенную нерегулируемую цену на мощность, определяемую гарантирующим поставщиком и стоимость услуг инфраструктурных организаций. Сумма средневзвешенной нерегулируемой цены на электрическую энергию на оптовом рынке и средневзвешенной нерегулируемой цены на мощность на оптовом рынке, умноженная на коэффициент оплаты мощности для потребителей

Экономическая обоснованность для потребителя. Основным предназначением сетевой солнечной электростанции является экономия на затратах за электроэнергию и в случае с сетевой СЭС нужно считать окупаемость. Себестоимость электроэнергии от сетевой СЭС минимальна, так как отсутствуют дорогостоящие системы накопления электроэнергии, поэтому сроки окупаемости по сравнению с автономными СЭС небольшие, и изменяются в зависимости от ряда факторов: общих затрат на солнечную электростанцию, действующих тарифов на электроэнергию, количества генерируемой электроэнергии. [4]

Сроки окупаемости сетевых солнечных станций в Сибири будут варьироваться от 8 до 20 лет в зависимости от типа потребителя. При цене электроэнергии для юридических лиц, потребляющих энергию на низком уровне напряжения, срок окупаемости составляет от 8 до 15 лет. Основной фактор ограничения развития рынка солнечной микрогенерации в Сибири – это длительный срок окупаемости, обусловленный низким тарифом на электроэнергию, и высокими капитальными затратами на приобретение.

На текущий момент в России действует программа субсидирования тарифов для физических лиц за счет юридических, что позволяет поддерживать тарифы для населения на относительно низком уровне. Совершенно иная картина, например, в европейских странах, где тарифы для населения очень высокие, что делает солнечную энергетику весьма привлекательной. В этих странах государство разрабатывает программы поддержки населения, использующих возобновляемые источники для снижения потребления электроэнергии от сети. В России этот тренд только зарождается. Поэтому пока для физических лиц окупаемость сетевых солнечных станций будет менее привлекательной, по сравнению с юридическими лицами, т.е. в условиях действующей программы перекрестного субсидирования тарифов.

В связи с регулярным повышением тарифа для населения, и ростом нерегулируемых цен для малого и среднего бизнеса потребители электроэнергии будут вынуждены искать альтернативные, более дешевые источники электроснабжения и в ряде случаев микро СЭС могут стать подходящим. На текущий момент стоимость строительства СЭС максимальной мощности для микрогенерации в 15 киловатт составляет около одного миллиона рублей. Для большинства потребителей электроэнергии это значительная сумма, которую они не готовы потратить одномоментно с учетом достаточно длительного срока окупаемости солнечных станций.

Выводы. В настоящее время в связи с высокой стоимостью оборудования и долгими сроками окупаемости, заинтересованность населения и бизнеса в установке микро СЭС находится на низком уровне.

При этом по мере совершенствования и развития технологий производства стоимость оборудования снижается. Так, за последние 20 лет стоимость солнечных панелей снизилась в несколько раз, но в последние два года эта тенденция замедлилась. Только дальнейшее развитие технологии будет способствовать снижению стоимости. С большой долей вероятности, прогнозируется, что по мере совершенствования и удешевления технологий изготовления солнечных панелей и сопутствующего оборудования, популярность возобновляемой энергетики в России вырастет. Благодаря снижению стоимости оборудования и росту цен на сетевую электроэнергию, спрос и востребованность микро СЭС будет постепенно повышаться. Но на это может уйти не один год.

По этой причине можно сделать вывод о том, что солнечная энергетика в условиях климата Сибири имеет право на существование и может быть полезна в некоторых

случаях. Но рассматривать продажу солнечных электростанций населению и малому бизнесу как новый вид деятельности энергосбытовых компаний, в текущей экономической ситуации считается нецелесообразным.

Во-первых, нужно принимать во внимание, что работа солнечных модулей рассчитана на срок более 30 лет, ведь только официальная гарантия от производителя на их мощность составляет 25 лет. Следовательно, после полного возврата инвестиций вы еще долго сможете получать реальную экономию.

Во-вторых, при расчете не учтен фактор ежегодного повышения тарифов на электроэнергию и инфляция. Сложно сказать, сколько будет стоить электроэнергия для населения через 2-3 года и тем более через 5 лет. Учитывая тенденцию последних лет, динамика роста тарифа может быть значительна, а значит срок окупаемости будет снижаться.

Список литературы

1. Федеральный закон N 471 "О внесении изменений в Федеральный закон "Об электроэнергетике" в части развития микрогенерации" – Введен. 2019-12-27.
2. Татьяна Ланышина. Несубсидируемый рынок солнечной энергетики в России: в ожидании взрывного роста. – 2021. С. 5.
3. Денсол Софт Проект, автоматизация управления ремонтами и обслуживанием оборудования на инновационном производстве солнечных батарей. [Электронный ресурс] URL: <https://desnolsoft.ru/cases/gruppa-kompaniy-hevel/> Дата обращения 28.03.2023
4. Хевел. окупаемость солнечных электростанций. [Электронный ресурс] URL: <https://www.hevelsolar.com/about/articles/okupaemost-solnechnykh-elektrostantsii-kogda-mozhno-i-nuzhno-schitat/> Дата обращения 29.03.2023

УДК 666.972.16

О ВОЗМОЖНОСТЯХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ АРБОЛИТОБЕТОНА В КРЫМУ

А.Р. Герасимов¹, Л.И. Осадчая², Л.А. Ничкова³

¹ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, 299053, Российская Федерация, sonik--38@mail.ru

² ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, 299053, Российская Федерация, lila1809@mail.ru

³ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, 299053, Российская Федерация, nichkova@sevsu.ru

Аннотация. С расширением индивидуального строительства в различных регионах Крыма возросла потребность в строительных материалах, разработанных на основе местных ресурсов. Установлено, что реализация технологии получения арболитобетона на основе композиционных цементных связующих с использованием дробленой виноградной лозы, коммунальных древесных отходов и отходов санитарного ухода за лесными насаждениями возможна на базе Бахчисарайского комбината «Стройиндустрия». Общая расчетная стоимость основного и вспомогательного оборудования для организации производства составит 5 046 414,00 руб., расчетная себестоимость 1м³ арболитовых блоков при проектной производительности 2,12 тыс. м³/год составит 2594 руб. Срок окупаемости капитальных вложений – 3 года. Эффективность применения арболита и практически неограниченные сырьевые возможности дают право рассматривать развитие производства арболита не как временную меру для ликвидации дефицита в стеновых материалах, а как одно из важных направлений в освоении местных строительных материалов с использованием вторичных ресурсов в виде древесных отходов. Близость расположения предприятия к ресурсам и рынкам сбыта позволяет сократить себестоимость продукции, повысить ее конкурентные преимущества, обеспечить устойчивое развитие предприятия в долгосрочном периоде.

Ключевые слова: арболит, строительные материалы, стойкость, теплоизоляция, строительство, производство, фундамент, звукоизоляция, блоки, материал.

ON THE POSSIBILITIES OF USE OF PRODUCTION WASTE AND CONSUMPTION IN THE PRODUCTION OF ARBOLITA CONCRETE IN THE CRIMEA

A.R. Gerasimov¹, L.I. Osadchaya², L.A. Nichkova³

¹ FSAEI HE «Sevastopol State University», Sevastopol, 299053, Russian Federation, sonik--38@mail.ru

² FSAEI HE «Sevastopol State University», Sevastopol, 299053, Russian Federation, lila1809@mail.ru

³ FSAEI HE «Sevastopol State University», Sevastopol, 299053, Russian Federation, nichkova@sevsu.ru

Annotation. With the expansion of individual construction in various regions of the Crimea, the need for building materials developed on the basis of local resources has increased. It was found that the implementation of technology for producing arbolitic concrete on the basis of composite cement binders using crushed grapevine, municipal wood waste and waste sanitary care of forest plantations is possible on the basis of Bakhchisarai plant "Stroyindustriya". Total estimated cost of main and auxiliary equipment for organization of production will make 5 046 414,00 rubles. Estimated cost price of 1 m³ of Arbolite blocks with design productivity 2,12 thousand m³/year will make 2594 rubles. The payback period of capital investment - 3 years. Efficiency of application of arbolite and practically unlimited material possibilities give right to consider development of production of arbolite not as a temporary measure for liquidation of the deficit in wall materials, but as one of the important directions in development of local building materials with use of secondary resources in the form of wood wastes. The proximity of the enterprise to the resources and markets allows reducing the cost of production, increasing its competitive advantages and ensuring the sustainable development of the enterprise in the long term.

Keywords: arbolite, building materials, durability, thermal insulation, construction, production, foundations, sound insulation, blocks, material.

Постановка проблемы. С расширением индивидуального строительства в различных регионах Крыма возросла потребность в строительных материалах, разработанных на основе местных ресурсов. В настоящее время отмечается тенденция к облегчению веса строительных конструкций и изделий, то есть к применению в них прочных облегченных бетонов. Одним из разновидностей легкого бетона является арболит. Сейчас для коттеджного строительства используют пенобетон, который требует дополнительной отделки и звукоизоляции, что негативно влияет на качество конструкции и итоговую цену.

В данной работе рассматривается возможность производства экологически чистых арболитовых блоков с повышенными физико-механическими свойствами для малоэтажного коттеджного строительства с включением в состав древесных отходов, в том числе коммунальных отходов и отходов лесопаркового хозяйства Крымского региона.

Изложение основного материала. Согласно ГОСТ 19222-2019, арболит плотной структуры (плотный арболит) – это легкий бетон с мелким заполнителем, у которого все пространство между древесными частицами (измельченной древесиной) заполнено затвердевшим раствором и порами вовлеченного воздуха, образованными за счет применения порообразующих добавок, регулирующих пористость арболитовой смеси и арболита [1].

Одним из возможных путей получения дополнительного количества древесного сырья в Крыму без ввода новых производственных мощностей по вырубке леса является переработка древесных отходов, получающихся в процессе заготовки древесины, санитарного ухода за лесными насаждениями, в городском коммунальном и лесопарковом хозяйстве. Имеющиеся на сегодняшний день технологии предлагают использовать такие отходы как источник топлива – древесного угля или топливных брикетов. Других предложений по переработке низкосортной древесины и древесных отходов практически нет.

Древесные отходы на 95% состоят из клеточных оболочек, которые содержат 44-46% целлюлозы, 20-30% лигнина, 15-17 % гемицеллюлозы, 13-15% жиров, смол, воска, белков. Древесина содержит много углерода (49,5 %), сравнительно бедна азотом (0,1-1,2%), имеет в своем составе сахара [2, 3]. В связи с этим при производстве арболита необходимо исключить влияние сахаров и других веществ, которые выделяет древесный заполнитель. Сахара негативно влияют на цемент, на его затвердевание, а соответственно на прочность

изделия. Для этого в состав вводятся химические добавки для арболита, выполняется модификация цементного раствора. Из всех методов по улучшению качества арболита именно добавление химического компонента на этапе замеса раствора является наиболее эффективным, позволяет нейтрализовать вредные вещества с наименьшими экономическими и трудовыми затратами [4].

В качестве вяжущих материалов для изготовления арболитовой смеси следует применять портландцемент, портландцемент с минеральными добавками, сульфатостойкий цемент, соответствующие требованиям ГОСТ, марок не ниже 300 – для теплоизоляционного арболита и 400 и выше – для конструкционного арболита.

Реализация технологии получения арболитобетона на основе композиционных цементных связующих с использованием дробленой виноградной лозы, коммунальных древесных отходов и отходов санитарного ухода за лесными насаждениями планируется на базе Бахчисарайского комбината «Стройиндустрия».

Для организации производства необходимо приобретение следующего оборудования: вибропресс Рифей «Удар» 21,3кВт; силос цемента объемом 60 м³, тельфер г/п 1 т 1,86 кВт; дробилка молотковая; объемный дозатор дробленки; бункер дробленки; ванна для замачивания дробленки; нагревательная пушка 9кВт; вентиляторы 0,06 кВт. Общая расчетная стоимость основного и вспомогательного оборудования для организации производства составляет 5 046 414,00 рублей.

Технология производства арболитовых блоков включает следующие операции: приемку и хранения древесных отходов, внутрицеховое транспортирование древесных отходов и их измельчение, дозировку составляющих и приготовления арболитовой смеси, транспортирование смеси и укладку ее в формы, твердение отформованных изделий и их сушку, транспортирование готовых изделий на склад и хранение их до загрузки потребителю.

Отходы древесины складывают на приемной площадке, затем вручную подают в приемную воронку дробилки. Измельченная древесина в виде дробленки, из которого в сетчатых контейнерах поступает в ванну с сульфатом алюминия для замачивания в течение 1,5-2 суток. Для приготовления смеси, сначала в смеситель поступают из дозатора сухие компоненты, перемешиваются. Затем дробленка из ванны подается при помощи тельфера в объемный дозатор, откуда поступает в смеситель и в конце поступает вода. Готовая арболитовая смесь из растворосмесителя поступает ленточным конвейером в арболитоукладчик, с помощью которого на формовочных постах формы заполняются арболитовой смесью и уплотняется гидравлическими прессами и вибропрессовальными установками. После уплотнения, формы с изделиями перемещаются на поддоне при помощи тельфера, поддоны с изделиями складывают на специальных стеллажах. Далее погрузчиком стеллаж с изделиями отправляется на пост выдержки и сушки изделий, где они находятся до приобретения необходимой для транспортировки прочности.

В таблице 1 представлены основные технико-экономические показатели производства арболитобетона. Расчетная себестоимость 1м³ арболитовых блоков при проектной производительности 2,12 тыс. м³/год составит 2594 руб. Срок окупаемости капитальных вложений – 3 года.

Таблица 1. Техничко-экономические показатели производства арболитобетона

№ п/п	Наименование показателя	Единица измерения	Значение
1	Проектная производительность	тыс. м ³ /год	5,12
		тыс. шт./год	317
2	Стоимость товарной продукции	руб./м ³	5000
		руб./шт.	80,65
4	Количество рабочих мест	чел.	18
5	Удельные капитальные вложения	тыс. руб.	3550
6	Себестоимость продукции	руб./м ³	2594
		руб./шт.	86
7	Балансовая прибыль	тыс. руб.	41738,2
8	Чистая прибыль	тыс. руб.	23581,7
9	Срок окупаемости	мес.	36
11	Рентабельность	%	17
12	Съем готовой продукции с 1м 2 цеховой площади	тыс. м ³ /м ²	26,67

Выводы. Эффективность применения арболита и практически неограниченные сырьевые возможности дают право рассматривать развитие производства арболита не как временную меру для ликвидации дефицита в стеновых материалах, а как одно из важных направлений в освоении местных строительных материалов с использованием вторичных ресурсов в виде древесных отходов. Близость расположения предприятия к ресурсам и рынкам сбыта позволяет сократить себестоимость продукции, повысить ее конкурентные преимущества, обеспечить устойчивое развитие предприятия в долгосрочном периоде.

Список литературы

1. ГОСТ 19222-2019. Арболит и изделия из него. Общие технические условия (Введ. 2020-01-01) / [Электронный источник] <https://docs.cntd.ru/document/1200165761> (дата обращения: 10.03.2023).
2. Багатурия В.В., Самолдин А.Н. Проблема переработки древесно-растительных отходов (на примере г. Москвы)//Деревообработка и химические технологии. Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 2010. – №5. С. 144-147.
3. Акулова М.В., Джумабаев М.Д., Исакулов Б.Р., Толеуов Т.Ж. Получение легкого арболитобетона на основе цементнозольношламового вяжущего и органического заполнителя из скорлупы грецкого ореха// Интернет-журнал «Науковедение» Том 8. – 2016. – №4. С. 1-13.
4. Матыева А.К. Оптимизация состава и свойств сырьевых компонентов в производстве модифицированного арболита из местного сырья//Строительство и архитектура. Вестник СибАДИ. – 2019. – №3. – С. 352-365.

ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ПРИ ПРИЕМЕ, ХРАНЕНИИ И ОТПУСКЕ НЕФТЕПРОДУКТОВ

Д.И. Шевцова¹, Л.И. Осадчая², Л.А. Ничкова³

¹ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, 299053,
Российская Федерация, didishechki@mail.ru

² ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, 299053,
Российская Федерация, lila1809@mail.ru

³ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, 299053,
Российская Федерация, nichkova@sevsu.ru

Аннотация. В данной работе рассматривается загрязнение атмосферного воздуха выбросами углеводородов от АЗС предприятия АТАН. Рассматриваемое предприятие по санитарной классификации отнесено к 4-му классу с размером санитарно-защитной зоны 100 метров. Для каждого источника выбросов определены опасная скорость ветра, максимальная концентрация выброса в долях ПДК и расстояние, на котором достигается максимальная концентрация. Наряду с расчетами полей максимальных приземных концентраций проведены расчеты в 16 контрольных точках, расположенных в ближайшей жилой зоне, охранный зоне и на границе санитарно-защитной зоны. Результаты расчетов показали, что максимальные приземные концентрации всех загрязняющих веществ, создаваемые источниками автозаправочного комплекса на границе ближайшей жилой зоны и границе расчетной СЗЗ предприятия, с учетом фоновый уровень загрязнения воздуха не превышают ПДК. Поскольку существующие выбросы загрязняющих веществ в атмосферу не нарушают требования к качеству атмосферного воздуха, они могут быть приняты в качестве нормативов предельно допустимых выбросов в атмосферу. Результаты данной работы могут быть использованы при планировании и осуществлении природоохранной деятельности.

Ключевые слова: автозаправочный комплекс, инвентаризация, атмосферный воздух, источник загрязнения, класс опасности, санитарно-защитная зона.

ATMOSPHERIC AIR POLLUTION DURING RECEPTION, STORAGE AND RELEASE OF PETROLEUM PRODUCTS

D.E. Shevtsova¹, L.I. Osadchaya²

¹ FSAEI HE «Sevastopol State University», Sevastopol, 299053, Russian Federation didishechki@mail.ru

² FSAEI HE «Sevastopol State University», Sevastopol, 299053, Russian Federation lila1809@mail.ru

Abstract. In this paper, atmospheric air pollution is considered by hydrocarbon emissions from the gas station enterprise ATAN, the main direction of production activity of which is the reception, storage and release of petroleum products (various types of gasoline and diesel fuel (diesel fuel) and liquefied gas (propane-butane)). The calculation results showed that the maximum surface concentrations of all pollutants created by the sources of the gas station complex at the border of the nearest residential zone and the border of the calculated SPZ of the enterprise, taking into account the background level of air pollution, do not exceed the MPC.

Keywords: gas station complex, inventory, atmospheric air, source of pollution, hazard class, sanitary protection zone.

Постановка проблемы. Как известно, автозаправочные станции (АЗС) являются источником поступления загрязнителей в атмосферу. Значительная часть вредных веществ накапливается на территориях резервуарных парков и прилегающих территориях на высоте до двух-трех метров [1]. В данной работе рассматривается загрязнение атмосферного воздуха выбросами углеводородов от АЗС предприятия АТАН, основным направлением производственной деятельности которого является прием, хранение и отпуск нефтепродуктов (различные виды бензина и дизельного топлива (ДТ) и сжиженного газа (пропан-бутана)).

Изложение основного материала. Объект исследования расположен в центральной густо населенной части Симферопольского района. Ближайшая жилая зона располагается в 140 м от границы промплощадки в северо-восточном направлении. В соответствии с [2] рассматриваемое предприятие по санитарной классификации отнесено к 4-му классу с размером санитарно-защитной зоны 100 метров.

Источниками загрязнения атмосферного воздуха на территории промплощадки являются:

- Труба дизельного генератора (организованный, точечный). Время работы источника – 200 ч/год.
- ТРК (топливные баки автомобилей в процессе их заправки) (площадной, неорганизованный), (3285 ч/год).
- Дыхательные клапаны резервуаров в процессе хранения (малого дыхания) и слива (большого дыхания) топлива, проливы топлива (совокупность точечных) (8760 ч/год).
- Стоянка автотранспорта (площадной, неорганизованный) (8760 ч/год).
- Маневрирование автотранспорта (бензовоза) (площадной, неорганизованный) (8760 ч/год).

АЗС оборудована системой рекуперации – системой закольцовки паров бензина при сливе бензовоза. Сокращение выбросов при использовании системы закольцовки составляет 60%. При сливе дизельного топлива эта система не используется.

Рассматриваемое предприятие относится к 3-й категории предприятий ($0.1 \leq g_{\text{ПР}} = 0,39 \leq 1$), выбросы которых, оказывают заметное воздействие на качество атмосферного воздуха, при этом не создают условий для превышения ПДК в жилых зонах, или 0,8 ПДК в зонах, к которым предъявляются повышенные экологические требования. Для таких предприятий необходимо проведение расчетов загрязнения атмосферы, но не требуется разработка природоохранных мероприятий и нормативы ПДВ могут устанавливаться на уровне существующих выбросов [3].

Для оценки выбросов загрязняющих веществ от автозаправочного комплекса была проведена инвентаризация источников выбросов с использованием расчетных методов. Установлено, что предприятие расположено на 1 промплощадке, имеет 5 источников загрязнения атмосферы, которые выбрасывают 18 загрязняющих веществ, из них: 1 вещество 1 класса опасности (бенз/а/пирен); 3 вещества второго класса опасности (сероводород, бензол, формальдегид); загрязняющие вещества 3 и 4 классов опасности (азота диоксид, азота оксид, сажа, сера диоксид, углерод оксид, смесь предельных углеводородов C₁H₄-C₅H₁₂, смесь предельных углеводородов C₆H₁₄-C₁₀H₂₂, пентилены, диметилбензол, метилбензол, этилбензол, бензин, алканы C₁₂-19); 1 вещество с установленным критерием ОБУВ – керосин, в том числе 2 твердых и 16 газообразных и жидких веществ. Выявлено, что в составе выбросов образуется 3 группы суммаций, обладающих эффектом комбинированного вредного действия –сероводород, формальдегид (6035); диоксид серы, сероводород (6043); диоксид азота, диоксид серы (6204).

Согласно расчетов, общее количество выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух составило 2,518672 т/год, в том числе 0,008190 т/год газообразных и жидких, и 2,510482 т/год твердых. Из них стационарными источниками выбрасывается 0,944613 т/год, в том числе 0,943713 т/год газообразных и жидких, и 0,000900 т/год твердых.

Негативное воздействие выбросов было оценено по результатам расчетов максимальных приземных концентрации загрязняющих веществ, создаваемых на границе жилой зоны. Расчет рассеивания выбросов выполнен в соответствии с Методами расчетов рассеивания выбросов загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, утвержденных приказом Минприроды России 06.06.2017 N 273 [4]. На начальном этапе выполнена оценка значимости вредных веществ с точки зрения загрязнения атмосферы, которая показала нецелесообразность проведения детальных расчетов.

Для каждого источника определены опасная скорость ветра, максимальная концентрация выброса в долях ПДК и расстояние, на котором достигается максимальная концентрация. Наряду с расчетами полей максимальных приземных концентраций проведены расчеты в 16 контрольных точках, расположенных в ближайшей жилой зоне, охранной зоне и на границе санитарно-защитной зоны (СЗЗ) (рис. 1).

В результате проведения расчета рассеивания загрязняющих веществ, подлежащих нормированию в области охраны окружающей среды выявлено, что при увеличении

расчетных приземных концентраций в контрольных точках (на границе и территории жилой зоны) на 20%, 40% и 60% расчетная максимальная концентрация в долях не превышает 1 ПДК.

Результаты расчетов подтвердили соблюдение действующих гигиенических стандартов качества атмосферного воздуха по всем вредным веществам, выбрасываемым источниками площадки АЗС, достаточность имеющейся СЗЗ.



Рис. 1 - Карта-схема результатов расчета рассеивания диоксида азота

Выводы. Данные, полученные в результате проведения инвентаризации источников выбросов, служат базой для статистической отчетности исследуемого предприятия по соответствующим формам. В целом результаты расчетов показали, что на данный момент максимальные приземные концентрации всех загрязняющих веществ, создаваемые источниками автозаправочного комплекса на границе ближайшей жилой зоны и границе расчетной СЗЗ предприятия, с учетом фоновых уровней загрязнения воздуха в условиях регламентной работы не превышают ПДК.

Поскольку существующие выбросы загрязняющих веществ в атмосферу не нарушают требования к качеству атмосферного воздуха, они могут быть приняты в качестве нормативов предельно допустимых выбросов в атмосферу. Результаты данной работы могут быть использованы при планировании и осуществлении природоохранной деятельности.

Список литературы

1. Созаева Л.Т., Шериева М.А., Шунгаров И.Х., Шагин С.И. Загрязнение атмосферного воздуха выбросами автозаправочных станций // Наука. Инновации. Технологии. – 2019. – №4. С. 185-192.
2. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов» (с изменениями от 28 февраля 2022 г) / – [Электронный источник] <https://base.garant.ru/12158477/b89690251be5277812a78962f6302560/> (дата обращения: 10.03.2023).
3. «Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий» Постановление правительства РФ от 31 декабря 2020 года N 2398/ – [Электронный источник] <https://docs.cntd.ru/document/573292854> (дата обращения: 10.03.2023).
4. «Методы расчетов рассеивания выбросов загрязняющих веществ в атмосферном воздухе», приказ Минприроды России 06.06.2017 N 273 / – [Электронный источник] <https://docs.cntd.ru/document/456074826> (дата обращения: 10.03.2023).

МЕТОДИКИ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ДОСТУПНОЙ РАБОЧЕЙ СРЕДЫ ДЛЯ ЛЮДЕЙ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

М.В. Просин¹, Ю.С. Анисимова¹, А.С. Ушакова¹

¹ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», г. Кемерово, 650000, Россия,
anisimova.j4@gmail.com

Аннотация. В данной статье исследованы проблемы, возникающие в процессе трудоустройства инвалидов, создания условий труда в соответствии с индивидуальными программами реабилитации. Анализируются нормы, регулирующие обеспечение занятости инвалидов, условия труда, создание специальных рабочих мест, пробелы в рассматриваемых выше сферах, трудовая реабилитация инвалидов.

Ключевые слова: медицинская реабилитация, инвалидность, специальные условия труда, индивидуальная программа реабилитации, охрана труда.

METHODS FOR IMPLEMENTING ACCESSIBLE WORK ENVIRONMENT FOR PEOPLE WITH DISABILITIES

M.V. Prosin¹, Yu.S. Anisimova¹, A.S. Ushakova¹

¹ FGBOU VO "Kemerovo State University", Kemerovo, 650000, Russia, anisimova.j4@gmail.com

Abstract. accordance with individual rehabilitation programs. The norms regulating the employment of persons with disabilities, working conditions, the creation of special jobs, gaps in the areas discussed above, and the labor rehabilitation of persons with disabilities are analyzed.

Keywords: medical rehabilitation, disability, special working conditions, individual rehabilitation program, occupational health and safety.

Одной из проблем современного общества является трудоустройство инвалидов. Значительное количество людей с ограниченными возможностями имеют по медицинским показаниям возможность трудиться. Однако, согласно статистическим данным, трудится только каждый третий из них. В настоящее время в Российской Федерации сложилась такая ситуация, когда работодатель не заинтересован в трудоустройстве инвалидов, так как на рынке труда существует большой выбор трудоспособных работников, не ограниченных медицинскими противопоказаниями. Администрация организаций объясняет причину нежелания принимать инвалидов еще и тем, что создание рабочих мест для них требует немалых материальных вложений, а льготные условия труда инвалидов предоставляются исключительно за счет средств работодателя.

В настоящее время в России проживают около 12,5 млн официально зарегистрированных инвалидов старше 18 лет (8% населения) и еще почти 600 тыс. детей-инвалидов. Оплачиваемая работа или доходное занятие есть лишь у 16% инвалидов. Среди 30- и 40-летних инвалидов доля занятых достигает 27%. В этом возрасте в основном работают инвалиды с III группой инвалидности, почти половина из них имеет трудовой доход. Для инвалидов II группы участие в трудовой деятельности реже – 15%. Для сравнения: в США имеют работу 30%, в Великобритании – 40%, в Китае – 80% инвалидов. Правительства этих стран убеждены, что гораздо выгоднее для экономики страны вкладывать средства в реабилитацию и трудоустройство инвалидов, чем содержать их за счет различного вида пособий, льгот и преимуществ. Для стимулирования работодателей в первую очередь используются экономические методы, в частности налоговые льготы.

Лишь не многие работодатели захотят и смогут себе позволить существенные финансовые затраты на исполнение всех предписаний для трудоустройства работника-инвалида. Боязнь штрафов за отказ от выполнения квоты на прием инвалидов вряд ли является весомым стимулом. Действующее законодательство предусматривает взимание штрафных санкций за отказ работодателя в предоставлении рабочих мест гражданам с

ограниченными возможностями в рамках установленной квоты. Сумма штрафа варьирует от 5000 до 10 000 руб.

Обеспечение безопасности для людей с ограниченными возможностями требует комплексного и инклюзивного подхода. Рассмотрим несколько способов для улучшения условий труда для людей с ограниченными возможностями.

Индивидуальная программа реабилитации или абилитации инвалида - комплекс оптимальных для инвалида реабилитационных мероприятий, включающий в себя отдельные виды, формы, объемы, сроки и порядок реализации медицинских, профессиональных и других реабилитационных мер, направленных на восстановление, компенсацию нарушенных функций организма, формирование, восстановление, компенсацию способностей инвалида к выполнению определенных видов деятельности. Федеральные учреждения медико-социальной экспертизы могут при необходимости привлекать к разработке индивидуальных программ реабилитации инвалидов организации, осуществляющие деятельность в данной сфере.

Согласно ФЗ 419 «О внесении изменений в отдельные законодательные акты российской федерации по вопросам социальной защиты инвалидов в связи с ратификацией конвенции о правах инвалидов» от 1.12.2014 г порядок разработки и реализации индивидуальной программы реабилитации или абилитации инвалида и ее форма определяются федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке и реализации государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере социальной защиты населения. Индивидуальная программа реабилитации инвалида является обязательной для исполнения соответствующими органами государственной власти, органами местного самоуправления, а также организациями независимо от организационно-правовых форм и форм собственности. Индивидуальная программа реабилитации имеет для инвалида рекомендательный характер, он вправе отказаться от того или иного вида, формы и объема реабилитационных мероприятий, а также от реализации программы в целом.

Инвалид вправе самостоятельно решить вопрос об обеспечении себя конкретным техническим средством реабилитации или видом реабилитации, включая кресла-коляски, протезно-ортопедические изделия, печатные издания со специальным шрифтом, звукоусиливающую аппаратуру, сигнализаторы, видеоматериалы с субтитрами или сурдопереводом, другими аналогичными средствами.

При разработке новых технологий или инфраструктуры необходимо учитывать потребности людей с ограниченными возможностями. Это может включать в себя включение таких функций, как преобразование текста в речь, распознавание голоса, возможность крупного шрифта и тактильная обратная связь.

Проектирование зданий и рабочих мест, доступных для людей с ограниченными возможностями, подразумевает создание среды, в которой могут ориентироваться и пользоваться люди с самыми разными способностями. Ключевыми моментами при проектировании доступных зданий и рабочих мест являются входы должны быть ровными и иметь достаточную ширину для размещения людей, использующих средства передвижения. Они также должны быть оборудованы автоматическими открывателями дверей или другими вспомогательными устройствами, если это необходимо.



Рис. 1 - Электрический пандус

На рис. 1 представлено изображение электрического пандуса.

Здания и рабочие места должны иметь доступные маршруты, включая дорожки, коридоры и дверные проемы. Эти маршруты должны быть достаточно широкими, чтобы на них могли поместиться средства передвижения, и не иметь препятствий и опасностей. Организация рабочих мест может включать предоставление столов с регулируемой высотой, доступных клавиатур и других вспомогательных технологий, если это необходимо. Здания и

рабочие места должны быть хорошо освещены, освещение должно быть равномерно распределено и не создавать бликов. Здания и рабочие места должны иметь визуальные и слуховые сигналы для помощи людям с нарушениями слуха или зрения. Это могут быть звуковые сигналы, визуальные мигающие огни и другие вспомогательные устройства.

Очень важно тестировать новые технологии и инфраструктуру с участием людей с ограниченными возможностями, чтобы убедиться, что они доступны и безопасны для их использования. Реализация данного метода может осуществляться с помощью пользовательского тестирования или путем привлечения людей с ограниченными возможностями к процессу проектирования. Сотрудники, работающие с людьми с ограниченными возможностями, должны быть обучены тому, как правильно использовать и обслуживать технологии и инфраструктуру, чтобы обеспечить их безопасность и доступность для всех.

Разработка плана готовности к чрезвычайным ситуациям на рабочем месте, включающего людей с ограниченными возможностями, требует комплексного и инклюзивного подхода. Определение конкретных потребностей людей с ограниченными возможностями на рабочем месте. К ним могут относиться люди, использующие средства передвижения, имеющие нарушения слуха или зрения, или другие инвалидности, которые влияют на их способность эвакуироваться или реагировать на чрезвычайную ситуацию. Необходима разработка плана по передаче информации о чрезвычайной ситуации людям с ограниченными возможностями. Это может включать предоставление информации в нескольких форматах, таких как визуальный, аудио и письменный форматы, или предоставление коммуникационных устройств, совместимых со вспомогательными технологиями. Разработка плана эвакуации, учитывающего особые потребности людей с ограниченными возможностями. Это может включать определение доступных маршрутов эвакуации, предоставление помощи при эвакуации и обеспечение доступности эвакуационного оборудования для всех сотрудников.

Одним из самых оптимальных вариантов технических решений для лиц с ОВЗ является создание безопасных зон. Безопасные зоны - зоны, в которых люди защищаются от воздействия ОФП или в которых поражающие факторы отсутствуют или не превысят предельно допустимые значения. Согласно Федерального закона [3] ч.15, ст.89 который гласит: «Для эвакуации со всех этажей зданий групп населения с ограниченными возможностями передвижения допускается предусматривать на этажах вблизи лифтов, предназначенных для групп населения с ограниченными возможностями передвижения, и (или) на лестничных клетках устройство безопасных зон, в которых они могут находиться до прибытия спасательных подразделений...».

Таким образом, можно сделать вывод о том, что разработка плана готовности к чрезвычайным ситуациям с участием людей с ограниченными возможностями требует приверженности принципам инклюзивности и доступности. Определив особые потребности людей с ограниченными возможностями и разработав комплексный план, учитывающий эти потребности, работодатели могут помочь обеспечить безопасность всех сотрудников в случае чрезвычайной ситуации. Учитывая потребности людей с ограниченными возможностями при проектировании, тестировании и обслуживании технологий и инфраструктуры, мы можем помочь обеспечить безопасное и независимое пользование ими для каждого человека.

Список литературы

1. Угарова, И. М. К вопросу о проблеме обеспечения безопасной эвакуации детей с ограниченными возможностями здоровья в пожароопасной ситуации / И. М. Угарова, Д. А. Бесперстов, М. В. Просин // Холодильная техника и биотехнологии : Сборник тезисов IV национальной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2023. – С. 231-232.
2. Анисимова, Ю. С. Внедрение цифровых методик в области охраны труда / Ю. С. Анисимова, М. В. Просин // Сборник трудов Конкурса научно-исследовательских работ (Конкурса НИР) : Материалы Молодежной программы 26-ой Международной специализированной выставки и Форума, Москва: Ассоциация разработчиков, изготовителей и поставщиков средств индивидуальной защиты, 2023. – С. 126-128.
3. ГОСТ Р 57958-2017 Национальный стандарт Российской Федерации. Условия труда инвалидов. Требования доступности и безопасности. Введен 01.01.2019. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200157811>

РЕАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ РАЗДЕЛЬНОГО СБОРА КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ В Г. СЕВАСТОПОЛЕ

Ф.Ф. Ахметшина¹, Л.И. Осадчая², Л.А. Ничкова³

¹ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, 299053, Российская Федерация, farida248@yandex.ru

² ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, 299053, Российская Федерация, lila1809@mail.ru

³ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, 299053, Россия, nichkova@sevsu.ru

Аннотация. В последнее время все более актуально стоит проблема накопления отходов в городах, в частности, в Севастополе. Раздельный сбор отходов – это один из возможных вариантов решений данной проблемы. Данный подход не только способствует уменьшению объемов полигонного депонирования твердых коммунальных отходов (ТКО), но и способствует повышению качества вторичного сырья, которое может быть использовано в процессе переработки. Данная научная статья посвящена проблеме раздельного сбора мусора в городе Севастополь. В работе рассмотрены основные принципы раздельного сбора отходов, типы маркировок контейнеров для селективного сбора отходов, а также исследованы причины накопления мусора в городе. Установлено, что одной из главных причин накопления отходов в городе является недостаточное количество контейнеров для раздельного сбора, кроме того, многие жители не знают о необходимости раздельного сбора и не понимают, как это может повлиять на окружающую среду. Описаны существующие методы переработки отходов и проанализирована их эффективность. Внедрение системы раздельного сбора мусора в Севастополе может стать важным шагом на пути к улучшению экологической обстановки и повышению качества жизни горожан.

Ключевые слова: контейнеры, мусор, отходы, переработка, раздельный сбор мусора, раздельное накопление отходов, раздельный сбор ТКО, твердые коммунальные отходы.

IMPLEMENTATION OF THE SYSTEM OF SEPARATE COLLECTION OF MUNICIPAL WASTE IN SEVASTOPOL

F.F. Akhmetshina¹, L.I. Osadchaya², L.A. Nichkova³

¹ FSAEI HE «Sevastopol State University», Sevastopol, 299053, Russian Federation, farida248@yandex.ru

² FSAEI HE «Sevastopol State University», Sevastopol, 299053, Russian Federation, lila1809@mail.ru

³ FSAEI HE «Sevastopol State University», Sevastopol, 299053, Russian Federation, nichkova@sevsu.ru

Annotation. Recently, the problem of waste accumulation in cities, in particular, in Sevastopol, has become more and more urgent. Separate waste collection is one of the possible solutions to this problem. This approach not only helps to reduce the volume of landfill deposits of municipal solid waste (MSW), but also contributes to improving the quality of secondary raw materials that can be used in the processing process. This scientific article is devoted to the problem of separate garbage collection in the city of Sevastopol. The paper considers the basic principles of separate waste collection, types of labeling of containers for selective waste collection, and also examines the causes of garbage accumulation in the city. It is established that one of the main reasons for the accumulation of waste in the city is the insufficient number of containers for separate collection, in addition, many residents do not know about the need for separate collection and do not understand how this can affect the environment. The existing methods of waste recycling are described and their effectiveness is analyzed. The introduction of a separate garbage collection system in Sevastopol can be an important step towards improving the environmental situation and improving the quality of life of citizens.

Keywords: containers, garbage, waste, recycling, separate garbage collection, separate waste accumulation, separate collection of MSW, solid municipal waste.

Постановка проблемы. По результатам анализа данных Росстата, проведенного международной аудиторско-консалтинговой сети FinExpertiza, Севастополь по итогам 2020 года вошел в топ-3 регионов России, где на одного жителя приходится больше тонны мусора в год (1009 кг). С 2017 года население Севастополя увеличилось в два с лишним раза. Генерация мусора происходит неравномерно, на каждого жителя Севастополя приходится 5,6 кубометра отходов. [1]

Накопление отходов – это процесс, при котором отходы скапливаются на территории города. Отходы могут быть разного типа: органические, бумажные, стеклянные, пластиковые и т.д. Некоторые из этих отходов могут быть использованы как вторичное сырье, но большая часть из них является просто мусором. Проблема накопления отходов заключается в том, что они занимают много места и могут привести к загрязнению окружающей среды. Кроме того, они могут стать источником различных заболеваний и привести к ухудшению качества жизни горожан. Первым шагом для эффективного раздельного сбора мусора является анализ накопления отходов в городе Севастополь. В этом регионе, как и в большинстве других городов, наибольшими объемами отходов являются пищевые и органические отходы (около 50-60 % от общего объема ТКО). Вторым по объему являются бумажные и картонные упаковки (около 20 %), затем – пластиковые продукты (около 15 %) и различные металлические, стеклянные банки и бутылки (около 5-10 %). Некоторые виды отходов могут быть использованы как вторичное сырье. Например, стекло, пластик, бумага и металл могут быть переработаны и использованы для создания новых продуктов. Это позволяет не только сократить количество отходов, но и уменьшить потребность в природных ресурсах.

Изложение основного материала. Существует несколько методов переработки отходов. Один из наиболее распространенных – это механическая переработка, при которой отходы измельчаются и разделяются на компоненты. Другой метод – это химическая переработка, при которой отходы подвергаются обработке различными химическими реакциями. Третий метод – это биологическая переработка, при которой отходы разлагаются под воздействием микроорганизмов.

Раздельный сбор мусора – это способ организации сбора ТКО, при котором различные виды отходов собираются отдельно друг от друга. Это позволяет более эффективно использовать вторичное сырье и уменьшить количество остатков, которые попадают на свалку.

Разделение мусора помогает предотвратить разложение мусора, его гниение и горение на свалках. Следовательно, уменьшается вредное влияние на окружающую среду. Разделение мусора находится под ответственностью каждого отдельно взятого гражданина страны. [2]

Преимущества раздельного сбора мусора: уменьшение количества свалок, уменьшение выбросов от отходов при сжигании, складировании, повторное использование ресурсов, экономия электроэнергии, ресурсов, увеличение объема переработки мусора.

Наиболее эффективным методом является использование контейнеров для раздельного сбора мусора, которые разделены на отдельные категории: каждый тип отхода должен иметь свой цветной контейнер, графическое, текстовое обозначение и должен быть размещен в общественных местах для удобства жителей.

Маркировка контейнеров для раздельного сбора:

- "Бумага" – синий цвет;
- "Несортированные коммунальные отходы" – зеленый цвет;
- "Пластик" – желтый цвет;
- "Стекло" – красный цвет;
- "Электронное и электрическое оборудование, утратившее потребительские свойства" – серый цвет.

Для того чтобы обеспечить максимальную отдачу, необходимо провести информационную кампанию о правильном раздельном сборе мусора и о последствиях неправильной утилизации.

В 2019 году региональным оператором ООО «БГС» начато осуществление мероприятий по раздельному сбору твёрдых коммунальных отходов. Так, по городу Севастополю было установлено 18 павильонов для раздельного сбора и планируется установка дополнительных павильонов. Расходы на создание и установку этих павильонов составили более 500 тыс. руб. за счёт средств регионального оператора. Одновременно с этим подготовлен проект постановления правительства Севастополя «Об утверждении

порядка сбора твёрдых коммунальных отходов (в том числе их раздельного сбора) на территории города федерального значения Севастополь», в соответствии с которым, региональный оператор поэтапно до 2025 года должен внедрить раздельный сбор ТКО на территории города Севастополя.[3]

Территориальной схемой предлагается поэтапный переход на раздельное накопление твёрдых коммунальных отходов. На первом этапе рекомендуется внедрение селективного сбора на территории, расположенной в непосредственной близости от нового автоматизированного мусоросортировочного комплекса. На втором этапе, после того как у населения выработается практика раздельного накопления, можно рассмотреть возможность внедрения раздельного накопления на большей территории, с привлечением управляющих компаний. Для внедрения системы раздельного накопления отходов отходы вторичного использования целесообразно складировать в евроконтейнеры объёмом 1,1 куб. м, имеющие специальную маркировку. Двухконтейнерная система накопления твёрдых коммунальных отходов имеет следующие преимущества:

- уменьшение необходимой площади земельного участка для организации контейнерной площадки;
- снижение затрат на обустройство контейнерной площадки;
- снижение затрат на приобретение и обслуживание контейнерного парка;
- снижение затрат на транспортирование отходов за счёт сокращения количества транспортных средств и логистических маршрутов для сбора отходов.

С учётом существующих технологических возможностей по сортировке отходов двухконтейнерная система раздельного накопления отходов экономически более эффективна, чем многоконтейнерная система накопления отходов. [3]

Внедрение системы раздельного сбора — достаточно длительный процесс, который может занять более 5 лет. Это обусловлено тем, что необходимо время на ввод в эксплуатацию мусороперерабатывающих комплексов, внедрение раздельного сбора отходов, просвещение жителей города и в освоении технологий углубленной переработки.

Территориальная схема обращения с отходами базируется на новой модели отношений по обращению с твёрдыми коммунальными отходами, регламентированной Федеральным законом от 24.06.1998 № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления». В соответствии с территориальной схемой формируется новая система накопления твёрдых коммунальных отходов, включая поэтапный переход к раздельному накоплению твёрдых коммунальных отходов и накоплению опасных и особо опасных отходов. [4]

Выводы. Раздельный сбор мусора является одним из способов решения проблемы обращения с отходами в городе Севастополь. Правильная сортировка отходов и их переработка позволят существенно снизить количество отходов, направляемых на свалку, и уменьшить загрязнение окружающей среды. Для внедрения раздельного сбора мусора необходимо решить ряд организационных и технических вопросов.

Список литературы

1. Федеральная служба государственной статистики: [Электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru>. (Дата обращения: 22.03.2023)
2. Путинцева Н.А. Организация раздельного сбора твердых коммунальных отходов в России// Петербургский экономический журнал – 2019 – №1. С. 81-88.
3. Правительство города Севастополя. / Постановление от 27.12.19 года N 698-ПП об утверждении территориальной схемы города Севастополя в области обращения с отходами, в том числе с твердыми коммунальными отходами. URL: <https://docs.cntd.ru/document/450264657/titles/1LHEER7>. (Дата обращения: 23.03.2023)
4. Федеральный закон от 24.06.1998 № 89-ФЗ (ред. от 01.03.2023) «Об отходах производства и потребления». URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19109/. (Дата обращения: 23.03.2023)

АКУСТИЧЕСКОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ЖЕЛЕЗНО-ДОРОЖНЫМ ТРАНСПОРТОМ. МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ.

Н.О. Ионова¹, Г.А. Сигора²

¹ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, 299053,
Российская Федерация, na.ta.li.14@mail.ru

² ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, 299053,
Российская Федерация, sigoral@yandex.ru

Аннотация. Рассмотрены такие проблемы как: повышенное воздействие шума от железнодорожного транспорта вблизи жилых домов, общественных зданий и сооружений; Отсутствие каких-либо шумозащитных мер на этих территориях.

Цели: предложить меры по снижению уровня шума на территории жилой застройки до максимально близких к допустимому значению по СН 2.2.4/2.1.8.562-96.

Объект: шум от железной дороги.

Предмет: влияние шумового загрязнения на жизнедеятельность населения.

Ключевые слова: шум, железнодорожный транспорт, безопасность, шумозащитный экран, полоса зеленых насаждений.

ACOUSTIC POLLUTION BY RAILROAD TRANSPORT. METHODS OF PROTECTION

N.O. Ionova¹, G.A. Sigora²

¹ FSAEI HE «Sevastopol State University», Sevastopol, 299053, Russian Federation, na.ta.li.14@mail.ru

² FSAEI HE «Sevastopol State University», Sevastopol, 299053, Russian Federation, sigoral@yandex.ru

Abstract. Such problems as: increased noise influence from the railroad transport near dwelling houses, public buildings and constructions; Absence of any noise protective measures in these territories are considered.

Objectives: to propose measures to reduce the level of noise on the territory of residential buildings to the maximum permissible values according to CH 2.2.4/2.1.8.562-96.

Object: noise from the railroad.

Subject: effect of noise pollution on the life activity of population.

Key words: noise, railroad transport, safety, noise protection shield, green belts.

Постановка проблемы

Железнодорожный транспорт – источник шумового загрязнения окружающей среды. Он выделяется в следующих аспектах: шум, возникающий в результате взаимодействия колес и рельсов, является основным источником шума при движении поезда; шум локомотива из-за работы дизельного двигателя, тяговых двигателей, трансмиссии, вспомогательных двигателей и шестерней и аэродинамический шум, который ниже шума качения.

Шумовое загрязнение, которое возникает при эксплуатации подвижного состава с учетом состояния локомотивов, отрицательно сказывается на здоровье людей, проживающих вблизи вокзалов. Он вызывает много негативных факторов, таких как нарушение сна, изменение поведения, повышение возбудимости, бессонницу и т. д. Все это напрямую зависит от интенсивности шума, частоты и его продолжительности.

Санитарные нормы шума от железных дорог

Настоящий свод правил СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки» устанавливает обязательные требования, которые должны выполняться при проектировании, строительстве и эксплуатации зданий различного назначения, планировке и застройке городских и сельских поселений с целью защиты от шума и обеспечения нормативных параметров акустической

среды в производственных, жилых, общественных зданиях, на прилегающих к ним территориях и в рекреационных зонах.

Основная часть

Источником шума являются колеблющиеся тела, возбуждающие колебания в окружающей упругой среде (воздухе), которые и воспринимаются органами слуха.

В последнее время железнодорожный транспорт все чаще становится причиной жалоб населения на повышенный шум. Далеко не все железные дороги имеют зону санитарного разрыва. И строительство жилых домов зачастую ведется на расстоянии менее 100 м от железнодорожных путей. Проезд железнодорожного состава обуславливает возрастание уровня шума в некоторых случаях до 80-90 дБА на прилегающей жилой территории, что вызывает большое количество обращений жителей с жалобами на повышенный шум. Технические нормы шума в Российской Федерации, ограничивающие уровень шума, создаваемого поездом, никак не стыкуются с санитарными нормами и действуют далеко не для всех видов подвижного состава. Отечественный подвижной состав железнодорожного транспорта в среднем на 7-10 дБА более шумный, чем европейские модели. Основными источниками шума на железнодорожном транспорте являются движущиеся поезда, путевые машины, производственное оборудование. Железная дорога, проходящая через населенные пункты, создает не удобства для проживающего населения и вызывает загрязнение окружающей среды.

В санитарных нормах указано, что в дневное время около домов и зданий уровень шума не должен превышать 55 дБА, а в период с 23 часов ночи до 7 часов утра – 45 дБА. В квартирах же днем уровень шума не должен быть выше 40 дБА, ночью – 30 дБА. В таблице представлены допустимые уровни звука, эквивалентные и максимальные уровни звука проникающего шума в помещениях жилых и общественных зданий и шума на территории застройки.

Для снижения акустического загрязнения окружающей среды используют:

- замену шумных источников и технологий на малошумные;
- изменение направленности излучения шума источником;
- снижение шума по пути распространения от источника до защищаемого от шума места;
- комплекс средств защиты от шума в шумном агрегате, транспортном средстве;
- архитектурно-планировочные меры в жилой застройке;
- организационные мероприятия;
- улучшение качества воспринимаемого звука;
- новые акустические технологии.

Акустические средства защиты от шума в зависимости от принципа действия классифицируются на:

- средства звукоизоляции (ограждения, экраны, кожухи) ;
- средства звукопоглощения (облицовки, штучные звукопоглотители) ;
- глушители шума (реактивные , абсорбционные, комбинированные) .

Одним из средств защиты от шума железнодорожного транспорта являются акустические экраны. Акустический экран - преграда, устанавливаемая между железнодорожными путями и объектами защиты (жилыми домами, гостиницами, больницами, школами и пр.), обеспечивающая снижение шума до санитарных норм или запроектированных значений.

Методы защиты:

1. Акустические экраны, устанавливаемые вдоль железнодорожных путей, классифицируются по следующим признакам:

- принципу действия;
- конструктивному решению верхней части;
- светопропусканию;
- материалам, примененным для изготовления акустических панелей.

2. Снижение шума зеленой полосой насаждений. Эффективность зависит от правильного выбора пород деревьев и кустарников (лиственных и хвойных пород для обеспечения круглогодичной защиты) и их оптимального позиционирования (создания многоярусных рядов с сомкнутыми кронами и подлеском). Снижение шума может достигать значения 30 дБ и более. Необходимая высота зеленых насаждений должна быть не менее 7-8 м, что не всегда возможно обеспечить при большом количестве воздушных линий электропередач в городской черте.

Выводы

Таким образом, выяснили, что шумовое загрязнение, которое возникает при эксплуатации подвижного состава, отрицательно сказывается на здоровье людей, проживающих вблизи жилой застройки. Он вызывает много негативных факторов, таких как нарушение сна, изменение поведения, повышение возбудимости, бессонницу и т. д. Все это напрямую зависит от интенсивности шума, частоты и его продолжительности. Поэтому были предложены меры защиты от акустического загрязнения такие, как : акустический экран и полоса зеленых насаждений. Эффективность этих мер зависит от точности расчетов и измерений .

Список литературы

1. Суворов Г.А., Прокопенко Л.В., Якимова Л.Д. Шум и здоровье (эколого-гигиенические проблемы). - М.: Союз, 1996. - 150 с.
2. Допустимые уровни шума, вибрации и требования к звукоизоляции в жилых и общественных зданиях. МГСН 2.04-97 (Московские городские строительные нормы). - М., 1997. - 37 с
3. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности - наука о выживании в техносфере - М.: ВИНТИ, Обзорная информация. Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях, 1996. вып. 1.
4. Безопасность жизнедеятельности, Конспект лекций. Ч. 2/ П.Г. Белов, А.Ф. Козьяков. С.В. Белов и др.; Под ред. С.В. Белова. - М.: ВАСОТ. 1993.
5. Безопасность жизнедеятельности, Н.Г. Занько. Г.А. Корсаков, К.Р. Малаян и др. Под ред. О.Н. Русака. - С.-П.: Изд-во Петербургской лесотехнической академии, 1996
6. [.СН 2.2.4/2.1.8.562-96](#) «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки».

СЕКЦИЯ № 5 МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

УДК 664

АКТУАЛЬНОСТЬ РАЗРАБОТКИ И ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ, ОСНОВАННОЙ НА ПРИНЦИПАХ ХАССП ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ОБЩЕСТВЕННОГО ПИТАНИЯ В Г. СЕВАСТОПОЛЬ

И.А. Лысикова¹, М.Н. Белая²

¹ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, 299053,
Российская Федерация, irisha.ivashchuk@mail.ru

²ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, 299053,
Российская Федерация, belaya_079@mail.ru

Аннотация. В статье рассматривается актуальность разработки системы ХАССП для предприятия общественного питания в г. Севастополь. Описаны обязательные требования технического регламента Таможенного союза (ТР ТС 021/2011) «О безопасности пищевой продукции», а также санитарно-эпидемиологических правил и норм (СанПиН 2.3/2.4.3590-20) «Санитарно-эпидемиологические требования к организации общественного питания населения». Перечислены основные принципы системы ХАССП в соответствии с национальным стандартом ГОСТ Р 51705.1-2001 Системы качества. Управление качеством пищевых продуктов на основе принципов ХАССП. Общие требования. Рассмотрены требования к созданию системы менеджмента безопасности пищевой продукции в соответствии с национальным стандартом ГОСТ Р ИСО 22000-2019 Системы менеджмента безопасности пищевой продукции. Требования к организациям, участвующим в цепи создания пищевой продукции. На основании анализа нормативных документов определены критерии для сравнения двух разных подходов, сформирована сравнительная таблица для выбора стандарта, чтобы внедрить систему на основе принципов ХАССП (принципов, основанных на проведение анализа рисков и выявлении критических контрольных точек) на предприятии общественного питания в городе Севастополь. Определен путь выбора реализации и внедрения принципов ХАССП.

Ключевые слова: безопасность, качество, пищевая продукция, система ХАССП, СМБПП, требование.

THE RELEVANCE OF THE DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF A FOOD SAFETY SYSTEM BASED ON THE PRINCIPLES OF HACCP FOR PUBLIC CATERING ENTERPRISES IN THE CITY OF SEVASTOPOL

I.A. Lysikova¹, M.N. Belaya²

¹FSAEI HE «Sevastopol State University», Sevastopol, 299053, Russian Federation,
irisha.ivashchuk@mail.ru

²FSAEI HE «Sevastopol State University», Sevastopol, 299053, Russian Federation, belaya_079@mail.ru

Abstract. The article discusses the relevance of the development of the HACCP system for a catering company in Sevastopol. The mandatory requirements of the technical regulations of the Customs Union (TR CU 021/2011) "On food safety", as well as sanitary and epidemiological rules and regulations (SanPiN 2.3/2.4.3590-20) "Sanitary and epidemiological requirements for the organization of public catering of the population". The main principles of the HACCP system are listed in accordance with the national standard GOST R 51705.1-2001 Quality System. Food quality management based on HACCP principles. General requirements. The requirements for the creation of a food safety management system in accordance with the national standard GOST R ISO 22000-2019 Food safety management system are considered. Requirements for organizations involved in the food production chain. Based on the analysis of regulatory documents, criteria for comparing two different approaches were determined, a comparative table was formed to select a standard in order to implement a system based on the principles of HACCP (principles based on risk analysis and identification of critical control points) at a catering company in the city of Sevastopol. The way of choosing the implementation and implementation of the principles of HACCP is determined.

Keywords: safety, quality, food products, HACCP system, FSMS, requirement.

По состоянию на сегодняшний день Российская Федерация (РФ) продолжает считаться развивающейся страной, государство находится в непрерывном процессе совершенствования и подъема собственной экономики. Развитие пищевой промышленности, а также контроль качества и безопасности выпускаемой пищевой продукции является неотделимой ветвью экономического благополучия нашей страны. С каждым годом государство усовершенствует системы управления качеством пищевой продукции.

Актуальная экономическая ситуация в РФ характеризуется активным внедрением новых разработок в области качества не только на внутригосударственном уровне, но также и на мировом. Особенно значимым для России является развитие Таможенного союза, а также поддержание взаимовыгодных отношений со всеми странами-участниками [1-3].

В сложившейся ситуации обновление и поддержка единой системы управления контроля качества и безопасности выпускаемой пищевой продукции является ключевым направлением деятельности не только РФ, но и всех остальных стран-участников Таможенного союза.

В 2011 году был принят Технический регламент «О безопасности пищевой продукции» и утвержден соответствующий перечень стандартов, направленных на выполнение обязательных требований к безопасности пищевой продукции и для обеспечения требований безопасности на всех стадиях жизненного цикла пищевой продукции, т.е. на стадиях изготовления, производства, хранения, транспортировки, реализации и утилизации [4]. Для реализации требований технического регламента предприятия, относящиеся к пищевой промышленности, должны выполнять обязательные требования ТР ТС 021, относящиеся к разработке, внедрению и поддержанию системы ХАССП.

В 2016 году принят и введен в действие ГОСТ 30390-2013, устанавливающий требования безопасности к реализуемой продукции общественного питания и процедурам обеспечения выполнения требований безопасности [5].

Требования ГОСТ 30390-2013 направлены на продукцию, изготовлением и реализацией которой занимаются предприятия общественного питания, не взирая на форму их собственности [5].

СанПиН 2.3/2.4.3590-20 устанавливает требования к организации и проведения контроля, с целью обеспечения, выполнения и реализации принципов ХАССП предприятиями общественного питания [6].

Система ХАССП разрабатывается в соответствии с ГОСТ Р 51705.1-2001 [7], учитывая реализацию требований [4-6]. В концепции ХАССП лежит семь основных принципов, которые представлены на рис. 1.



Рис. 1 - Принципы ХАССП

Для реализации обязательных требований ТР ТС 021/2011, относительно внедрения принципов ХАССП, производители пищевой продукции могут разработать и внедрить систему менеджмента безопасности пищевой продукции (СМБПП) на основании ГОСТ Р ИСО 22000-2019 [8].

Разработка СМБПП может стать ключевой возможностью для развития предприятия, принявшего решение о повышении собственной эффективности в сфере обеспечения пищевой безопасности.

В ГОСТ Р ИСО 22000-2019 установлены требования к СМБПП, чтобы организации, участвующие в цепи создания пищевой продукции, могли [8]:

- развивать, корректировать, использовать и поддерживать в актуальной форме СМБПП для того, чтобы обеспечивать безопасность продукции и услуг при их целевом использовании;

- наглядно показывать и доказывать соблюдение всех нормативных и законодательных требований, которые предъявляются к безопасности пищевой продукции;

- выявлять и анализировать требования потребителей, относящиеся к безопасности пищевой продукции;

- результативно обмениваться информацией, относительно безопасности пищевой продукции с заинтересованными сторонами;

- подтверждать соответствие разработанной СМБПП требованиям стандарта через сертификацию данной системы.

Требования к СМБПП, в соответствии со стандартом, являются универсальными и предназначены для применения всеми организациям в цепи создания пищевой продукции, независимо от их размера и сложности [6, 7].

Какой из стандартов выбрать для организаций общественного питания: ГОСТ Р 51705.1-2001 или ГОСТ Р ИСО 22000-2019?

Данные стандарты позволяют обеспечить безопасность производства в пищевой промышленности, но с разным, по своему масштабу, размахом. Выбор актуального для предприятия подхода зависит от его целей, деятельности, планируемого сбыта.

Оба стандарта дают возможность обеспечить безопасность при производстве пищевой продукции, но с разным масштабом. Выбор пути, по которому пойдет предприятие, зависит от его целей в области качества, направления деятельности, маркетинговой стратегии, целевой аудитории и так далее.

Работу на основе принципов ХАССП по ГОСТ Р 51705.1-2001 предпочитают небольшие предприятия, так как данный стандарт более гибкий и позволяет реализовать систему безопасности в удобном формате, чтобы компании было под силу ее поддерживать и совершенствовать, учитывая собственную структуру и финансовые возможности.

СМБПП по ГОСТ Р ИСО 22000-2019 является полномасштабной системой менеджмента с готовой, строгой и постоянной структурой. Она удовлетворяет требованиям международных стандартов, имеет большую документальную базу, что дает уверенность в прохождении любых проверок и аудитов.

Для того чтобы определить по какому стандарту работать предприятию общественного питания города Севастополя, был проведен сравнительный анализ ГОСТ Р 51705.1-2001 и ГОСТ Р ИСО 22000-2019, его результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1. Сравнительный анализ ГОСТ Р 51705.1-2001 и ГОСТ Р ИСО 22000-2019

Критерий сравнения	ГОСТ Р 51705.1-2001 Системы качества. Управление качеством пищевых продуктов на основе принципов ХАССП. Общие требования	ГОСТ Р ИСО 22000-2019 Системы менеджмента безопасности пищевой продукции. Требования к организациям, участвующим в цепи создания пищевой продукции
Разработка и внедрение	Подразумевает внедрение системы управления качеством, на основе принципов ХАССП. Разрабатывается относительно небольшой объем документации, что стоит гораздо дешевле.	Предполагает разработку СМБПП, которая должна быть интегрирована в общую систему менеджмента организации. Полный объем разрабатываемой документации намного больше, чем при ХАССП, что значительно увеличивает стоимость и время ее подготовки.
Главные отличия	Систему управления качеством необходимо разработать в соответствии с принципами ХАССП.	При разработке СМБПП должны быть введены некоторые дополнительные параметры: - диалоговый обмен информацией с поставщиками, потребителями и другими сторонами, которые имеют непосредственное отношение к цепи создания пищевой продукции; - системный менеджмент, который внедряется в общее управление предприятия; - программы предварительных обязательных мероприятий для поддержания безопасности пищевой продукции на всех этапах ее изготовления; - внедрение принципов ХАССП.
Выполняет требования, регламентируемые ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции»	Полностью соответствует установленным в ТР ТС 021/2011 требованиям на всех этапах изготовления пищевой продукции.	Полностью соответствует установленным в ТР ТС 021/2011 требованиям на всех этапах изготовления пищевой продукции.
Выполняет требования, предъявляемые Роспотребнадзором в сфере обеспечения безопасности пищевой продукции	Предприятия, которые разработали, внедрили и поддерживают систему управления качеством, на основе принципов ХАССП удовлетворяют требованиям Роспотребнадзора в сфере обеспечения безопасности пищевой продукции.	Предприятия, которые разработали, внедрили и поддерживают систему СМБПП удовлетворяют требованиям Роспотребнадзора в сфере обеспечения безопасности пищевой продукции.

Таким образом, изучив информацию на основании стандартов ГОСТ Р 51705.1-2001 и ГОСТ Р ИСО 22000-2019, было принято решение разработать систему на основе принципов ХАССП для предприятия общественного питания города Севастополя в соответствии с ГОСТ Р 51705.1.

Список литературы

1. Белая М. Н. К вопросу о пищевой безопасности / Белая М.Н., Шахова Е.С. // Наука и бизнес: пути развития. – 2021. – № 5(119). – С. 82 - 86.
2. Белая М.Н. Концепция безопасности пищевой продукции на стадиях хранения и транспортирования / М. Н. Белая // Наука и бизнес: пути развития. 2022. – № 10(136). – С. 97 – 100.
3. Калугина А.В. Стандартизация и оценка соответствия: путь к безопасности и качеству сельскохозяйственной продукции / А.В. Калугина, М.Н. Белая // Современные технологии: проблемы и перспективы: сборник статей всероссийской научно-практической конференции для аспирантов, студентов и молодых учёных (19 - 22 апреля 2022 г.) / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Севастопольский государственный университет, Политехнический институт, кафедра цифрового проектирования; главный ред. к. т. н., PhD, доц. О.В. Мухина. – Севастополь: ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», 2022. – С. 87 – 91.
4. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» № ТР ТС 021/2011: принят решением комиссии Таможенного союза от 09.12.2011 N 880 – Текст электронный // КонсультантПлюс: справ. правовая система. — 2021. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/902320560> — Режим доступа: из локальной сети Севастопольского государственного (дата обращения: 01.04.2023).
5. ГОСТ 30390-2013 Услуги общественного питания. Продукция общественного питания, реализуемая населению. Общие технические условия: Межгосударственный стандарт: принят Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации, Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 22 ноября 2013 г. N 1675-ст межгосударственный стандарт ГОСТ 30390-2013 введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 января 2016 г. – Текст электронный // КонсультантПлюс: справ. правовая система. — 2019. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200107326> (дата обращения: 01.04.23). — Режим доступа: из локальной сети Севастопольского государственного университета.
6. СанПиН 2.3/2.4.3590-20 Санитарно-эпидемиологические правила и нормы. Санитарно-эпидемиологические требования к организации общественного питания населения: издание официальное: утвержден постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации N 32 от 27 октября 2020 года: введен в действие 01.01.2021. – Текст электронный // КонсультантПлюс: справ. правовая система. — 2019. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/566276706> (дата обращения: 01.04.23). — Режим доступа: из локальной сети Севастопольского государственного университета.
7. ГОСТ Р 51705.1-2001 Системы качества. Управление качеством пищевых продуктов на основе принципов ХАССП. Общие требования: Национальный стандарт: принят и введен в действие Постановлением Госстандарта России от 23 января 2001 г. N 31-ст – Текст электронный // КонсультантПлюс: справ. правовая система. — 2019. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200007424> (дата обращения: 01.04.23). — Режим доступа: из локальной сети Севастопольского государственного университета.
8. ГОСТ Р ИСО 22000-2019 Системы менеджмента безопасности пищевой продукции. Требования к организациям, участвующим в цепи создания пищевой продукции: Национальный стандарт: принят и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 23 июля 2019 г. N 416-ст – Текст электронный // КонсультантПлюс: справ. правовая система. — 2019. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200166674> (дата обращения: 01.04.23). — Режим доступа: из локальной сети Севастопольского государственного университета.

ФОРМИРОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЙ БЕСПРИСТРАСТНОСТИ ДЛЯ ПОВЕРОЧНОЙ ЛАБОРАТОРИИ

А.В. Калугина¹, М.Н. Белая²

¹ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, 299053,
Российская Федерация, asya-kalugina@mail.ru

²ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, 299053,
Российская Федерация, belaya_079@mail.ru

Аннотация. В статье рассматривается механизм формирования требований беспристрастности для лабораторий, осуществляющих работы (услуги) в области обеспечения единства измерений. Необходимость описания требований беспристрастности отражается в основных законодательных и нормативных документов по аккредитации органов оценки соответствия. К органам по оценке соответствия относятся не только органы по сертификации, испытательные лаборатории, калибровочные лаборатории, а также лаборатории, проводящие поверку средств измерений (СИ). В работе описаны основные требования к беспристрастности в соответствии с приказом Министерства экономического развития Российской Федерации № 707 и межгосударственным стандартом ГОСТ ISO/IEC 17025-2019 «Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий». Определены факторы, влияющие на достоверность и объективность работ сотрудников поверочной лаборатории. Представлен комплекс мероприятий по беспристрастности поверочных лабораторий, направленный на реализацию механизма и подтверждения выполнения мероприятий по беспристрастности. К основным сформированным требованиям беспристрастности для поверочной лаборатории относятся: административная подчиненность сотрудников и руководства и финансовая независимость сотрудников при проведении работ по поверке средств измерений. Предложен алгоритм минимизации и (или) устранения риска, через идентификацию, оценку и управление рисками.

Ключевые слова: беспристрастность, независимость, поверка, поверочная лаборатория, сотрудники лаборатории, требования

FORMING THE REQUIREMENTS OF IMPARTIALITY FOR THE VERIFICATION LABORATORY

A.V. Kalugina¹, M.N. Belaya²

¹FSAEI HE «Sevastopol State University», Sevastopol, 299053, Russian Federation, asya-kalugina@mail.ru

²FSAEI HE «Sevastopol State University», Sevastopol, 299053, Russian Federation, belaya_079@mail.ru

Abstract. The article discusses the mechanism of formation of impartiality requirements for laboratories performing work (services) in the field of ensuring the uniformity of measurements. The need to describe the requirements of impartiality is reflected in the main legislative and regulatory documents on the accreditation of conformity assessment bodies. Conformity assessment bodies include not only certification bodies, testing laboratories, calibration laboratories, as well as laboratories conducting verification of measuring instruments (SI). The paper describes the basic requirements for impartiality in accordance with the order of the Ministry of Economic Development of the Russian Federation No. 707 and the interstate standard GOST ISO/IEC 17025-2019 "General requirements for the competence of testing and calibration laboratories". The factors influencing the reliability and objectivity of the work of the employees of the verification laboratory are determined. A set of measures for the impartiality of verification laboratories is presented, aimed at implementing the mechanism and confirming the implementation of measures for impartiality. The main formed requirements of impartiality for the verification laboratory include administrative subordination of employees and management and financial independence of employees when carrying out work on the verification of measuring instruments. An algorithm for minimizing and (or) eliminating risk through identification, assessment and risk management is proposed.

Keywords: impartiality, independence, verification of a measuring instrument, verification laboratory, laboratory staff, requirements

Постановка проблемы. Вопросы по беспристрастности лабораторий в области обеспечения соответствия рассматривается

В соответствии с приказом Минэкономразвития России «Об утверждении критериев аккредитации и перечня документов, подтверждающих соответствие заявителя,

аккредитованного лица критериям аккредитации» № 707 от 26 октября 2020 года лаборатории, осуществляющие работы по обеспечению единства измерений должны сформировать комплекс мер, направленных на выполнение и подтверждение требований по беспристрастности [1].

Следовательно, требование беспристрастности является обязательным критерием аккредитации, направленное на подтверждение компетентности поверочной лаборатории.

Кроме законодательных требований по беспристрастности целесообразно рассмотреть нормативные документы, устанавливающие требования к беспристрастности лаборатории. К данным документам относится ГОСТ ISO/IEC 17025-2019 [2]. В соответствии с данным стандартом беспристрастность – это отсутствие конфликта среди заинтересованных сторон. К заинтересованным сторонам могут относиться сотрудники лаборатории, руководство лаборатории, заказчики (клиенты) и конкуренты лаборатории.

Для устранения и минимизации возникновения конфликтных ситуаций относительно беспристрастности лабораторной деятельности необходимо идентифицировать риски, связанные с беспристрастностью, определить (установить) механизм оценки и управления рисками с целью демонстрации устранения рисков или их минимизации.

Изложение основного материала. Руководство лаборатории или организации в целом должно гарантировать независимость работников лаборатории, выполняющих работы по поверке СИ, от коммерческого, административного или иного давления, способного оказать влияние на качество выполняемых работ [3-5]. С целью исключения возможности оказания на сотрудников лаборатории коммерческого, административного или иного давления при проведении ими поверки СИ и при оформлении результатов, влияющих на их достоверность и объективность, должны предусматриваться:

- подчиненность лаборатории начальнику лаборатории (руководителю лаборатории);
- возложение на сотрудников лаборатории, выполняющих работы по поверке, персональной ответственности за достоверность и объективность проводимых ими измерений;
- обязанность сотрудников лаборатории, выполняющих работы по поверке, информировать руководство лаборатории или организации в целом о фактах давления на него с целью изменения результатов поверки СИ;
- применение мер административного и экономического воздействия к лицам, оказывающим давление на сотрудников лаборатории, выполняющих работы по поверке, с целью изменения результатов поверки СИ;
- независимость оплаты труда сотрудников, проводящих поверку СИ, от результатов поверки.

Сотрудники лаборатории, выполняющие работы по поверке, не должны заниматься деятельностью, способной подорвать доверие в отношении независимости в принятии решений и поставить под сомнение их беспристрастность.

Беспристрастность деятельности лаборатории должна обеспечиваться:

- а) независимостью организационной структуры управления лаборатории;
- б) финансовой независимостью от объема произведенной организацией продукции;
- в) отсутствием зависимости заработной платы сотрудников лаборатории от количества проведенных поверок;
- г) обязанностями сотрудников:
 - 1) соответствовать установленным требованиям к квалификации, компетентности и выполнению работ;
 - 2) действовать беспристрастно и не допускать на себя какого-либо давления, компрометирующего их беспристрастность;
 - 3) принимать решения на основе объективных свидетельств соответствия (или несоответствия), исключая влияние на эти решения каких-либо других интересов и сторон;
 - д) отказом лаборатории и ее сотрудников проводить поверку СИ, если имеются любые недопустимые угрозы для обеспечения беспристрастности;

е) отказом лаборатории и ее сотрудников не осуществлять любую другую деятельность, которая может скомпрометировать беспристрастность проведения работ в соответствии с областью аккредитации;

ж) принятием необходимых действий в отношении любых угроз для обеспечения беспристрастности деятельности.

Выводы. В лаборатории или организации в целом должен быть предусмотрен комплекс мер, направленных на предотвращение и разрешение конфликта интересов. Кроме того, меры, направленные на предотвращение и разрешение конфликта интересов, должны включать в себя:

- обязанность любого сотрудника лаборатории сообщать своему непосредственному руководителю о ситуациях, которые привели или могут привести к конфликту интересов;

- дополнительное изучение действий или бездействий участников конфликта;

- усиление контроля исполнения должностных обязанностей сотрудниками лаборатории, выполняющими работы по поверке, вплоть до установки аппаратуры аудио- и видеозаписи в лабораториях, помещениях лаборатории и на рабочих местах;

- внедрение автоматизированных рабочих мест по поверке, минимизирующих влияние оператора (сотрудника лаборатории, выполняющего работы по поверке) на результаты поверки;

- применение к сотрудникам лаборатории, выполняющим работы по поверке, мер административного и экономического воздействия в случае преднамеренного изменения результатов поверки СИ и осуществление деятельности, которая ставит под сомнение ее беспристрастность.

Список литературы

1. Приказ Министерства экономического развития Российской Федерации от 26 октября 2020 г. № 707 «Об утверждении критериев аккредитации и перечня документов, подтверждающих соответствие заявителя, аккредитованного лица критериям аккредитации» – Текст электронный // КонсультантПлюс : справ. правовая система. — 1992. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_367928/ (дата обращения: 23.03.23). — Режим доступа: из локальной сети Севастопольского государственного университета.

2. ГОСТ ISO/IEC 17025-2019. Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий : Межгосударственный стандарт : принят Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации, Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 15 июля 2019 г. N 385-ст межгосударственный стандарт ГОСТ ISO/IEC 17025-2019 введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 сентября 2019 г. – Текст электронный // КонсультантПлюс : справ. правовая система. — 1992. — URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_332887/ (дата обращения: 25.03.23). — Режим доступа: из локальной сети Севастопольского государственного университета.

3. Гоголева Д. Д. Система управления рисками и возможностями в работе метрологической службы / Д. Д. Гоголева, М. Н. Белая // Материалы Международной научно-практической конференции им. Д. И. Менделеева: сборник статей. Т. 2 / отв. ред. А. Н. Халин. – Тюмень: ТИУ, 2023. – С. 365-368.

4. Гоголева Д. Д. Анализ рисков работ метрологической службы / Д. Д. Гоголева, М. Н. Белая // Ресурсосберегающие технологии в контроле, управлении качеством и безопасности : сборник научных трудов XI Международной конференции школьников, студентов, аспирантов, молодых ученых «Ресурсоэффективные системы в управлении и контроле: взгляд в будущее» / Томский политехнический университет. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2023. – С. 51 – 54.

5. Джаманакowa Д. Т. Анализ и выявление рисков в калибровочной лаборатории / Д. Т. Джаманакowa, М. Н. Белая // Ресурсосберегающие технологии в контроле, управлении качеством и безопасности : сборник научных трудов XI Международной конференции школьников, студентов, аспирантов, молодых ученых «Ресурсоэффективные системы в управлении и контроле: взгляд в будущее» / Томский политехнический университет. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2023. – С. 61 – 65.

МЕТРОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОСЛЕЖИВАЕМОСТЬ ПОВЕРОЧНЫХ РАБОТ

Э.М. Денисова¹, М.Н. Белая²

¹ФГБОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, 299053,
Российская Федерация, elladenisova2001@gmail.com

²ФГБОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, 299053,
Российская Федерация, belaya_079@mail.ru

Аннотация. Поверка средств измерений являются важнейшими метрологическими операциями, направленными на обеспечение единства измерений и позволяющими определить значения измеряемой величины по показаниям средства измерений, определить поправки к его показаниям, оценить погрешность этих средств. Для достижения целей в области обеспечения единства измерений авторы в статье рассматривают и устанавливают основные элементы метрологической прослеживаемости для поверочных работ. Авторы в работе отмечают законодательные и нормативные требования по реализации требований метрологической прослеживаемости результатов измерений с целью обеспечения единства измерений. Основной задачей поверки является оценка действительного значения характеристики средства измерений (погрешности средства измерений или действительного значения материальной меры). Федеральный закон «Об обеспечении единства измерений» регламентирует определение «прослеживаемость» как свойство эталона единицы величины, средства измерений или результата измерений, заключающееся в документально подтвержденном установлении их связи с государственным первичным эталоном или национальным первичным эталоном иностранного государства соответствующей единицы величины посредством сличения эталонов единиц величин, поверки, калибровки средств измерений. Используя данное определение авторы в статье установили исходные условия проведения метрологической прослеживаемости поверочных работ в условиях лаборатории (организации).

Ключевые слова: Метрологическая прослеживаемость, поверка, средства измерения, эталоны, калибровка, метрологические характеристики, стандартные образцы

METROLOGICAL TRACEABILITY OF VERIFICATION WORKS

E.M. Denisova¹, M.N. Belaya²

¹FSAEI HE «Sevastopol State University», Sevastopol, 299053, Russian Federation, elladenisova2001@gmail.com

²FSAEI HE «Sevastopol State University», Sevastopol, 299053, Russian Federation, belaya_079@mail.ru

Abstract. Verification of measuring instruments are the most important metrological operations aimed at ensuring the uniformity of measurements and allowing to determine the values of the measured value according to the readings of the measuring instrument, to determine corrections to its readings, to estimate the error of these means. In order to achieve the goals in the field of ensuring the uniformity of measurements, the authors in the article consider and establish the main elements of metrological traceability for verification work. The authors note the legislative and regulatory requirements for the implementation of the requirements of metrological traceability of measurement results in order to ensure the uniformity of measurements. The main task of verification is to assess the actual value of the characteristic of the measuring instrument (the error of the measuring instrument or the actual value of the material measure). The Federal Law "On Ensuring the Uniformity of Measurements" regulates the definition of "traceability" as a property of the standard of a unit of magnitude, measuring instrument or measurement result, consisting in the documented establishment of their connection with the state primary standard or the national primary standard of a foreign state of the corresponding unit of magnitude by comparing the standards of units of magnitude, verification, calibration of measuring instruments. Using this definition, the authors in the article established the initial conditions for carrying out metrological traceability of verification work in a laboratory (organization).

Keywords: Metrological traceability, verification, measuring instruments, standards, calibration, metrological characteristics, standard samples

Постановка проблемы. При проведении поверочных работ лаборатории должны обеспечить согласованность и сопоставимость измерений (результатов измерений). Данное требование регламентируется нормативно-правовыми документами как метрологическая прослеживаемость результатов измерений до признанных основ для сравнения.

В соответствии с [1, 2] «метрологическая прослеживаемость – это свойство результата измерения, в соответствии с которым результат может быть соотнесен с основой для

сравнения через документированную непрерывную цепь калибровок, каждая из которых вносит вклад в неопределенность измерения».

Для того, чтобы можно было сопоставить результаты измерений, выполненные в разных лабораториях и получить сопоставимые результаты между собой с определенными количественными характеристиками, необходимо лабораториям выполнять требования по метрологической прослеживаемости измерений, поверки и т.д. (результатов измерений (поверки и т.д.))

Изложение основного материала. Для описания метрологической прослеживаемости результатов измерений необходимо установить и определить элементы метрологической прослеживаемости. Основные элементы метрологической прослеживаемости поверочных работ представлены на рис. 1.

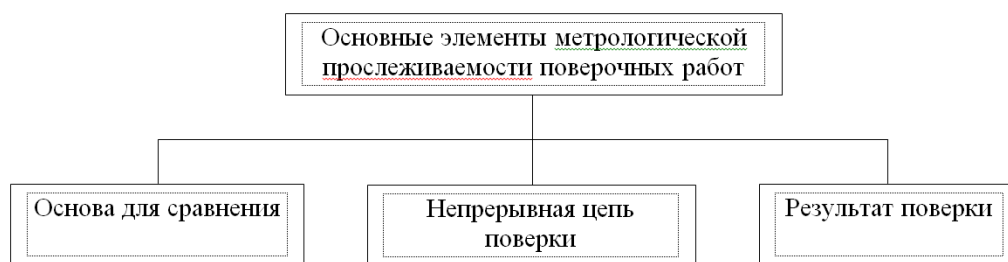


Рис. 1 - Основные элементы метрологической прослеживаемости поверочных работ

Основой для сравнения является определение единицы измерения через ее практическую реализацию, или методика поверки, или эталоны.

К непрерывной цепи поверки относится связь средств измерений с эталонами средствами измерений.

Результатом поверки является результат измерений и погрешность измерений.

В измерительной системе погрешность измерений будет увеличиваться по мере прохождения по цепи поверки.

Для обеспечения достоверности результатов работ аккредитованных поверочных лабораторий, органы по аккредитации реализуют Политики ИЛАК, включая ключевое требование по прослеживаемости результатов измерений.

Для выполнения и реализации требований Политики ИЛАК по метрологической прослеживаемости в Российской Федерации разработаны, приняты и внедрены следующие документы [1, 3-5]:

- Политика Росаккредитации по прослеживаемости результатов измерений;
- Рекомендации по стандартизации Р 50.1.108-2016 Политика ИЛАК по прослеживаемости результатов измерений (ФГУП «ВНИИМС»);
- ГОСТ ISO/IEC 17025;
- Приказ Министерства экономического развития Российской Федерации от 26 октября 2020 г. № 707 «Об утверждении критериев аккредитации и перечня документов, подтверждающих соответствие заявителя, аккредитованного лица критериям аккредитации».

Организация (лаборатории) должны устанавливать пригодность к применению своих эталонов и средств измерений (СИ) путем документального подтверждения их связи с государственным первичным эталоном Российской Федерации или национальным первичным эталоном иностранного государства соответствующей единицы величины посредством сличения эталонов единиц величин и поверки СИ [6].

Все СИ, используемые при поверке, и средства измерения, и вспомогательные средства измерения, подвергаются первичной поверке до ввода в эксплуатацию и после ремонта, периодической поверке в процессе эксплуатации через интервалы времени, установленные при испытаниях СИ в целях утверждения типа (межповерочный интервал). Поверка должна проводиться с применением эталонов соответствующих единиц физических величин.

Государственные или локальные поверочные схемы устанавливают порядок передачи единиц физических величин. Локальные поверочные схемы организации должны согласовываться с государственными научными метрологическими институтами или государственными региональными центрами метрологии – владельцем эталона, исходного для данной поверочной схемы [7].

При поверке СИ с использованием внесистемных единиц физических величин достоверность результатов измерений должна обеспечиваться передачей единиц физических величин от эталонов и пересчетом по известным соотношениям.

Эталоны, от которых эталоны организации получают единицы физических величин, должны быть проверены в порядке, установленном Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии.

Транспортирование эталонов и вспомогательных СИ на поверку должно производиться в соответствии с требованиями, изложенными в эксплуатационной документации. При необходимости эталоны и СИ должны упаковываться в тару, предотвращающую их повреждение.

Выводы. Для обеспечения метрологической прослеживаемости результатов измерений при проведении поверочных работ организации (лаборатории) необходимо:

- выполнить поверку средств измерений и измерительных систем, участвующие в измерении измеряемой величины;
- применять валидированные методики выполнения измерений;
- посчитать погрешность измерений.

Список литературы

1. Р 50.1.108-2016. Политика ИЛАК по прослеживаемости результатов измерений : Рекомендации по стандартизации : утверждены и введены в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 12 октября 2016 г. N 1387-ст – Текст электронный // Техэксперт : Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. — 2023. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200142910> (дата обращения: 25.03.23).
2. РМГ 29-2013 Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения: дата введения 2015-01-01 / Федеральное агентство по техническому регулированию. – Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 2014. – 60 с.
3. СМ № 04.1-9.0011. Политика Росаккредитации по прослеживаемости результатов измерений : разработана и утверждена Федеральной службой по аккредитации от 30 декабря 2020 г. вер. 03. – Текст электронный // КонсультантПлюс : справ. правовая система. — 1992. — URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_390872/ (дата обращения: 25.03.23). — Режим доступа: из локальной сети Севастопольского государственного университета.
4. ГОСТ ISO/IEC 17025-2019. Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий : Межгосударственный стандарт : принят Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации, Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 15 июля 2019 г. N 385-ст межгосударственный стандарт ГОСТ ISO/IEC 17025-2019 введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 сентября 2019 г. – Текст электронный // КонсультантПлюс : справ. правовая система. — 1992. — URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_332887/ (дата обращения: 25.03.23). — Режим доступа: из локальной сети Севастопольского государственного университета.
5. Приказ Министерства экономического развития Российской Федерации от 26 октября 2020 г. № 707 «Об утверждении критериев аккредитации и перечня документов, подтверждающих соответствие заявителя, аккредитованного лица критериям аккредитации» – Текст электронный // КонсультантПлюс : справ. правовая система. — 1992. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_367928/ (дата обращения: 23.03.23). — Режим доступа: из локальной сети Севастопольского государственного университета.
6. Гоголева Д. Д. Анализ рисков работ метрологической службы / Д. Д. Гоголева, М. Н. Белая // Ресурсосберегающие технологии в контроле, управлении качеством и безопасности : сборник научных трудов XI Международной конференции школьников, студентов, аспирантов, молодых ученых «Ресурсоэффективные системы в управлении и контроле: взгляд в будущее» / Томский политехнический университет. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2023. – С. 51 – 54.
7. Болдырев И.В. Метрологическая прослеживаемость результатов измерений в испытательных лабораториях / И. В. Болдырев // Контроль качества продукции. – М. : ООО "РИА "Стандарты и Качество". 2019. - № 8. - С. 24-28.

АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКОЙ ОСНОВЫ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ ГУПС «СЕВТЕПЛОЭНЕРГО»

А.В. Лазарчук^{1,2}, М.Н. Белая³

¹ФГБОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, 299053,
Российская Федерация

²ГУПС «Севтеплоэнерго», г. Севастополь, 299011, Российская Федерация, gyseva171999@mail.ru

³ФГБОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, 299053,
Российская Федерация, belaya_079@mail.ru

Аннотация. Метрологическая служба предприятия проводит калибровку и ремонт средств измерений теплотехнических и температурных измерений, измерений давления, вакуумных измерений, измерений электрических и магнитных величин, измерений времени и частоты. Метрологическая служба предприятия создана для организации и выполнения работ по метрологическому обеспечению производства, проводимых испытаний и разработок на предприятии. Целью метрологической лаборатории является метрологическое обеспечение и проведение работ по достижению единства и требуемой точности измерений в процессе производственной деятельности предприятия. В статье рассматривается техническая основа метрологического обеспечения метрологической службы ГУПС «Севастопольэнерго». Техническую основу метрологического обеспечения составляют средства измерения теплофизических и температурных измерений, средства измерения давления, вакуумные измерения, средства измерения электрических и магнитных величин, средства измерения времени и частоты. Относительно каждого средства измерения, в работе рассмотрены и представлены основные метрологические характеристики средств измерений (класс точности, разряд, погрешность, диапазон измерений), а также нормативные документы, устанавливающие требования к средствам измерения и нормативные документы, в соответствии с которыми проводится поверка. К данным нормативным документам относятся национальные стандарты, межгосударственные стандарты, технические условия, аттестованные методики поверки и методики измерений.

Ключевые слова: измерение, метрологическая служба, метрологическое обеспечение, метрологические характеристики, поверка, средство измерения.

ANALYSIS OF THE TECHNICAL BASIS OF THE METROLOGICAL SUPPORT OF THE METROLOGICAL SERVICE OF SUES "SEVTEPLENERGO"

A.V. Lazarchuk^{1,2}, M.N. Belaya³

¹ FSAEI HE «Sevastopol State University», Sevastopol, 299053, Russian Federation

² SUES "Sevteplenergo", Sevastopol, 299011, Russian Federation, gyseva171999@mail.ru

³ FSAEI HE «Sevastopol State University», Sevastopol, 299053, Russian Federation, belaya_079@mail.ru

Annotation. The metrological service of the enterprise performs calibration and repair of measuring instruments for thermal and temperature measurements, pressure measurements, vacuum measurements, measurements of electrical and magnetic quantities, time and frequency measurements. The metrological service of the enterprise was created for the organization and execution of works on metrological support of production, tests and developments carried out at the enterprise. The purpose of the metrological laboratory is to provide metrological support and carry out work to achieve the unity and required accuracy of measurements in the course of the production activity of the enterprise. The article discusses the technical basis of metrological support of the metrological service SUES "Sevastopolenergo". The technical basis of metrological support consists of measuring instruments for thermophysical and temperature measurements, pressure measuring instruments, vacuum measurements, measuring instruments for electrical and magnetic quantities, measuring instruments for time and frequency. With respect to each measuring instrument, the paper considers and presents the main metrological characteristics of measuring instruments (accuracy class, discharge, error, measurement range), as well as regulatory documents establishing requirements for measuring instruments and regulatory documents in accordance with which verification is carried out. These regulatory documents include national standards, interstate standards, technical specifications, certified verification methods and measurement methods.

Keywords: measurement, metrological service, metrological support, metrological characteristics, verification, measuring instrument.

Постановка проблемы. Под метрологическим обеспечением рассматривают определенный набор средств и методов, направленных на получение достоверной измерительной информации, обладающей свойствами, необходимыми для обеспечения единства измерений.

Изложение основного материала. Характеристика основ метрологического обеспечения представлена на рисунке 1 [1-3].



Рис. 1 - Характеристика основ метрологического обеспечения

Целями метрологического обеспечения метрологической службы ГУПС «Севтеплоэнерго» является получение измерительной информации, обладающей свойствами необходимыми для выработки определенных решений в областях, относящихся к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений в соответствии с федеральным законом «Об обеспечении единства измерений».

Метрологическая служба ГУПС «Севтеплоэнерго» в соответствии с перечнем объектов и контролируемых в них показателей на право проведения метрологических работ и полномочий, проводит калибровку и ремонт по следующим видам измерений [4]:

- теплофизические и температурные измерения;
- измерения давления, вакуумные измерения;
- измерения электрических и магнитных величин;
- измерения времени и частоты.

Техническая основа метрологического обеспечения метрологической службы ГУПС «Севтеплоэнерго» состоит из образцовых и вспомогательных средств измерений. Предприятие имеет общий реестр образцовых средств измерений по видам измерений.

Перечень средств измерений, применяемые для теплофизических и температурных измерений представлен в таблице 1.

Таблица 1. Перечень средств измерений теплофизических и температурных измерений

Наименование средств измерений	Тип СИ	Метрологические характеристики		Нормативный документ
		Класс точности, разряд, погрешность	Диапазон измерений	
Термометр образцовый	ТЛ	0,1	$(-30 \div 200) ^\circ\text{C}$	ГОСТ 27544-87
Термостат	КРИО-ВТ-12-1	$\pm 0,1$	$(-30 \div 200) ^\circ\text{C}$	ГОСТ 13032-77
Термометр	LTA-Э	3 разряд	$(-50 \div 200) ^\circ\text{C}$	ГОСТ 8.558-2009
Термометр сопротивления эталонный	ЭТС-100М2	$\pm (0,05 \div 0,15) ^\circ\text{C}$	$(-196 \div 660,323) ^\circ\text{C}$	ГОСТ Р 8.568-99/ГОСТ Р 8.571-98
Гигрометр психрометрический	ВИТ-2	$\pm 5 \%$	$(15 \div 40) ^\circ\text{C}$	ГОСТ 8.811-2012
Гигрометр цифровой	Testo 608 H-1	$\pm 0,5$	$(0 \div 50) ^\circ\text{C}$	МП РТ 1868-2013

Наименование средств измерений	Тип СИ	Метрологические характеристики		Нормативный документ
		Класс точности, разряд, погрешность	Диапазон измерений	
Гигрометр психрометрический	ВИТ-1	$\pm 6\%$	$(0 \div 25) ^\circ\text{C}$	ГОСТ 8.811-2012
Преобразователь сигналов ТС и ТП прецизионный	Теркон	$\pm[0,0002+0,0001 \cdot R]$ Ом; $\pm[0,0005+0,00005 \cdot U]$ мВ	$(0,01 \div 1000)$ Ом; $(-1000 \div 1000)$ мВ	МП ТКЛШ 2.206.000

Перечень средств измерений, применяемые для измерения давления и вакуумных измерений представлен в таблице 2.

Таблица 2. Перечень средств измерения давления и вакуумных измерений

Наименование средств измерений	Тип СИ	Метрологические характеристики		Нормативный документ
		Класс точности, разряд, погрешность	Диапазон измерений	
Манометр образцовый	МО, ВО	0,4	$(1 \div 4)$ кгс/см ²	ГОСТ 27758-88, ГОСТ 8.052-73
Манометр образцовый	M1227	0,15	$(1 \div 4)$ кгс/см ²	
Манометр цифровой	Metrol100	$\pm (0,05 \div 0,1) \%$	$(-0,1 \div 250)$ МПа	ГОСТ Р 8.906-2015
Манометр цифровой	ДМ5002М	0,15	$(0 \div 600)$ кгс/см ²	ГОСТ Р 8.906-2015
Манометр грузопоршневой	МП-6 МП-60 МП-600	2 p	$(0 \div 600)$ кгс/см ²	ГОСТ 8291-83
Мановакууметр грузопоршневой	МВП-2,5	1 p	$(-1 \div 2,5)$ кгс/см ²	ГОСТ 8.111-74
Барометр-анероид	M-110	$\pm 2,5$ (5-100 мм.рт. ст) $\pm 1,5$ (100-790 мм.рт.ст)	$(5 \div 790)$ мм рт ст	МИ 2705-2013, ТУ 25-04-1799-75
Барометр-анероид	БАММ1	$\pm 0,2$ кПа	$(80 \div 106)$ кПа	МИ 2705-2013, ТУ 25-11-1513-73
Калибратор многофункциональный	Additel 223R	$\pm(0,0002 \cdot U_{\text{изм}}+0,0006)$ В; $\pm(0,0002 \cdot I_{\text{изм}}+0,0011)$ мА; $\pm(0,0003 \cdot R_{\text{изм}}+0,4)$ Ом; $\pm(0,00005 \cdot f_{\text{изм}}+1,0)$ Гц; $\pm(0,001 \cdot U_{\text{изм}}+0,0015)$ В; $\pm(0,0001 \cdot I_{\text{изм}}+0,0015)$ мА; $\pm(0,0001 \cdot R_{\text{изм}}+0,2)$ Ом; $\pm(0,000005 \cdot f_{\text{изм}}+0,1)$ Гц;	$(0 \div 12)$ В; $(0 \div 22)$ мА; $(1 \div 4000)$ Ом; $(0 \div 50000)$ Гц; $(-30 \div 30)$ В; $(-30 \div 30)$ мА; $(0 \div 4000)$ Ом; $(1 \div 50000)$ Гц;	МП 542357-19
Прибор переносной системы Петрова	ППР-2М	0,3	$(0 \div 10^3)$ мм.в.ст	ТУ 27-51-3261-77

Перечень средств измерений, применяемые для измерения электрических и магнитных величин представлен в таблице 3.

Таблица 3. Перечень средств измерений электрических и магнитных величин

Наименование средств измерений	Тип СИ	Метрологические характеристики		Нормативный документ
		Класс точности, разряд, погрешность	Диапазон измерений	
Трансформатор тока	УТТ - 5	0,2	$(15 \div 600)/5\text{A}$	ГОСТ 7746-2015

Наименование средств измерений	Тип СИ	Метрологические характеристики		Нормативный документ
		Класс точности, разряд, погрешность	Диапазон измерений	
Вольтметр	В7-27А	0,05	$(10^{-1} \div 10^3)$ В	ГОСТ 8.118-85
Делитель напряжения	Р-35	0,005	1000 В	ГОСТ 11282-93 (МЭК 524-75)
Потенциометр постоянного тока	ПП-63	0,05	100 мВ	ГОСТ 9245-79
Потенциометр постоянного тока	Р309	0,005	$(0,12 \div 12)$ В	
Магазин сопротивления	МСР-63	0,05	$(0 \div 10^5)$ Ом	ГОСТ 7003-74
Магазин сопротивления	МСР-60М	0,05	$(0 \div 10^5)$ Ом	
Вольтметр, амперметр переменного тока	Д566, Д574	0,2	$(7,5 \div 600)$ В; 5 А, 10 А	ГОСТ 8711-93 (МЭК 51-2-84)
Вольтметр, амперметр переменного тока	Д5015, Д566, Д533	0,2	$(7,5 \div 600)$ В; 5 А, 10 А	
Вольтметр, амперметр постоянного тока	М2020, М1109,	0,2	$(0 \div 600)$ В, $(0 \div 30)$ А, $(0 \div 60)$ мА, $(0 \div 15)$ мВ	
	М2007, М2038, М1107	0,2	$(0 \div 600)$ В, $(0 \div 30)$ А, $(0 \div 60)$ мА, $(0 \div 15)$ мВ	
Амперметры и вольтметры цифровые	Р386	$0,001 \div 0,02$	300 В, 1 А, 10 мОм	ГОСТ 23737-79
Катушка сопротивления	Р 310, Р 321, Р 331	0,02	$(0,001 \div 10^5)$ Ом	
Магазин сопротивления	Р40102, Р40104, Р4002	0,02	$(10^4 \div 10^9)$ Ом	
Нормальный элемент	НЭ-65	0,005	1,018616 В	ГОСТ 8.027-2001

Перечень средств измерений, применяемые для измерения времени и частоты представлен в таблице 4.

Таблица 4. Перечень средств измерения времени и частоты

Наименование средств измерений	Тип СИ	Метрологические характеристики		Нормативный документ
		Класс точности, разряд, погрешность	Диапазон измерений	
Секундомер	СОСпр-2Б	2	60 с, 60 м	ГОСТ 8.423-81

Выводы. Техническая основа метрологического обеспечения является главной составляющей метрологического обеспечения, т.к. без достаточного метрологического обеспечения невозможно управлять качеством продукции, услуг, процессов. Метрологическое обеспечение представляет собой комплекс методических, организационных и технических мероприятий, направленных на обеспечение единства и достоверности измерений в лабораториях (отделах, службах) ГУПС «Севтеплоэнерго».

Список литературы

1. Положение о метрологической службе ГУПС «Севтеплоэнерго» / утверждено ГУПС «Севтеплоэнерго» от 29 июня 2020 — 17 с.
2. Лазарчук А. В. Техническая основа метрологического обеспечения метрологической службы теплосети / А. В. Лазарчук, М. Н. Белая // Материалы Международной научно-практической конференции им. Д. И. Менделеева: сборник статей. Т. 2 / отв. ред. А. Н. Халин. – Тюмень: ТИУ, 2023. – С. 407-410.
3. Гоголева Д. Д. Система управления рисками и возможностями в работе метрологической службы / Д. Д. Гоголева, М. Н. Белая // Материалы Международной научно-практической конференции им. Д. И. Менделеева: сборник статей. Т. 2 / отв. ред. А. Н. Халин. – Тюмень: ТИУ, 2023. – С. 365-368.
4. ГОСТ Р 8.820-2013 Государственная система обеспечения единства измерений. Метрологическое обеспечение. Основные положения: введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 28.08.2013 №839-ст – Текст электронный // КонсультантПлюс: справ. правовая система. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200107589> (дата обращения: 02.04.23). – Режим доступа: из локальной сети Севастопольского государственного университета.

УДК 006.05

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ КАЛИБРОВКИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ КАНАЛОВ рН ОКЕАНОГРАФИЧЕСКИХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ

О.В. Парфентьева¹, С.Е. Кравцова²

¹ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет» г. Севастополь, 299053, Российская Федерация, olga.kirichenko1408@gmail.com

²ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет» г. Севастополь, 299053, Российская Федерация, SEKravtsova@sevsu.ru

Аннотация. Для измерения параметров водной среды разрабатываются океанографические измерительные комплексы, содержащие в своем составе различные измерительные каналы. Они производят замеры различных параметров морской воды, один из них – показатель щелочности воды (рН). При снижении рН морской воды происходит так называемое подкисление океана, которое вызвано попаданием в воды океана углекислого газа из атмосферы Земли. Это сказывается на росте живых организмов, поэтому контроль параметра щелочности морской воды крайне важен. Для установления первичных характеристик разрабатываемых и разработанных комплексов применяется калибровка, которая должна осуществляться согласно соответствующей методике. Работа посвящена вопросу формирования основных положений методики калибровки измерительного канала рН, включая процедуру обработки результатов измерений и расчет неопределенности результата. Океанографические измерительные комплексы, содержащие в своем составе измерительный канал рН, как правило, разрабатываются единичными экземплярами или небольшими сериями. Это делает разрабатываемую методику узконаправленной и требует более подробного описания особенностей при выполнении калибровки.

Ключевые слова: океанографические измерительные комплексы, измерительный канал рН, калибровка, методика, требования, неопределенность.

DEVELOPMENT OF A METHODOLOGY FOR CALIBRATION OF pH MEASURING CHANNELS OF OCEANOGRAPHIC MEASURING COMPLEXES

O.V. Parfenteva¹, S.E. Kravtsova²

¹FSAEI HE «Sevastopol State University», Sevastopol, 299053, Russian Federation,
olga.kirichenko1408@gmail.com

²FSAEI HE «Sevastopol State University», Sevastopol, 299053, Russian Federation, SEKravtsova@sevsu.ru

Abstract. *Oceanographic measuring complexes containing various measuring channels are being developed to measure the parameters of the aquatic environment. They measure various parameters of seawater, one of which is the water alkalinity index (pH). When the pH of seawater decreases, the so-called ocean acidification occurs, which is caused by the ingress of carbon dioxide from the Earth's atmosphere into the ocean waters. This affects the growth of living organisms, so the control of the alkalinity parameter of seawater is extremely important. To establish the primary characteristics of the developed and developed complexes, calibration is used, which must be carried out according to the appropriate methodology. The work is devoted to the formation of the main provisions of the calibration methodology of the pH measuring channel, including the procedure for processing measurement results and calculating the uncertainty of the result. Oceanographic measuring complexes containing a pH measuring channel in their composition, as a rule, are developed in single copies or in small series. This makes the developed methodology narrowly focused and requires a more detailed description of the features when performing calibration.*

Keywords: *oceanographic measuring complexes, measuring channel pH, calibration, methodology, requirements, uncertainty.*

Постановка проблемы. Показатель pH морской воды – крайне важный параметр, влияющий не только на гидросферу, но также и на всю экосистему в целом. В руководящем документе РД 52.10.735-2018 «Водородный показатель морских вод. Методика измерений потенциометрическим методом» [1] говорится о том, что от значения pH зависит развитие и жизнедеятельность водной биоты, формы миграции различных элементов, агрессивное действие воды на вмещающие породы, металлы, бетон.

Разработка методики калибровки измерительных каналов pH, входящих в состав единичных и мелкосерийных океанографических измерительных комплексов, необходима для выполнения требований Федерального закона «Об обеспечении единства измерений» от 26.06.2008 № 102-ФЗ [2], производить точные достоверные измерения, результаты которых впоследствии могут использоваться в научных целях.

Разработка методики калибровки измерительных каналов pH океанографических измерительных комплексов необходима для калибровки комплексов, содержащих измерительный канал pH. Методика позволит расширить область аккредитации лаборатории, если лаборатория имеет все необходимое оборудование и не производила ранее калибровку каналов pH. Методика разрабатывается в соответствии с ГОСТ 8.879-2014 «Методики калибровки средств измерений. Общие требования к содержанию и изложению» [3]. При ее разработке необходимо руководствоваться конструкторскими документами, непосредственно описывающими измерительный канал pH, его принцип работы, особенности. Также разрабатываемая методика должна содержать требования документов, регламентирующих технику безопасности при проведении калибровочных работ, условия проведения калибровки в калибровочной лаборатории, а также должна соответствовать требованиям, предъявляемым при расчете неопределенности измерений.

Изложение основного материала. Согласно РМГ 120-2013 «Общие требования к выполнению калибровочных работ» [4] калибровка средств измерений – совокупность операций, устанавливающих в заданных условиях соотношения между значениями величины, полученной с помощью данного средства измерений и соответствующим значением величины, определенной с помощью эталона с целью определения действительных значений метрологических характеристик средств измерений. При проведении калибровки определяются действительные значения величины pH измерительного канала.

В соответствии с ГОСТ 8.879-2014 [3] методика калибровки – это документ, регламентирующий процедуру калибровки средств измерений. По назначению методики калибровки подразделяются на:

- методики калибровки, предназначенные для средств измерений, относящихся к одной или нескольким группам средств измерений;
- методики калибровки, предназначенные для калибровки средств измерений одного или нескольких типов средств измерений;
- методики калибровки, предназначенные для калибровки единичных экземпляров средств измерений.

Содержание методики калибровки включает вводную часть, а также разделы, указанные в ГОСТ 8.879-2014 [3].

Требования для каждого раздела методики разработаны согласно соответствующей нормативно-технической документации, которая определяет их.

Раздел «Подготовка к процедуре калибровки» включает в себя внешний осмотр и опробование (проверку функционирования) калибруемого канала рН, рабочих эталонов, средств измерений и необходимого вспомогательного оборудования, а также прочие действия, которые необходимо выполнить перед проведением калибровки.

Процедура калибровки поэтапно изложена в соответствующем разделе. Также описан используемый метод калибровки, текст сопровождается схемами подключения, графиками и пр.

Методика предполагает расчет неопределенности результата измерения. В соответствии с РМГ 29-2013 «Метрология. Основные термины и определения» [5] неопределенность (измерений) – это неотрицательный параметр, характеризующий рассеяние значений величины, приписываемых измеряемой величине на основании измерительной информации. При расчете неопределенности измерений необходимо руководствоваться соответствующим алгоритмом для расчета неопределенности при калибровке данного измерительного канала.

Согласно РМГ 115-2019 «Калибровка средств измерений. Алгоритмы разработки результатов измерений и оценивания неопределенности» стандартную неопределенность вычисляют по формуле СКО среднего арифметического значения [6]:

$$u(x_i) = u_A(x_i) = \sqrt{\frac{1}{m(m-1)} \sum_{j=1}^m (x_{ij} - x_i)^2} = \frac{S_i}{\sqrt{m}}, \quad (1)$$

где

$$S_i = \sqrt{\frac{1}{m-1} \sum_{j=1}^m (x_{ij} - x_i)^2}. \quad (2)$$

Согласно ГОСТ 34100.3-2017/ISO/IEC Guide 98-3:2008 «Неопределенность измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерения» [7] расширенную неопределенность получают умножением суммарной стандартной неопределенности $u_c(y)$ на коэффициент охвата k :

$$U = k u_c(y). \quad (3)$$

Раздел «Оформление результатов калибровки» содержит требования к оформлению результатов калибровки с указанием способов оформления результатов калибровки. Он также описывает порядок действий при неудовлетворительных результатах калибровки.

Выводы. При разработке методики калибровки необходимо руководствоваться конструкторской и нормативно-технической документацией, регламентирующей требования к измерительным каналам рН, к параметрам вспомогательного оборудования, к параметрам условий калибровки в лаборатории и пр. Разработка методики калибровки для лаборатории, не проводившей ранее калибровку измерительных каналов рН, позволит не только расширить область аккредитации калибровочной лаборатории, но и обеспечит требуемый уровень достоверности измерительной информации.

Список литературы

1. РД 52.10.735-2018. Водородный показатель морских вод. Методика измерений потенциометрическим методом : Руководящий документ : утвержден Руководителем Росгидромета 14.03.2018 : введен в действие приказом Росгидромета от 17.04.2018 № 160 / разработан Федеральным государственным учреждением «Государственный океанографический институт имени Н.Н. Зубова». – Москва, 2018. – Текст : непосредственный.
2. Федеральный закон «Об обеспечении единства измерений» от 26.06.2008 № 102-ФЗ : принят Государственной Думой 11 июня 2008 г. : одобрен Советом Федерации 18 июня 2008 г. – Текст : электронный // КонсультантПлюс : справ. правовая система. — URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_77904/ (дата обращения: 05.04.2023). — Режим доступа: из локальной сети Севастопольского государственного университета.
3. ГОСТ 8.879-2014. Методики калибровки средств измерений. Общие требования к содержанию и изложению : Национальный стандарт Российской Федерации : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 20 ноября 2014 г. № 1701-ст : введен впервые : переиздание сентябрь 2019. – Москва : Стандартинформ, 2019. – Текст : непосредственный.
4. РМГ 120-2013. Общие требования к выполнению калибровочных работ : Рекомендации по межгосударственной стандартизации : приняты Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 14 ноября 2013 г. № 44) Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 22 ноября 2013 г. № 2124-ст рекомендации по межгосударственной стандартизации РМГ 120-2013 введены в действие в качестве рекомендаций по метрологии Российской Федерации с 1 марта 2015 г. – Москва : Стандартинформ, 2015. – Текст : непосредственный.
5. РМГ 29-2013 «Метрология. Основные термины и определения» : Рекомендации по межгосударственной стандартизации : приняты Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 14 ноября 2013 г. № 44). – Москва : Стандартинформ, 2014. – Текст : непосредственный.
6. РМГ 115-2019 «Калибровка средств измерений. Алгоритмы разработки результатов измерений и оценивания неопределенности» : Рекомендации по межгосударственной стандартизации : приняты Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 30 сентября 2019 г. № 122-П) Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30 октября 2019 г. № 1065-ст рекомендации по межгосударственной стандартизации РМГ 115-2019 введены в действие в качестве рекомендаций по стандартизации Российской Федерации с 1 сентября 2020 г. – Москва : Стандартинформ, 2019. – Текст : непосредственный.
7. ГОСТ 34100.3-2017/ISO/IEC Guide 98-3:2008 «Неопределенность измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерения» : Межгосударственный стандарт : принят Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 14 июля 2017 г. №101-п). – Москва : Стандартинформ, 2018. – Текст : непосредственный.

УДК 006.022

ПРИМЕНЕНИЕ ИНСТРУМЕНТОВ СТАНДАРТИЗАЦИИ: ИДЕНТИФИКАЦИЯ ВИНА БЕЛОГО

В.М. Кравцова¹, Е.Ф. Бариева²

¹ФГБОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, 299053,
Российская Федерация, kravtzovalera18@gmail.com

²ФГБОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, 299053,
Российская Федерация, EFBarieva@mail.sevsu.ru

Аннотация. Контроль и оценка качества продукции является одним из важнейших этапов системы управления качеством на предприятиях любой формы собственности. Но большинство из них на сегодняшний день не могут обеспечить потребителю уверенность в том, что намеченное качество поставляемой продукции достигается или будет достигнуто. Весьма актуальным является вопрос контроля качества пищевой продукции, так как это один из факторов, определяющих здоровье людей. В Российской Федерации наблюдается количественный рост фальсифицированной, недоброкачественной или контрафактной алкогольной продукции. Ежегодно выявляются сотни подпольных цехов в различных субъектах страны.

Данная статья посвящена изучению выполнения требований к маркировке пищевой продукции на примере вина белого различных российских производителей, при этом структура текста маркировки строго регламентирована. Для этого изначально был проведен анализ научной литературы и нормативной базы, регламентирующей качество вин на территории Российской Федерации и стран Евразийского союза, существующих подходов к определению их подлинности. Был проведен сравнительный анализ различных нормативных документов, в части соблюдения требований маркировки, на основании которого проведено соответствие данных требований, на примере пяти образцов белого вина, выявлен ряд несоответствий в маркировке алкогольной продукции, представлены пути их преодоления.

Ключевые слова: Стандартизация, качество, маркировка, белое вино, пищевая продукция, анализ, упаковка.

APPLICATION OF STANDARDIZATION TOOLS: IDENTIFICATION OF WHITE WINE

V.M. Kravtsova¹, E.F. Barieva²

¹ FSAEI HE «Sevastopol State University», Sevastopol, 299053, Russian Federation, kravtsova.valera18@gmail.com

² FSAEI HE «Sevastopol State University», Sevastopol, 299053, Russian Federation, EFBarieva@mail.sevsu.ru

Annotation. Product quality control and evaluation is one of the most important stages of the quality management system at enterprises of any form of ownership. But most of them today cannot provide the consumer with confidence that the intended quality of the supplied products is being achieved or will be achieved. The issue of food quality control is very relevant, as it is one of the factors determining people's health. In the Russian Federation, there is a quantitative increase in counterfeit, substandard or counterfeit alcoholic beverages. Hundreds of underground workshops are identified annually in various regions of the country. This article is devoted to the study of compliance with the requirements for labeling food products on the example of white wine from various Russian manufacturers, while the structure of the labeling text is strictly regulated. To do this, an analysis of the scientific literature and the regulatory framework regulating the quality of wines on the territory of the Russian Federation and the countries of the Eurasian Union, existing approaches to determining their authenticity, was initially carried out. A comparative analysis of various regulatory documents was carried out in terms of compliance with labeling requirements, on the basis of which compliance with these requirements was carried out, using the example of five samples of white wine, a number of inconsistencies in the labeling of alcoholic beverages were identified, ways to overcome them were presented.

Keywords: Standardization, quality, labeling, white wine, food products, analysis, packaging.

Российский рынок алкогольной продукции является одним из крупнейших и традиционных, а также экономически значимый для государства рынок. Данный сектор является лидером пищевой промышленности. В 2022 году продажи алкогольной продукции в России показали рост на 2,24% в денежном выражении по сравнению с предыдущим годом [1]. Объем производства и отгрузки алкогольной продукции в РФ составляет 68 043,3 тыс. дал. (1 декалитр=10 литров=680.433 литров) [2].

В связи в этом актуальным встает вопрос соблюдения требований маркировки алкогольной продукции, так как в нашей стране растет число недоброкачественной, фальсифицированной и контрафактной продукции. Согласно рейтингу Всемирной организации здравоохранения за 2022 год, в первую двадцатку самых пьющих стран вошли в основном страны Европейского Союза. Российская Федерация оказалась на 16 месте [3]. Это говорит о том, что как бы не регулировался рынок алкогольной продукции, какие бы механизмы не внедрялись, необходимо в первую очередь повышать культуру питания.

Действующими нормативными документами, в которых указываются требования маркировки пищевой продукции, в частности продукции винодельческого производства, являются:

1) Технический регламент Евразийского экономического союза 047/2018 «О безопасности алкогольной продукции» [4];

2) ГОСТ 32061-2013 «Продукция винодельческая. Упаковка, маркировка, транспортирование и хранение» [5];

3) ГОСТ 32030-2013 «Вина столовые и виноматериалы столовые. Общие технические условия» [6];

4) ТР ТС 022/2011 «Пищевая продукция в части её маркировки» [7];

5) Федеральный закон от 27.12.2019 N 468-ФЗ (ред. от 29.12.2022) "О виноградарстве и виноделии в Российской Федерации" (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.03.2023) [8].

Причем указанный выше Федеральный закон накладывает ответственность за фальсифицированную, недоброкачественную или контрафактную продукцию. Без контроля качества недобросовестные производители использовали бы некачественные материалы и сырье для производства вина, вводили в заблуждение покупателей или писали ложную информацию на этикетках продукта. Безопасный продукт на рынке важен для любого потребителя, поэтому так важен контроль алкогольной продукции на всех стадиях жизненного цикла.

Проведем качественный сравнительный анализ перечисленных нормативных документов, в котором отразим перечень характеристик, необходимый для идентификации вина. Сравнительная характеристика нормативных документов представлена в таблице 1.

Таблица 1. Сравнительная характеристика нормативных документов

Перечень характеристик	ТР ЕАЭС 047/2018	ГОСТ 32061-2013	ГОСТ 32030-2013	ТР/ТС 022/2011
наименование алкогольной продукции	+	-	+	+
наименования и места нахождения	+	-	+	+
объемная доля этилового спирта	+	+	+	+
объем продукции в единице потребительской упаковки	+	+	+	+
массовая концентрация сахаров	-	+	+	+
состав	-	+	+	+
год урожая	+	+	+	+
дата производства (розлива, изготовления, оформления)	+	+	+	+
условия хранения	-	-	+	+
контрастная предупредительная надпись: "Чрезмерное употребление алкоголя вредит Вашему здоровью.";	+	+	-	+
наименование использованных пищевых добавок	+	+	-	+
Информация о содержании ГМО	+	+	-	+
информация об оценке соответствия продукции (единый знак обращения продукции на рынке Союза)	+	-	+	+

Сравнительный анализ нормативных документов показал, что характеристики маркировки весьма разнятся на текущий момент, поэтому для дальнейшего анализа были выбраны два нормативных документа ГОСТ 32030-2013 «Вина столовые и виноматериалы столовые. Общие технические условия» и ТР ТС 022/2011 «Пищевая продукция в части её маркировки» в виду совпадения общих требований, в части маркировки.

Маркировка на основании этих двух документов должна содержать в себе следующую информацию:

- наименование продукта;
- наименование и местонахождение изготовителя;
- наименование предприятия, производивший розлив;
- дата розлива;

- объем;
- состав;
- товарный знак изготовителя (при наличии);
- объемная доля этилового спирта;
- наименование по содержанию сахара;
- условия хранения;
- пищевые добавки, ароматизаторы;
- обозначение документа, в соответствии с которым изготовлен продукт;
- информация о подтверждении соответствия;
- год урожая;

- сведения о наличии в пищевой продукции компонентов, полученных с применением генно-модифицированных организмов (далее - ГМО) [9].

Суть исследования на начальном этапе заключалась в отборе образцов, который производился случайным образом в одной из розничных сетей супермаркета «Яблоко» в городе Севастополь. Главный критерий из выборки всех вин было вино белое различных категорий: «сладкое», «полусладкое», «сухое».

Ознакомление с маркировкой начиналось с визуального осмотра бутылки на наличие необходимой маркировки и проверки отсутствия потеков и загрязнений.

Проведем сравнительный анализ качества маркировки пяти бутылок вина методом сравнения:

1) объект исследований № 1 – Вино сладкое белое «Осеннее вино» производитель ООО «Инвест Плюс» Российская Федерация, Республика Крым, с. Вилино;

2) объект исследований № 2 – Вино полусладкое белое «Алиготе» производитель ООО «Любимый город ЛТД» Российская Федерация, г. Севастополь;

3) объект исследований № 3 – Вино сухое белое «Шато. Тамань. Мускат» производитель ООО «Кубань-Вино» Российская Федерация, Краснодарский край, Темрюкский район, станица Старотитаровская;

4) объект исследований № 4 – Вино сухое белое «Ркацители» производитель ООО «ВЕЙН УНД ВАССЕР» Российская Федерация, г. Севастополь;

5) объект исследований № 5 – Вино сухое белое «36 вайн ВАЙТ» производитель ООО «Агрофирма «Золотая балка» Российская Федерация, г. Севастополь.

Сравнительный анализ выполнения требований ГОСТ 32030-2013 и ТР ТС 022/2011 представлен в таблице 2. В таблице указаны характеристики, где «+» - наличие на этикетке, указанной характеристики, а «отсутствует» - ее отсутствие.

Таблица 2. Соответствие маркировки, требованиям нормативных документов

Характеристика	Наименование белого полусладкого вина				
	Образец 1 «Осеннее вино»	Образец 2 «Алиготе»	Образец 3 «Шато. Тамань. Мускат»	Образец 4 «Ркацители»	Образец 5 «36 вайн ВАЙТ»
наименование и местонахождение изготовителя	+	+	+	+	+
наименование предприятия, производившего розлив	+	+	+	+	+
дата розлива	+	+	+	отсутствует	+
объем	+	+	+	+	+
товарный знак изготовителя (при наличии)	отсутствует	отсутствует	+	+	+
объемная доля этилового спирта, % (или спирт, % об., или алк., % об.)	+	+	+	+	+

наименование по содержанию сахара (или сах., или сахар) г/дм ³	+	+	-	-	отсутствует
условия хранения	отсутствует	+	отсутствует	+	+
пищевые добавки, ароматизаторы	+	+	+	+	+
обозначение документа, в соответствии с которым изготовлен продукт	+	отсутствует	+	+	+
информация о подтверждении соответствия	+	+	+	+	+
год урожая	+	+	+	+	+

По итогам исследования было выявлено, что большая часть характеристик маркировки соответствует ГОСТ 32030-2013 и ТР ТС 022/2011. Больше всего соблюдение требований выявлено у образца 5 - «36 вайн ВАЙТ». Самый низкий показатель у характеристики наименования показателя сахара, только два из пяти производителей указали содержание сахара в вине. Несоответствие маркировки по условиям хранения были выявлены у образцов 1 - «Осеннее вино» и 3 - «Шато. Тамань. Мускат». Необходимо также отметить эстетичность этикеток, большая часть производителей выполнила их с соблюдением правила «Три Д» – «достоверность, достаточность, доступность». Как можно заметить не все производители соблюдают требования маркировки. Согласно Федеральному Закону № 468 «О виноградарстве и виноделии в Российской Федерации» за нарушение требований к информации для потребителей и особенностям розничной продажи алкогольной и спиртосодержащей продукции, предусмотрена административная ответственность согласно Кодексу об административных правонарушениях Российской Федерации ч. 2 ст.14.7 штраф от 20000 рублей до 50000 рублей [6]. В современных реалиях предприятию легче заплатить столь малую сумму и продолжить производство с нарушениями в следствии чего, хочется предложить механизмы борьбы с несоблюдением требований, а именно, значительно повысить штраф и привлекать к уголовной ответственности недобросовестных производителей алкогольной продукции.

Список литературы

1. Левинская, А. К. Инфографика. Производство и продажа алкоголя // РБК: [сайт], 2023. - URL: <https://www.rbc.ru/business/21/02/2023/63f378df9a7947fe51d6c6b9> (дата обращения 26.03.2023);
2. Федеральная служба государственной статистики: официальный сайт. – Москва. – Обновляется в течение суток. 2005-2023. – URL: <https://rosstat.gov.ru/> (дата обращения: 20.03.2023);
3. Селезнёва А. Рейтинг. Самые пьющие страны мира // Рамблер: [сайт], 2022. - URL: <https://news.rambler.ru/community/49879648-samye-pyuschie-strany-mira-reyting-po-upotrebleniyu-alkogolya/#rcmrcid=1ad12a8aee90b65b> (дата обращения 26.03.2023);
4. ТР ЕАЭС 047/2018 О безопасности алкогольной продукции, [Электронный ресурс]// Официальный сайт компании «Техэксперт», 2023. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/551893590> (дата обращения: 19.03.2023);
5. ГОСТ 32061-2013 Продукция винодельческая. Упаковка, маркировка, транспортирование и хранение, [Электронный ресурс]// Официальный сайт компании «Техэксперт», 2023. - URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200104852> (дата обращения: 19.03.2023);
6. ГОСТ 32030-2013 Вина столовые и виноматериалы столовые. Общие технические условия, [Электронный ресурс]// Официальный сайт компании «Техэксперт», 2023. - URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200103855> (дата обращения: 19.03.2023);
7. ТР ТС 022/2011 Пищевая продукция в части её маркировки, [Электронный ресурс]// Официальный сайт компании «Техэксперт», 2023. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/902320347> (дата обращения: 19.03.2023);
8. Федеральный закон от 18.01.2019 № 468-ФЗ (ред. от 01.03.2023) О виноградарстве и виноделии в Российской Федерации [Электронный ресурс]// Официальный сайт компании «Техэксперт», 2023 - URL: <https://docs.cntd.ru/document/564069019> (дата обращения: 21.03.2023);
9. Абдурахманов И.М., Саппаров К.Н., Галныкин Д.Д., Васильева Ю.Б. Оценка качества вина белого сухого по органолептическим показателям // Материалы IX Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум», 2017. - URL: <https://scienceforum.ru/2017/article/2017034593> (дата обращения: 20.03.2023).

СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ АЛКОГОЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ: НОВЫЕ ТРЕБОВАНИЯ В СФЕРЕ ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

Е.С. Жарова¹, М.Н. Белая²

¹ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, 299053, Российская Федерация, katusha-zharova@mail.ru

²ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, 299053, Российская Федерация, belaya_079@mail.ru

Аннотация: Алкогольная продукция всегда пользуется большим спросом среди потребителей. В настоящее время актуален вопрос о безопасности алкогольной продукции, ведь при несоблюдении правил подтверждения соответствия присутствует высокий риск навредить здоровью и жизни человека. Алкогольная продукция, как и пищевая продукция, подлежит обязательному подтверждению соответствия – декларированию. В процессе декларирования соответствия изготовитель алкогольной продукции удостоверяется, что поставляемая и продаваемая им продукция соответствует установленным требованиям. В статье рассмотрены вопросы стандартизации и подтверждения соответствия алкогольной продукции через применение обязательных форм подтверждения соответствия: декларирования соответствия и обязательной сертификации. В работе авторами проведен сравнительный анализ схем декларирования соответствия по техническому регламенту Таможенного Союза «О безопасности пищевой продукции» (ТР ТС 021) и техническому регламенту Евразийского экономического союза «О безопасности алкогольной продукции» (ТР ЕАЭС 047). Сравнительный анализ показал совпадающие доказательства соответствия и доказательства соответствия, относящиеся только к одному из технических регламентов, отмечены положительные стороны вновь вводимого технического регламента. При проведении анализа установлено, что не только можно декларировать алкогольную продукцию, но и сертифицировать по желанию заявителя. Авторами разработан алгоритм декларирования соответствия, на основании требований ТР ЕАЭС 047.

Ключевые слова: алкогольная продукция, декларирование, подтверждение соответствия, сертификация, технический регламент, требование.

STANDARDIZATION AND CERTIFICATION OF ALCOHOLIC BEVERAGES: NEW REQUIREMENTS IN THE FIELD OF TECHNICAL REGULATION

E.S. Zharova¹, M.N. Belaya²

¹FSAEI HE «Sevastopol State University», Sevastopol, 299053, Russian Federation, katusha-zharova@mail.ru

²FSAEI HE «Sevastopol State University», Sevastopol, 299053, Russian Federation, belaya_079@mail.ru

Abstract: Alcoholic beverages are always in great demand among consumers. Currently, the issue of the safety of alcoholic beverages is relevant, because if the rules of conformity assessment are not followed, there is a high risk of harming human health and life. Alcoholic beverages, as well as food products, are subject to mandatory conformity assessment – declaration. In the process of declaration of conformity the manufacturer of alcoholic products certifies that the supplied and sold product meets the established requirements. In the article, the issues of standardization and confirmation of conformity of alcoholic products through the application of mandatory forms of confirmation of conformity: declaration of conformity and mandatory certification. In the work, the authors conducted a comparative analysis of the schemes of declaration of conformity according to the technical regulations of the Customs Union "On food Safety" (TR CU 021) and the technical regulations of the Eurasian Economic Union "On the safety of alcoholic beverages" (TR EAEU 047). The comparative analysis showed matching proofs of conformity and proofs of conformity relating only to one of their technical regulations, the positive aspects of the newly introduced technical regulations were noted. During the analysis, it was found that it is not only possible to declare alcoholic beverages, but also to certify at the request of the applicant. The authors have developed an algorithm for declaring compliance, based on the requirements of the EAEU TR 047.

Keywords: alcoholic beverages, declaration, conformity assessment, certification, technical regulations, requirements

Постановка проблемы. Согласно ФЗ №184 «О техническом регулировании» технические регламенты обязательны к применению. Для решения проблемы безопасности алкогольной продукции для потребителей необходимо провести декларирование соответствия на основании технического регламента «О безопасности пищевой продукции». Алкогольная продукция проходит обязательные процедуры оценки соответствия, такие как подтверждение (декларирование) соответствия и государственная регистрация, на основании ТР ТС 021/2011. Однако с 01.01.2024 в силу вступает ТР ЕАЭС 047/2018, согласно которому алкогольная продукция проходит обязательные процедуры оценки соответствия, такие как подтверждение (декларирование и сертификация) соответствия и государственная регистрация.

Изложение основного материала. Декларирование алкогольной продукции производится согласно схемам декларирования. В ТР ТС 021/2011 и в ТР ЕАЭС 047/2018 представлены данные схемы. Сравнительный анализ схем декларирования в технических регламентах представлен в таблице 1.

Таблица 1. Сравнительный анализ схем декларирования

Обозначение схемы декларирования соответствия	Доказательства соответствия, входящие в схемы декларирования				Дополнительные данные
	формирование и анализ технической документации	проведение испытаний образцов продукции в собственной лаборатории	проведение испытаний образцов продукции в АИЛ	осуществление производственного контроля	
1 д (по ТР ТС 021)					для продукции, выпускаемой серийно
2 д (по ТР ТС 021)					для партии продукции
3 д (по ТР ТС 021)					для продукции, выпускаемой серийно
3 д (по ТР ЕАЭС 047)					для алкогольной продукции, выпускаемой серийно
4 д (по ТР ЕАЭС 047)					для партии алкогольной продукции
6д (по ТР ЕАЭС 047)					1) для алкогольной продукции, выпускаемой серийно. 2) наличие СМБПП
Примечание: зеленый цвет – обязательное выполнение процедуры; желтый цвет – процедура выполняется на выбор; белый цвет – процедура не выполняется (не предусмотрена схемой декларирования).					

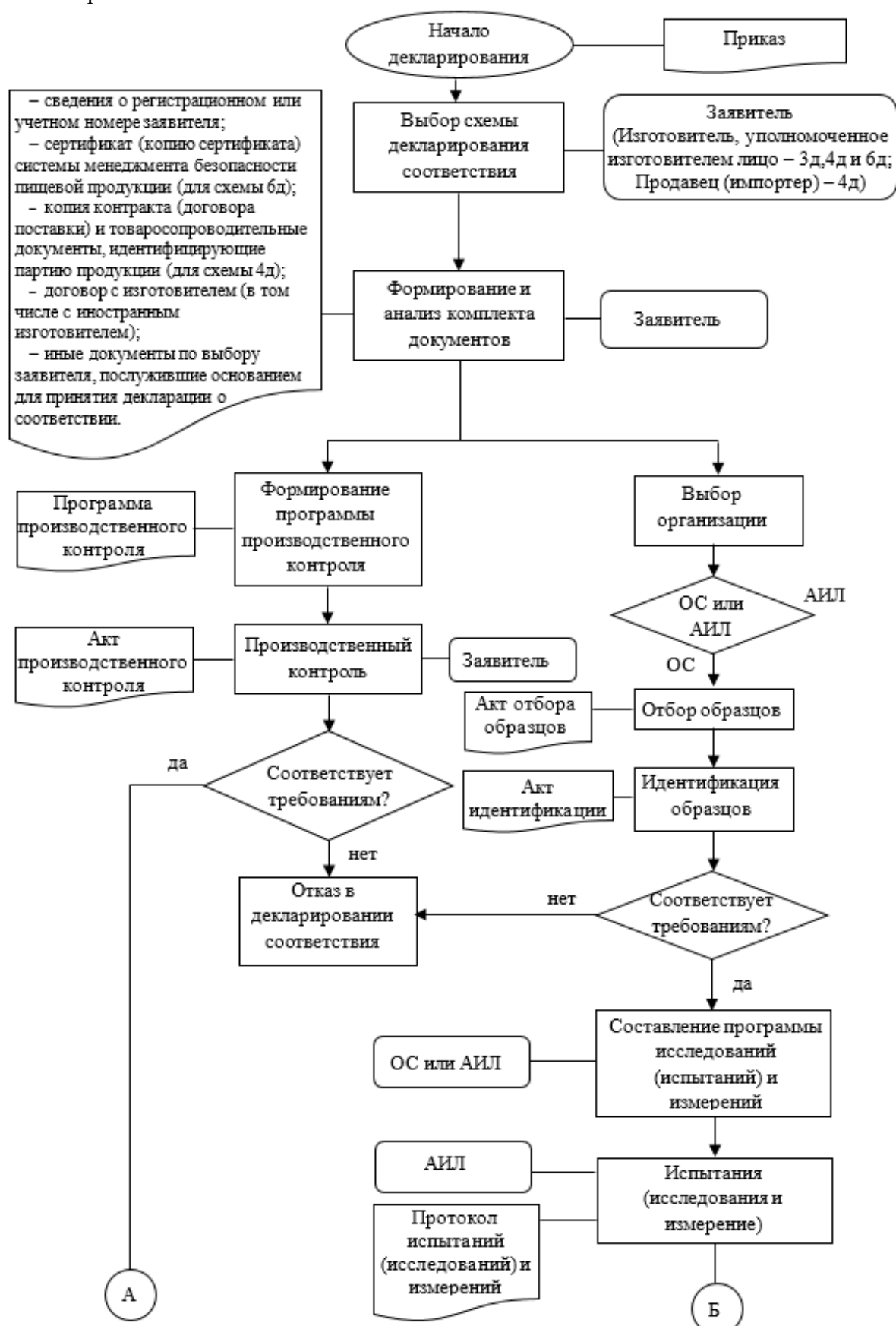
Сравнительный анализ ТР ТС 021 и ТР ЕАЭС 047 показал, что ТР ЕАЭС 047 не включает процедуру «формирование и анализ технической документации». Для алкогольной продукции данная процедура не может считаться доказательством соответствия, так как подтвердить безопасность алкогольной продукции, и тем самым ее соответствие требованиям технического регламента невозможно только по документации, необходимо провести исследования (испытания и измерения).

Процедуры «проведение испытаний образцов продукции в собственной лаборатории» и «проведение испытаний образцов продукции в АИЛ» выбираются заявителем декларирования соответствия. Но, в новом ТР отмечается условие для заявителя – если заявитель имеет возможности проведения испытаний. Следовательно, заявитель должен иметь аттестованное испытательное оборудование, поверенные средства измерения, квалифицированный персонал, методики испытаний (стандартизованные или аттестованные).

Проведение производственного контроля, по-новому ТР, не проводится по схеме 4д, т.к. данная схема относится к декларированию партии продукции.

Также необходимо отметить, что в новом ТР отмечается участие органа по сертификации продукции, проводящего отбор, идентификацию продукции, а также подготовку направления на испытания и разработку программы испытаний.

На рис. 1 представлен алгоритм декларирования соответствия, разработанный на основании требований ТР ЕАЭС 047.



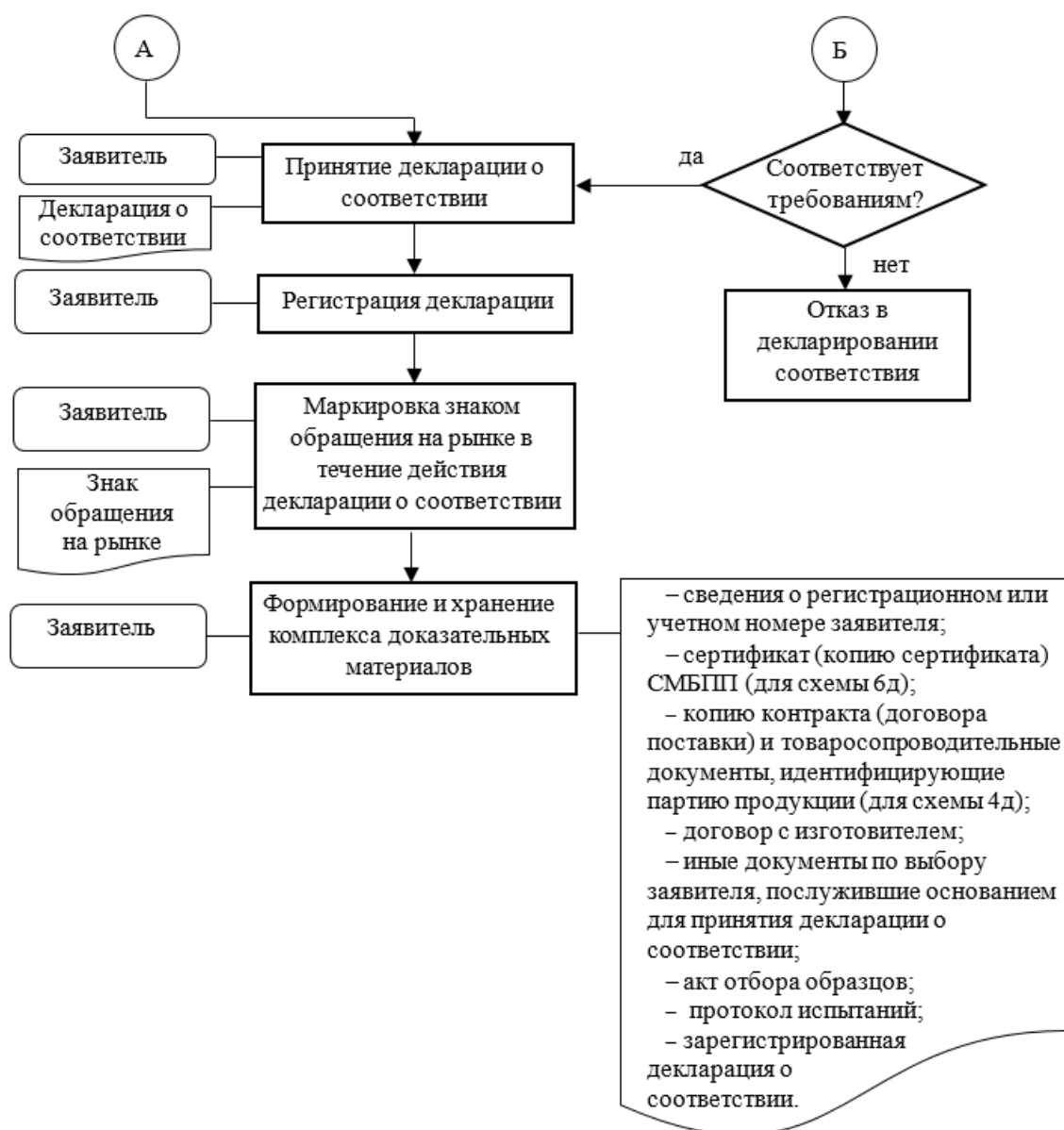


Рис. 1 - Алгоритм декларирования соответствия, разработанный на основании требований ТР ЕАЭС 047

На основании проведенного сравнительного анализа можно отметить, что новый ТР предусматривает не только декларирование соответствия, но и сертификацию продукции по схемам сертификации – 1 с, 2 с, 3 с.

Выводы. Таким образом необходимо усовершенствовать процедуру декларирования соответствия на алкогольную продукцию, опираясь на новый технический регламент ТР ЕАЭС 047/2018 и схемы декларирования, которые в предыдущем техническом регламенте ТР ТС 021/2011 не использовались.

Список литературы

1. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» [Электронный ресурс]. 2023. URL: <https://docs.cntd.ru/document/902320560> (дата обращения: 03.04.2023).
2. Технический регламент Таможенного союза ТР ЕАЭС 047/2018 «О безопасности алкогольной продукции» [Электронный ресурс]. 2023. URL: <https://docs.cntd.ru/document/551893590> (дата обращения: 03.04.2023).

ФОРМИРОВАНИЕ МЕХАНИЗМА ВНУТРЕННЕГО АУДИТА СОБЛЮДЕНИЯ ТРЕБОВАНИЙ СИСТЕМ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА В УСЛОВИЯХ ПОВЕРОЧНОЙ ЛАБОРАТОРИИ

Д.Д. Гоголева¹, М.Н. Белая²

¹ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, 299053,
Российская Федерация, dashagogolewa@yandex.ru

² ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, 299053,
Российская Федерация, belaya_079@mail.ru

Аннотация. В статье рассматривается формирование механизма внутреннего аудита соблюдения требований менеджмента качества в условиях поверочной лаборатории. Целесообразность формирования механизма внутреннего аудита обуславливается необходимостью соблюдения требований при прохождении аккредитации или подтверждения компетентности измерительными лабораториями, выполняющие функции в области обеспечения единства измерений (ОЕИ) в соответствии с приказом Министерства экономического развития Российской Федерации № 707. Основной целью поверочной лаборатории является ОЕИ в соответствии с требованиями законодательства Российской Федерации при выполнении государственного оборонного заказа и решении других задач, стоящих перед организацией. В статье формирование механизма внутреннего аудита соблюдения требований систем менеджмента качества в условиях поверочной лаборатории рассматривается применительно к организации, выполняющей государственные оборонные заказы. В статье авторы описывают основные этапы формирования внутреннего аудита, дают обоснование периодичности проведения внутреннего аудита соблюдения требований систем менеджмента качества в условиях поверочной лаборатории. Представлены и описаны основные разделы методики проведения анализа менеджмента качества. Определены и описаны функции менеджера по качеству, директора по качеству и начальника отдела метрологии. Показана взаимосвязь их деятельности при проведении внутреннего аудита системы менеджмента качества в условиях поверочной лаборатории.

Ключевые слова: внутренний аудит, менеджер по качеству, обеспечение единства измерений, отдел метрологии, поверка, поверочная лаборатория, система менеджмента качества

FORMATION OF AN INTERNAL AUDIT MECHANISM FOR COMPLIANCE WITH THE REQUIREMENTS OF QUALITY MANAGEMENT SYSTEMS IN A VERIFICATION LABORATORY

D.D. Gogoleva¹, M.N. Belaya²

¹ FSAEI HE «Sevastopol State University», Sevastopol, 299053, Russian Federation, dashagogolewa@yandex.ru

² FSAEI HE «Sevastopol State University», Sevastopol, 299053, Russian Federation, belaya_079@mail.ru

Abstract. The article discusses the formation of an internal audit mechanism for compliance with quality management requirements in a verification laboratory. The expediency of forming an internal audit mechanism is conditioned by the need to comply with the requirements when passing accreditation or confirming competence by measuring laboratories performing functions in the field of ensuring the uniformity of measurements in accordance with the implementation (compliance) of accreditation criteria. The availability and functioning of a quality management system for verification laboratories is one of the main criteria for accreditation in accordance with the order of the Ministry of Economic Development of the Russian Federation No. 707. The main purpose of the verification laboratory is to ensure the uniformity of measurements in accordance with the requirements of the legislation of the Russian Federation when fulfilling the state defense order and solving other tasks facing the organization. In the article, the formation of an internal audit mechanism for compliance with the requirements of quality management systems in the conditions of a verification laboratory is considered in relation to an organization fulfilling state defense orders. In the article, the authors describe the main stages of the formation of internal audit, provide justification for the frequency of internal audit of compliance with the requirements of quality management systems in a verification laboratory. The main sections of the methodology of quality management analysis are presented and described. The functions of the quality manager, Quality Director and Head of the Metrology department

are defined and described. The interrelation of their activities during the internal audit of the quality management system in the conditions of the verification laboratory is shown.

Keywords: *internal audit, quality manager, ensuring the uniformity of measurements, metrology department, verification, verification laboratory, quality management system*

Постановка проблемы. В целях обеспечения уверенности в том, что деятельность по поверке средств измерений соответствует установленным требованиям, а требования систем менеджмента качества выполняются и являются эффективными в организации, необходимо разработать механизм внутреннего аудита соблюдения требований систем менеджмента качества в области аккредитации (ОА).

Оценка деятельности в области качества должна осуществляться по следующим критериям:

- соблюдение требований нормативно-правовых актов и иных НД в процессе выполнения работ (оказания услуг) по ОЕИ;
- соответствие уровня компетентности работников, непосредственно участвующих в работах по ОЕИ;
- сокращение сроков выполнения метрологических работ;
- повышение удовлетворенности потребителей качеством оказанных метрологических услуг;
- наличие и достижение целей в области качества отдела метрологии и организации.

Изложение основного материала. Основные функции контроля и надзора по ОЕИ в организации, выполняющей государственные оборонные заказы выполняет структура отдела метрологии. Основной целью отдела метрологии является ОЕИ в соответствии с требованиями законодательства Российской Федерации при выполнении государственного оборонного заказа и решении других задач, стоящих перед организацией.

Функциями отдела метрологии являются организация и проведение работ по обеспечению единства и требуемой точности измерений в соответствии с требованиями: Федерального закона № 102-ФЗ от 26 июня 2008 года, ГОСТ РВ 0008-001-2013, ГОСТ РВ 0008-000-2019.

Основными работами отдела метрологии по обеспечению единства и требуемой точности измерений в организации являются [1-4]:

- установление единого порядка выбора (назначения) средств измерений (СИ) в процессе разработки, производства и испытаний продукции;
- организация приобретения метрологического оборудования;
- организация приемки, входного контроля, учета и выдачи приобретаемых СИ;
- организация и проведение поверки (калибровки): СИ и средств контроля;
- организация и проведение ремонта СИ и метрологического оборудования;
- организация длительного хранения СИ;
- организация и проведение специальных точных и арбитражных измерений;
- организация и проведение проверки метрологических характеристик технологического оборудования и инструмента;
- организация и проведение аттестации испытательного оборудования;
- организация и проведение метрологической экспертизы технической документации;
- организация и проведение аттестации эталонов единиц величин;
- организация и проведение метрологического надзора за состоянием и применением оборудования для мониторинга и измерений, за соблюдением подразделениями организации метрологических правил, положений, требований и норм;
- организация и проведение анализа и оценки удовлетворенности потребителей качеством услуг, оказанных отделом метрологии;
- разработка, утверждение и ведение перечней СИ, средств контроля, индикаторов, стандартных образцов, испытательного оборудования и эталонов единиц величин, применяемых в организации;

- формирование и актуализация каталога «Измерительное оборудование» справочника «Номенклатура» с целью учета наименований и типов измерительного оборудования, используемого в подразделениях организации;

- разработка, утверждение и актуализация внутренней нормативной документации по управлению оборудованием для мониторинга и измерений и по решению других задач метрологического обеспечения разработки, производства, испытаний и эксплуатации продукции;

- участие в аттестации испытательных подразделений и аналитических лабораторий, в подготовке к аттестации производственных подразделений, в соответствии с внешней нормативной документацией;

- организация и проведение работ по механизации и автоматизации процессов измерений и контроля;

- осуществление взаимодействия с Росстандартом, органами Государственной метрологической службы и другими федеральными органами, осуществляющими деятельность в области ОЕИ;

- совершенствование организации работ в подразделении с целью экономии ресурсов, сокращения сроков и повышения качества проводимых работ;

- разработка положений и инструкций, регламентирующих порядок проведения метрологических работ, права и обязанности сотрудников отдела метрологии;

- управление записями по результатам выполнения метрологических работ и оказания услуг;

- обеспечение безопасных условий труда, соблюдение правил и норм техники безопасности, промышленной санитарии и пожарной безопасности;

- организация подготовки, переподготовки, повышения квалификации и аттестации сотрудников отдела метрологии;

- участие отдела метрологии в разработке мероприятий по улучшению результативности системы менеджмента качества в организации, по устранению недостатков, выявленных при проведении внешних и внутренних аудитов.

Все вышеперечисленные работы отдела по метрологии выполняются в соответствии с разработанными, утвержденными и введенными в действие нормативными документами: стандартами организации, документированными процедурами системы менеджмента качества и рекомендациями по метрологии.

Общая организация и проведение аудитов по соблюдению требований систем менеджмента качества в ОА возлагается на руководителя группы аудита – менеджера по качеству поверки.

Планирование внутреннего аудита осуществляют ежегодно. Периодичность проведения внутреннего аудита – не реже одного раза в год [5].

Разрабатывает программу внутреннего аудита менеджер по качеству поверки [5]. После утверждения директором по качеству менеджер по качеству поверки направляет программу внутреннего аудита через систему электронного документооборота руководителю проверяемого отдела метрологии. Утвержденная программа внутреннего аудита хранится в электронном виде.

Менеджер по качеству поверки формирует группу внутреннего аудита, в состав которой включают: главного метролога и специалиста по виду измерений.

На основании утвержденной программы менеджер по качеству поверки за три дня до предполагаемой даты проведения внутреннего аудита направляет начальнику проверяемого отдела метрологии задачу по системе электронного документооборота, в которой указывает основание, цели аудита и предполагаемую дату его проведения.

Начальник отдела метрологии в течение одного рабочего дня после получения согласовывает дату проведения аудита или предлагает другую дату, указывая причину переноса.

По результатам проведения аудита менеджер по качеству поверки формирует акт внутреннего аудита. Акты внутреннего аудита хранят в системе электронного документооборота. Акт внутреннего аудита должен быть согласован с участниками аудита, начальником проверяемого отдела метрологии, в течение пяти рабочих дней с даты получения задания в системе электронного документооборота. После согласования акт отправляют на утверждение директору по качеству. Аудит считается завершенным с момента утверждения акта директором по качеству.

После утверждения акта аудита менеджер по качеству поверки отправляет на имя начальника отдела метрологии поручения от директора по качеству по исполнению мероприятий по устранению несоответствий, указанных в акте, указывая контролером поручения по акту аудита себя.

При наличии замечаний начальник отдела метрологии составляет план мероприятий. После устранения несоответствий и выполнения рекомендаций начальник отдела метрологии закрывает поручения по аудиту. При закрытии поручения обязательным условием является вложение в задание доказательств его выполнения.

В организации установлены правила проведения анализа СМК в ОА. Анализ СМК деятельности в ОА организует менеджер по качеству. Методика проведения анализа предусматривает проведение менеджером по качеству анализа:

- проверки и пригодности политики в области ОЕИ;
- проверки и пригодности процедур ОЕИ;
- результатов, полученных при проведении внутренних аудитов;
- принятых корректирующих мероприятий;
- обратной связи с заказчиками (потребителями, клиентами);
- результатов анализа и рассмотрения претензий.

На основании проведенного анализа менеджер по качеству в конце календарного года обобщает результаты функционирования систем менеджмента качества в виде отчета с указанием сведений о корректирующих мероприятиях и предложений по улучшению. Отчет согласовывают с главным метрологом, директором по качеству и затем его утверждает генеральный директор. Отчет размещает менеджер по качеству в системе электронного документооборота в срок не позднее трех дней с момента его утверждения. Рекомендации по улучшению из отчета менеджер по качеству направляет на исполнение путем формирования поручений от имени лица, утвердившего отчет. Контроль исполнения поручений осуществляет менеджер по качеству.

Выводы. На основании проведенной работы авторами сформирован и описан механизм внутреннего аудита соблюдения требований СМК в условиях поверочной лаборатории для организации выполняющей работы по государственному оборонному заказу.

Список литературы

1. Федеральный закон от 26 июня 2008 г. № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений» – Текст электронный // КонсультантПлюс : справ. правовая система. — 1992. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_77904/ (дата обращения: 23.03.23). — Режим доступа: из локальной сети Севастопольского государственного университета.
2. Приказ Минпромторга России от 31 июля 2020 г. № 2510 «Об утверждении порядка проведения поверки средств измерений, требований к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке» – Текст электронный // КонсультантПлюс : справ. правовая система. — 1992. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_368453/ (дата обращения: 23.03.23). — Режим доступа: из локальной сети Севастопольского государственного университета.
3. Гоголева Д. Д. Система управления рисками и возможностями в работе метрологической службы / Д. Д. Гоголева, М. Н. Белая // Материалы Международной научно-практической конференции им. Д. И. Менделеева: сборник статей. Т. 2 / отв. ред. А. Н. Халин. – Тюмень: ТИУ, 2023. – С. 365-368.
4. Гоголева Д. Д. Анализ рисков работ метрологической службы / Д. Д. Гоголева, М. Н. Белая // Ресурсосберегающие технологии в контроле, управлении качеством и безопасности : сборник научных трудов XI Международной конференции школьников, студентов, аспирантов, молодых ученых «Ресурсоэффективные

системы в управлении и контроле: взгляд в будущее» / Томский политехнический университет. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2023. – С. 51 – 54.

5. Приказ Министерства экономического развития Российской Федерации от 26 октября 2020 г. № 707 «Об утверждении критериев аккредитации и перечня документов, подтверждающих соответствие заявителя, аккредитованного лица критериям аккредитации» – Текст электронный // КонсультантПлюс : справ. правовая система. — 1992. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_367928/ (дата обращения: 23.03.23). — Режим доступа: из локальной сети Севастопольского государственного университета.

УДК 006.85

МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧРЕЖДЕНИЯ В СФЕРЕ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ

А.Д. Васильченко¹, М.Н. Белая²

¹ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, 299053,
Российская Федерация, anna.appolinarieva@mail.ru

² ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, 299053,
Российская Федерация, belaya_079@mail.ru

Аннотация. В статье разрабатывается процесс метрологического обеспечения медицинского учреждения для учебных заведений Министерства обороны Российской Федерации. Реализация процессного подхода заложена в основу создания, внедрения и поддержания системы менеджмента качества. Внедрение системы менеджмента качества, дает возможность медицинскому учреждению предоставлять услуги, отвечающие национальным требованиям; расширять возможности для удовлетворения потребностей в медицинских услугах; проводить оценку рисков и возможностей при оказании медицинских услуг и достижении поставленных целей; демонстрировать соответствие медицинских услуг установленным требованиям системы менеджмента качества. Все виды медицинской техники влияют на точность постановки диагноза. Для получения объективных, достоверных и сопоставимых результатов измерений, необходимо подвергать процедурам метрологического контроля, заключающегося в поверке или калибровке средств измерений, аттестации испытательного оборудования, проверке пригодности применения иных медицинских технических устройств в соответствии с требованиями Федерального закона «Об обеспечении единства измерений» и постановления Правительства Российской Федерации «Об утверждении перечня измерений, относящихся к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений». В работе определены входные и выходные данные процесса, дано описание самого процесса и установлены критерии оценки процесса.

Ключевые слова: измерение, медицинское учреждение, метрологическое обеспечение, поверка, процесс, средство измерений.

METROLOGICAL SUPPORT OF AN INSTITUTION IN THE FIELD OF HEALTHCARE

A.D. Vasilchenko¹, M.N. Belaya²

¹ FSAEI HE «Sevastopol State University», Sevastopol, 299053, Russian Federation, anna.appolinarieva@mail.ru

² FSAEI HE «Sevastopol State University», Sevastopol, 299053, Russian Federation, belaya_079@mail.ru

Abstract. The article develops the process of metrological support of a medical institution for educational institutions of the Ministry of Defense of the Russian Federation. The implementation of the process approach is the basis for the creation, implementation and maintenance of a quality management system. The introduction of a quality management system enables a medical institution to provide services that meet national requirements; expand opportunities to meet the needs for medical services; assess risks and opportunities in the provision of medical services and the achievement of goals; demonstrate compliance of medical services with the established requirements of the quality management system. All types of medical equipment affect the accuracy of diagnosis. In order to obtain objective, reliable and comparable measurement results, it is necessary to undergo metrological control procedures consisting in verification or calibration of measuring instruments, certification of test equipment, verification of the

suitability of other medical technical devices in accordance with the requirements of the Federal Law "On Ensuring the Uniformity of Measurements" and the Decree of the Government of the Russian Federation "On approval of the list of measurements related to in the sphere of state regulation of ensuring the uniformity of measurements". The paper defines the input and output data of the process, gives a description of the process itself and sets the criteria for evaluating the process.

Keywords: measurement, medical institution, metrological support, verification, process, measuring instrument.

Постановка проблемы. Метрологическое обеспечение (МО) учреждений в сфере здравоохранения играет важную и необходимую роль с целью выполнения требований федерального закона «Об обеспечении единства измерений» [1]. Здравоохранение относится к сфере государственного регулирования в области обеспечения единства измерений. Метрологическое обеспечение можно представить в виде процесса (ов) при реализации принципов всеобщего управления качеством (принципов менеджмента). Для описания процессов необходимо определить входные и выходные данные процесса, описать технологию самого процесса и определить критерии оценки выполнения процесса.

Изложение основного материала. Для описания входных данных (входных процессов) необходимо определить предстоящие процессы или внешние источники, установить документы, содержащие данные о процессах. Входные данные для метрологического обеспечения учреждения в сфере здравоохранения (МУ) определены и представлены в таблице 1.

Таблица 1. Входные данные процесса

Предшествующий процесс или внешний источник	Документы, содержащие данные
Направление в МУ	Медицинские карты
	Инвентарные ведомости СИ

После определения входных данных необходимо описать сам процесс – Метрологическое обеспечение учреждения в сфере здравоохранения. Для этого необходимо установить цель процесса, описать подпроцессы метрологического обеспечения определить и разработать блок-схему процесса.

Цель процесса – обеспечение необходимой точности измерений в процессах метрологического обеспечения МУ [2-4].

Описание подпроцессов метрологического обеспечения МУ можно разделить на следующие этапы:

- в январе каждого года метрологическая служба (МС) готовит распоряжение от имени начальника училища для заведующих о назначении (подтверждении) ответственных за МО МУ. Заведующие МУ назначают ответственных за МО или подтверждают, что ответственный за МО МУ имеется, информация передается в МС;

- ответственные за МО МУ на основании анализа деятельности МУ готовят и подают сведения в МС, о наличии и применении СИ, имеющихся в МУ; о необходимости приобретения СИ;

- МС анализирует полученные сведения, определяет номенклатуру необходимых СИ, применяемых в МУ, и готовит рапорт на приобретение СИ на имя начальника училища;

- отдел материально-технического обеспечения и финансово-экономического обеспечения занимаются приобретением СИ;

- в октябре каждого года МС готовит распоряжение от имени начальника училища для заведующих МУ и ответственных за МО МУ о подаче сведений в МС, о необходимости проведения поверки и калибровки СИ и СИ;

- МС анализирует полученные сведения и составляет график поверки и калибровки СИ училища на будущий год, представляет его в ноябре для согласования и утверждения;

- после утверждения графика поверки и заключения договора на выполнение поверочных и калибровочных работ МС контролирует соблюдение ответственными за МО МУ сроков поверки и калибровки СИ, находящихся в их ведении;

- в течение календарного года, ответственные за МО МУ, перед проведением процедур и исследований, проверяют состояние СИ, применяемых на процедурах и исследованиях. При необходимости выполняют настройку и регулировку;

- все СИ, не применяемые на процедурах и исследованиях, должны быть промаркированы и храниться отдельно от остальных СИ (применяемых на процедурах и исследованиях);

- СИ, подлежащие ремонту, должны быть промаркированы буквой «Р» и храниться отдельно от других СИ;

- результаты поверки или калибровки ответственный за МО фиксирует в медицинском «Журнале учета состояния СИ, применяемом в медицинских процессах и исследованиях»;

- в начале календарного года МС осуществляет проверку маркировки, хранения, состояния и применения СИ МУ и ведения медицинского «Журнала учета состояния СИ, применяемых в медицинских процессах и исследованиях». В случае обнаружения несоответствия подается соответствующий рапорт в администрацию училища.

Разработанная блок-схема процесса МО МУ представлена на рис. 1.

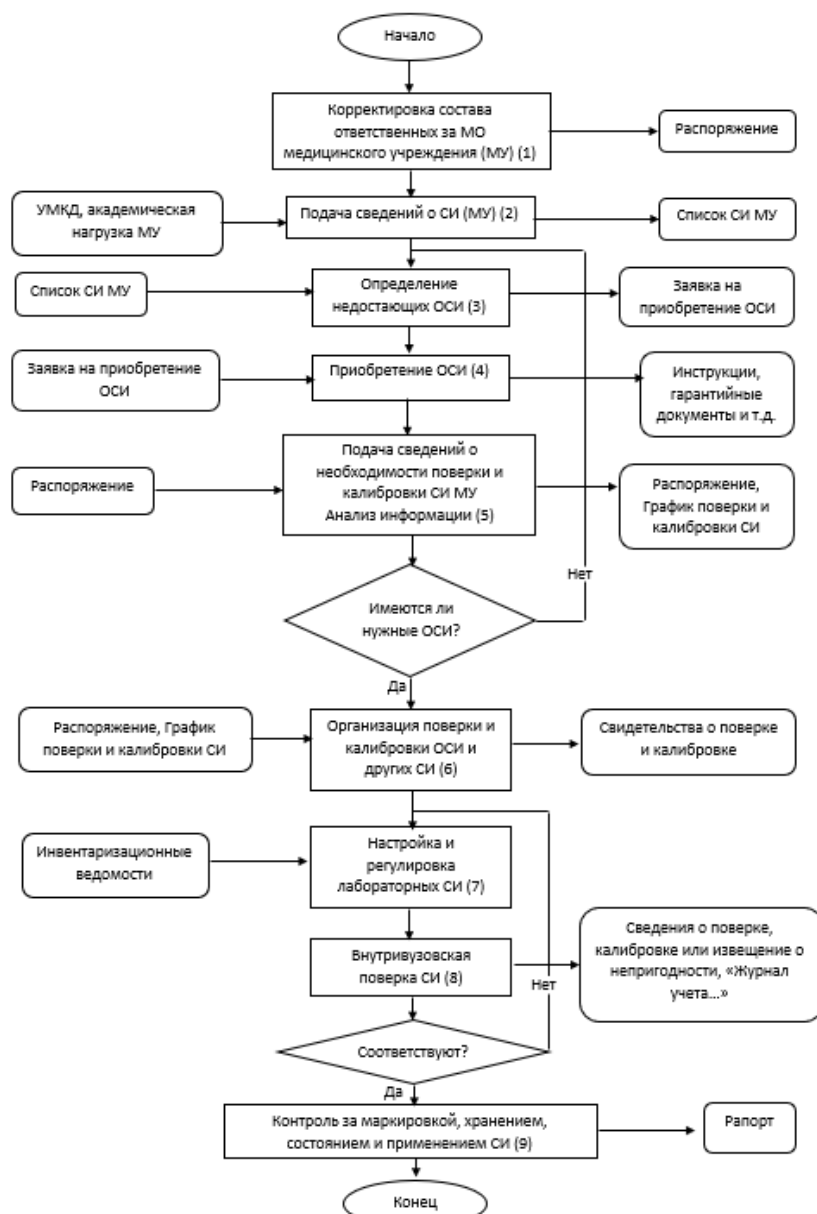


Рис. 1 - Разработанная блок-схема метрологического обеспечения МУ

Выходные данные для МО медицинского учреждения представлены в таблице 2.

Таблица 2. Выходные данные процесса

Последующий процесс или внешний потребитель	Документы, содержащие данные
Руководящие процедуры (РК)	Рапорт о результатах проверки
Предоставление медицинских услуг	Журнал учета состояния СИ, применяемых в МУ

Качество процесса в МУ оценивается следующими основными показателями (таблица 3) с целью проведения анализа, измерений и мониторинга процесса.

Таблица 3. Критерии оценки процесса

Цель критерия	Единицы измерения	Методы контроля
Количественная оценка МУ	ед.	Число подразделений, успешно прошедших проверку СИ
Качественная оценка МУ	%	Отношение числа подразделений, успешно прошедших проверку СИ, к числу подразделений, указанных в плане
Результативность МУ приобретения СИ	%	Расчет отношения выполненных заявок на СИ к числу поданных
Своевременность выполнения задач в МУ	время	Рассчитывается время отклонения проведенных проверок от плана

Оценку процесса по данным критериям производит руководитель МС и делает доклады о состоянии МУ на советах училища.

Ответственный по системе менеджмента качества проводит регулярные аудиторские проверки на соответствие стандарту с периодичностью, оговоренной в ежегодном плане аудитов.

Выводы: Разработанный и описанный процесс метрологического обеспечения МУ направлен на систематизацию данных и своевременное обеспечение МУ СИ.

Список литературы

1. Федеральный закон от 26 июня 2008 г. № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений» – Текст электронный // КонсультантПлюс : справ. правовая система. — 1992. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_77904/ (дата обращения: 23.03.23). — Режим доступа: из локальной сети Севастопольского государственного университета.
2. Приказ Минпромторга России от 31 июля 2020 г. № 2510 «Об утверждении порядка проведения поверки средств измерений, требований к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке» – Текст электронный // КонсультантПлюс : справ. правовая система. — 1992. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_368453/ (дата обращения: 23.03.23). — Режим доступа: из локальной сети Севастопольского государственного университета.
3. Гоголева Д. Д. Система управления рисками и возможностями в работе метрологической службы / Д. Д. Гоголева, М. Н. Белая // Материалы Международной научно-практической конференции им. Д. И. Менделеева: сборник статей. Т. 2 / отв. ред. А. Н. Халин. – Тюмень: ТИУ, 2023. – С. 365-368.
4. Гоголева Д. Д. Анализ рисков работ метрологической службы / Д. Д. Гоголева, М. Н. Белая // Ресурсосберегающие технологии в контроле, управлении качеством и безопасности : сборник научных трудов XI Международной конференции школьников, студентов, аспирантов, молодых ученых «Ресурсоэффективные системы в управлении и контроле: взгляд в будущее» / Томский политехнический университет. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2023. – С. 51 – 54.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ МОБИЛЬНОЙ КОРДИНАТНОЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ НА ОТЕЧЕСТВЕННЫХ КОМПОНЕНТАХ

Е.А. Патраков¹

¹ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, 299053,
Российская Федерация, patrakov2001@mail.ru

Аннотация. В условиях роста объёма спроса среди покупателей на услуги по обратному инжинирингу, в период санкционного давления, поднимается главная проблема. Многим компаниям нужно выпускать ремонтные комплекты для своей техники, а также многие критически важные части устройств. Закупки из-за рубежа остановлены, а значит нужно налаживать производство у себя в стране. В следствии чего на помощь приходят мобильные координатные измерительные машины. Данные устройства создают облако точек, которое можно преобразовать в полигональную модель, готовую для производства. Данный метод позволяет создавать 3Д скан, в виде копии уже готовых изделий, которые в последствии можно доработать или сразу изготовить, с нужными нам характеристиками. В настоящее время весьма актуальной является проблема их закупки и производства. На данный момент в Российской Федерации нет компаний, которые производят данные устройства. Весь нынешний модельный ряд занимают только зарубежные компании такие как: FARO, HEXAGON, ABERLINK LTD, QUALITY VISION INTERNATIONAL INC, LK METROLOGY LTD и др.

В данной научной статье поднимается эта проблема и самое главное, что предлагается решение в виде готового продукта.

Ключевые слова: обратный инжиниринг, координатная машина, измерения, контроль точности, производство.

DESIGN OF A MOBILE CORDINATE MEASURING MACHINE BASED ON RUSSIAN COMPONENTS

E.A. Patrakov¹

¹ FSAEI HE «Sevastopol State University», Sevastopol, 299053, Russian Federation,
patrakov2001@mail.ru

Abstract. In the context of the growing volume of demand among buyers for reverse engineering services and, as a result, for mobile coordinate measuring machines during the period of sanctions pressure. Currently, the problem of their purchase and production is very urgent

Keywords: reverse engineering, coordinate machine, measurements, precision control, production.

Постановка проблемы.

Самая главная проблема нынешних реалий – это отсутствие новых компонентов на замену сломанных или израсходованных, так как устройства уже куплены, а расходники на них купить невозможно, или стоят они на порядок больше, чем было ранее. Данная проблема затрагивает абсолютно все области работы, где используют зарубежные технологические решения.

Решением этой проблемы, на мой взгляд, становится «Обратный инжиниринг с помощью Мобильных координатных измерительных устройств».

Изложение основного материала.

Что же такое этот обратный инжиниринг?

Реверс-инжиниринг — он же обратное проектирование, он же — обратный инжиниринг — процесс разработки конструкторской документации (КД) на основе исходных данных, полученных в виде готового образца изделия. То есть КД не разрабатывается с нуля, а восстанавливается по образцу путём снятия с него размеров и изучения других его параметров.

Именно в этот момент в игру вступает «Координатной измерительная машина». Принцип её работы довольно-таки прост. Она запоминает точки на объекте и сохраняет их в виде

координаты на плоскостях (X, Y, Z). В следствие чего из них, при обработке, создаётся облако точек, которое используется как база, в создании 3D модели и последующей КД на неё. Эта последовательность систематически указана на рис.1

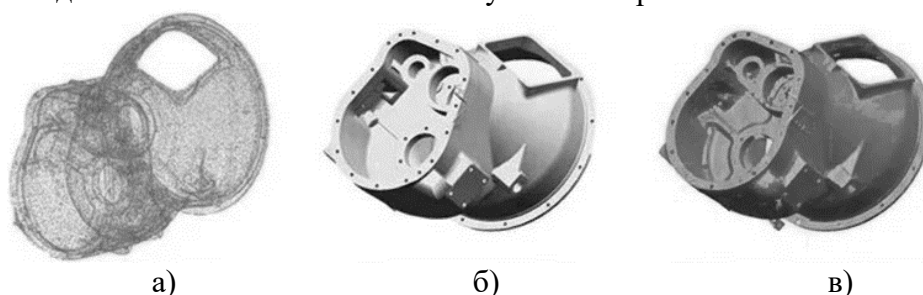


Рис. 1 – а) облако точек (скан модели) , б) готовая 3D модель
в) Реальная изготовленная модель из пластика

Хотелось бы добавить, что помимо воссоздания объектов, на основе имеющихся, КИМ может производить и контроль детали, тем самым сопровождать полный цикл создания модели рис. 2

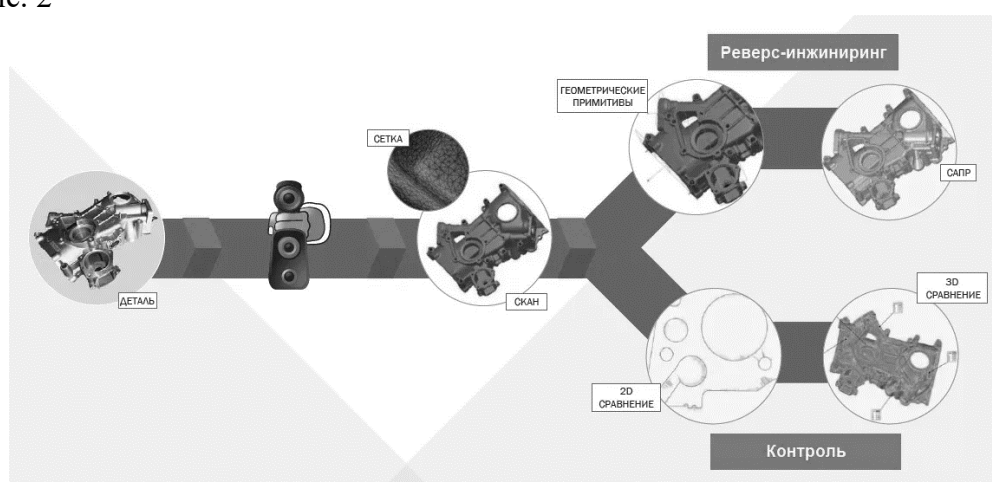


Рис. 2 – полный цикл создания детали, используя реверс инжиниринг

Одним из самых важных пунктов в создании продукта являются сроки, за которые он будет создан. Обычное создание модели, посредством измерения точек координатным щупом, довольно-таки затратное по времени. Решением этой задачи становится 3D сканер. Большинство новых КИМ оборудованы коннектором для его подключения. Принцип работы сканера отличается от предыдущего метода тем, что вместо одной точки, за то же самое время, он запоминает их более 100шт посредством лазерного сканирования рис. 3 и рис.4.

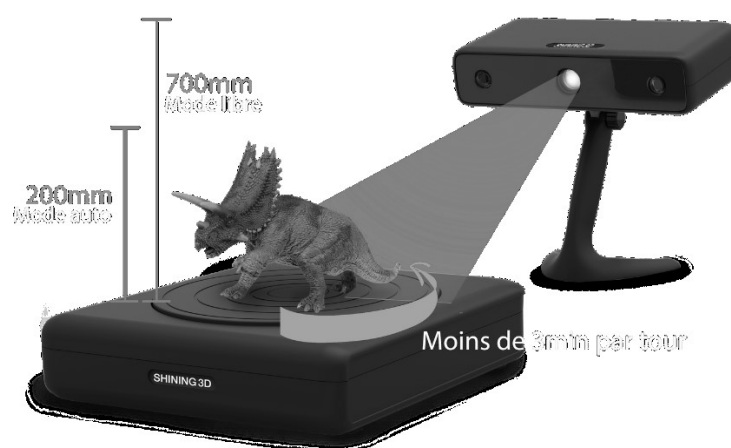


Рис. 3 – графическое изображение работы сканера

Работа с насадкой в виде сканера рис. 4, значительно упрощает процесс создания детали и сокращает время работы в разы.



Рис. 4 – работа со сканером закреплённым на КИМ

Теперь, когда мы понимаем принцип работы данного устройства и область применения, мы можем говорить о нашей главной проблеме. Отсутствие компонентов и поставщиков оборудования говорит о том, что даже этих устройств для сканирования у нас не будет.

Проводя анализ рынка на 2023г. мы можем заметить, что в нашей стране нет производителя данной техники, а всё что есть на данный момент закупается через другие страны и облагается большим налогом, или вообще не поставляется к нам. Как же решить данный вопрос? Являясь студентом Политехнического института, я не раз задавался этим вопросом.

Решение было только одно. Разработать ТЗ на данную технику, используя наши отечественные компоненты. Проводя исследования и расчёт всех комплектующих, я смог подобрать правильные и собрать из них систему, которая по точности не будет уступать заграничным аналогам. Самыми важными частями проекта я выделю микропроцессор отвечающий за работу вей системы и энкодеры (датчики угла поворота), рассмотрим их по подробней.

В качестве микропроцессора я предлагаю использовать K1986BE92Q рис. 5, который является русским аналогом американских микропроцессоров.

Данный процессор отвечает всем требованиям качества и точности становясь прекрасной альтернативой подобным предложениям запада.

В качестве Энкодера можно использовать IRS-I60U3S1-17-5B3 рис. 6 Данный датчик производится в Российской Федерации и обеспечивает точность превосходящую любые другие подобные аналоги, а так же прост в использовании и монтаже.

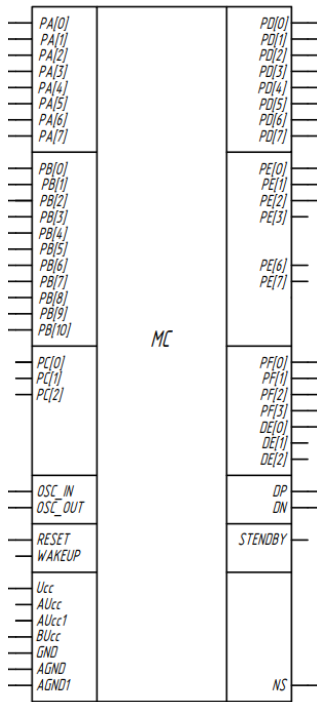


Рис. 5 – микропроцессор K1986BE9 2Q

Собирая всю систему воедино мы подбираем и последующие компоненты, тем самым собирая нашу отечественную КИМ. Далее на рис. 7 изображен один из возможных комплектов будущей установки.

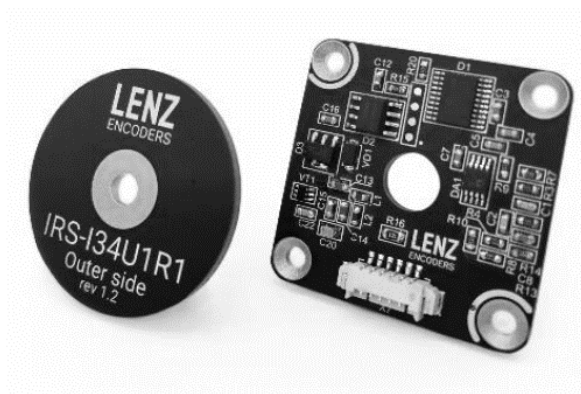


Рис. 6 – Датчик угла поворота

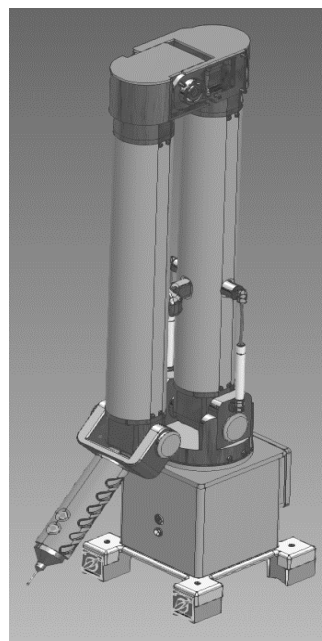


Рис. 7 – Мобильная Координатная измерительная машина

Выводы.

Подводя итоги, можно отметить, что сейчас мы столкнулись с довольно серьёзной проблемой. Это нельзя недооценивать. Для примера, представим, что в любую минуту может выйти из строя медицинский аппарат, зарубежного производства, а больному может потребоваться его работа. И вот именно тогда, запчасти могут потребоваться немедленно.

Подобные задачи с лёгкостью может решить инженер имея при себе КИМ, которая будет продаваться по доступной цене, и быть в наличии всегда, несмотря на любые санкции или поставки.

Список литературы.

1. В.К., Гарипов ИИУС координатно-измерительных машин и измерительных роботов / В.К. Гарипов, А.В. Тихонравов und В.В. Слепцов. - М.: LAP Lambert Academic Publishing, 2015. - 128 с.
2. Григорьев, Сергей Васильевич Гидравлические машины, системы автоматического регулирования и контрольно-измерительные приборы нефтегазовой отрасли. Учебное пособие / Григорьев Сергей Васильевич. - М.: Воронежский государственный технический университет (ВГТУ), 2010. - 207 с.
3. Зубков Из чего все машины сделаны? / Зубков, Васильевич Борис. - М.: Малыш, 1986. - 587 с.
4. Зубков Как машина азбуку учила / Зубков, Васильевич Борис. - М.: Малыш, 1987. - 602 с.
5. Котов, Ю.В. Как рисует машина / Ю.В. Котов. - М.: Наука, 1988. - 224 с.

II РАЗДЕЛ ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ РЕВЕРС-ИНЖИНИРИНГА И БЫСТРОГО ПРОТОТИПИРОВАНИЯ

СЕКЦИЯ № 1 ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

УДК 621.791.011

ВЫРАЩИВАНИЕ ЗАГОТОВОК МЕТОДОМ ИМПУЛЬСНО- ДУГОВОЙ НАПЛАВКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АУСТЕНИТНОЙ ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКИ С АЗОТОМ

А.С. Смоленцев¹, Е.Б. Вотинова²

¹ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина»,
г. Екатеринбург, 620002, Россия, A.S.Smolentsev@mail.ru

²ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина»,
г. Екатеринбург, 620002, Россия, votinova.ekaterina@urfu.ru

Аннотация. Одним из методов аддитивного производства является технология WAAM – технология проволочно-дугового производства, в основе которой лежат процессы дуговой сварки плавящимся электродом (MIG). Аддитивные сварочные дуговые технологии имеют ряд недостатков, схожих с дуговой сваркой, одним из которых является ограниченная номенклатура сварочных материалов и, как следствие, получаемого химического состава слоев. Использование в качестве электродного материала порошковой проволоки, содержащей в составе сердечника порошки железа, металлические порошки и (или) ферросплавы с малым содержанием минеральных компонентов (шлако- и газообразующих), позволит проводить процесс автоматической и роботизированной сварки без послойной зачистки. Авторами были проведены работы по выращиванию заготовки по технологии WAAM с использованием материала построения в виде порошковой проволоки аустенитного класса с системой легирования Fe-Cr-Mn-Ni-Mo-Cu-N с содержанием азота 0,32 мас. %. Проволока была изготовлена на предприятии ЗАО «Завод сварочных материалов» (г. Березовский, Свердловская область). Установлено, что применение для синтеза заготовок порошковой проволоки с азотом позволяет получить бездефектный наплавленный металл со структурой аустенит + дельта-феррит, обладающий высокими прочностными и пластическими характеристиками.

Ключевые слова: Азот, аддитивное производство, аустенит, дуговая наплавка, порошковая проволока

GROWING BLANKS BY THE METHOD OF PULSE-ARC SURFACE USING AUSTENITIC FLUX-CORED WIRE WITH NITROGEN

A.S. Smolentsev¹, E.B. Votina²

¹Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Ekaterinburg,
620002, Russia, A.S. Smolentsev@mail.ru

²Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Yekaterinburg, 620002, Russia,
votinova.ekaterina@urfu.ru

Abstract. The one of means additive manufacturing is processing WAAM (Wire + Arc Additive Manufacture), with was base be inert gas metal arc welding (MIG). Additive arc welding manufacturing have some disadvantages the same arc welding for instance limited variety of welding materials and so chemistry pass. The using flux-cored wire with iron, metal powder and (or) ferroalloy with less quantity mineral components permit automatic and robotic welding without layer scraping bright. Works were carried out by authors to grow a workpiece using the WAAM technology using the construction material in the form of an austenitic-grade flux-cored wire type Fe-Cr-Mn-Ni-Mo-Cu-Nwith nitrogen (0.32 wt. %). The flux-cored wire was made on «Works of welding materials» (Beryozovsky town, Sverdlovsk Oblast). It has been established that the use of flux-cored wire with nitrogen for the synthesis of workpieces makes it possible to obtain a defect-free deposited metal with an austenite + delta-ferrite structure, which has high strength and plastic characteristics.

Keywords: Additive manufacturing, arc build-up, austenite, flux-cored wire, nitrogen

Постановка проблемы. Аддитивные технологии или *Additive Manufacturing* (AM-технологии) – обобщенное название технологий изготовления изделий по данным цифровой модели (CAD-модели) методом послойного синтеза материала [1–3]. Аддитивные технологии позволяют в сжатые сроки изготавливать прототипы, заготовки и (или) изделия с практически любой степенью сложности и точности без необходимости разработки и изготовления дорогостоящей оснастки [3]. В единичном и мелкосерийном производстве изделий сложной формы изготовление изделий методом AM-технологий более экономически выгодно, чем производство изделий субтрактивным (традиционным) способом.

Одним из методов аддитивного производства является технология *WAAM* (*Wire + Arc Additive Manufacture*) – технология проволоочно-дугового производства [4]. В основе технологии *WAAM* лежат процессы дуговой сварки плавящимся электродом (MIG). *WAAM* технология обладает на порядок более высокой производительностью, чем лазерные и электроннолучевые AM-технологии. Кроме этого, использование технологии *WAAM* позволяет осуществлять построение изделий и заготовок с большими массогабаритными показателями без камеры построения, а для синтеза заготовок используется оборудование и материалы невысокой стоимости. В мелкосерийном производстве изделий простого и среднего уровня сложности с последующей минимальной механической обработкой синтез заготовок по технологии *WAAM* более экономически выгоден по сравнению с другими методами AM-производства.

Аппаратное обеспечение *WAAM* в настоящее время использует стандартное оборудование для сварки: источник питания, сварочные горелки и системы подачи проволоки. Движение сварочного оборудования может быть осуществлено роботизированными системами или программируемыми сварочными порталами [4].

Однако аддитивные сварочные дуговые технологии имеют ряд недостатков, схожих с дуговой сваркой [5, 6]: значительный размер зоны термического влияния (ЗТВ) и достаточно большие размеры наращиваемого слоя. Это приводит к возникновению нежелательных температурных градиентов и накоплению остаточных напряжений. Другим недостатком *WAAM* технологии является ограниченный химический состав и свойства изделий из-за достаточно узкой номенклатуры проволок сплошного сечения по ГОСТ 2246-70 (порядка 30–40 марок), кроме того, некоторые химические составы невозможно изготовить в виде сплошной проволоки.

Изложение основного материала. Одним из путей совершенствования *WAAM* технологии является использование в качестве электродного материала порошковых проволок, содержащих в составе сердечника порошки железа, металлические порошки и (или) ферросплавы с малым содержанием минеральных компонентов (шлако- и газообразующих, 0,5–2,0 мас. %) [7]. На поверхности валика при сварке или наплавке такими порошковыми проволоками образуется «островковый» легкоотделимый шлак [8], что позволяет использовать данные материалы для автоматической и роботизированной сварки без послойной зачистки.

Использование порошковых проволок позволяет получать заданный химический состав наплавленного металла за счет использования различных систем легирования, что ведет к появлению гаммы новых марок сварочных материалов различного назначения.

Из-за особенности плавления порошковой проволоки [9] в зависимости от типа, состава, диаметра, выбранного режима сварки (наплавки) производительность процесса увеличивается на 10–30 % по сравнению с проволоками сплошного сечения [7, 9–11]. При сварке (наплавке) порошковой проволокой снижается тепловложение [11], что уменьшает остаточные напряжения. Дополнительно влиять на остаточные напряжения можно за счет стратегии заполнения [12]. Снижение внутренних напряжений, улучшение однородности структуры и повышение механических свойств готовой продукции достигается определенной ориентацией рабочего хода источника нагрева на плоскости заготовки при построении изделий.

Были проведены исследования наплавленного металла, полученного на установке для дуговой сварки (наплавки) *Fronius TPS 5000 CMT* на режиме *Pulsed* с применением роботизированного комплекса *Fanuc Arc Mate 100iC*. Параметры режима наплавки: сварочный ток $I_{\text{СВ}} = 165 \pm 5$ А, напряжение на дуге $U_{\text{Д}} = 22 \pm 1$ В, скорость наплавки $V_{\text{НАПЛ.}} = 1,7$ м/мин, скорость подачи проволоки $V_{\text{ПП}} = 2,5$ м/мин. Стратегия заполнения – линейная с осцилляцией $45^\circ / -45^\circ$. В качестве электродного материала использовали разработанную авторами аустенитную азотсодержащую порошковую проволоку $\varnothing 1,6$ мм с системой легирования *Fe-Cr-Mn-Ni-Mo-Cu-N* с содержанием азота 0,32 мас. %, изготовленную на предприятии ЗАО «Завод сварочных материалов» (г. Березовский, Свердловская область). Внешний вид наплавленного металла, полученного указанной порошковой проволокой, представлен на рис. 1.

Визуальных дефектов в наплавленном металле не обнаружено. Макроструктурные исследования наплавленного металла показали, что при многослойной наплавке наблюдаются признаки транскристаллизации металла с образованием столбчатых зерен, прорастающих через наплавленные слои (рис. 2, а).

Структура наплавленного металла – аустенит с содержанием дельта-феррита (δF) не более 10 %. Анализ изображения в программе *Image pro* показал содержание $\delta F \approx 3$ об. % (рис. 2, б).



Рис. 1 - Внешний вид полученного образца (170×70×12 мм)

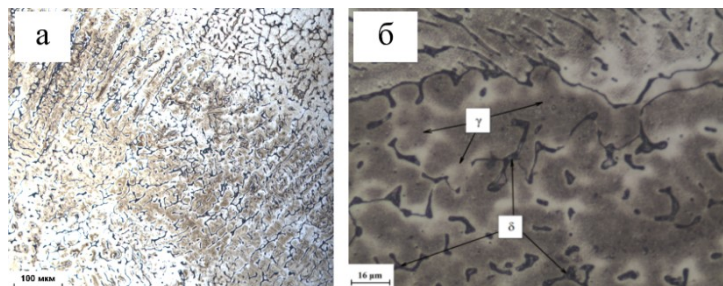


Рис. 2 - Структура наплавленного металла: а ×200, б ×400

Испытания на статическое растяжение показали удовлетворительные результаты: $\sigma_{\text{В}} = 810$ МПа, $\sigma_{0,2} = 500$ МПа, $\delta = 40$ %.

Выводы. Показана принципиальная возможность выращивания бездефектных заготовок по технологии *WAAM* при импульсно-дуговой наплавке с использованием в качестве электродных материалов порошковых проволок аустенитного класса. Установлено, что наплавка порошковой проволокой $\varnothing 1,6$ мм с системой легирования *Fe-Cr-Mn-Ni-Mo-Cu-N* с содержанием азота 0,32 мас. % позволяет получить металл с аустенитно-ферритной структурой и хорошим сочетанием прочностных и пластических характеристик. Дефекты в виде пор, несплавов, трещин, шлаковых включений в наплавленном металле не обнаружены.

Список литературы

1. Зленко М.А., Нагайцев М.В., Довбыш В.М. Аддитивные технологии в машиностроении. – М.: ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ» 2015. – 220 с.
2. Шишковский И.В. Основы аддитивных технологий высокого разрешения. – СПб.: Питер, 2016. – 400 с.
3. Шишковский И.В. Лазерный синтез функционально-градиентных мезоструктур и объемных изделий. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. – 424 с.
4. Williams S.W. [et. al.] Wire + Arc Additive Manufacturing // Material Science and Technology. – 2016. – Vol. 32, Iss 7. – P. 641–647.
5. Коржик В.Н., Хаскин В.Ю., Гринюк А.А., Ткачук В.И., Пелешенко С.И., Коротенко В.В., Бабич А.А. Трехмерная печать металлических объемных изделий сложной формы на основе сварочных плазменно-дуговых технологий (Обзор) // Автоматическая сварка. – 2016. – № 5–6 (753). – С. 127–134.
6. Пелешенко С.И. Анализ современного состояния аддитивных сварочных технологий изготовления объемных металлических изделий / С.И. Пелешенко, В.Н. Коржик, А.Н. Войтенко, В.Ю. Хаскин, В.И. Ткачук // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2017 г. – Т.3 №1 (87). С. 42–52.
7. Шлепаков В.Н. Физико-металлургические и сварочно-технологические свойства газозащитных порошковых проволок для сварки конструкционных сталей // Автоматическая сварка. – 2014. – № 6–7. – С. 56–59.

8. Шлепаков В.Н., Билинец А.В. Порошковые проволоки с металлическим сердечником для сварки в защитных газах // Автоматическая сварка. – 2003. – № 3. – С. 53–54.
9. Походня И.К., Сунтель А.М., Шлепаков В.Н. Сварка порошковой проволокой. – Киев: Наукова думка, 1972. – 221 с.
10. Шлепаков В.Н., Котельчук А.С., Гаврилюк Ю.А. Современные порошковые проволоки для сварки низколегированных сталей повышенной и высокой прочности // Автоматическая сварка. – 2017. – № 11 (769). – С.13–18.
11. Березовский А.В., Смоленцев А.С., Шалимов М.П., Смоленцев М.С., Балин А.Н. Современное состояние и проблемы свариваемости высокопрочных закаливающихся сталей // Тяжелое машиностроение. – 2021. – № 7–8. – С. 2–9.
12. Гушин И.А., Авдеев А.Р., Швец А.А., Дроботов А.В. Принципы создания программы работы устройства объемной печати по трехмерной модели // Известия Волгоградского государственного технического университета. 2015. № 11. С. 50–53.

УДК 621.914.32

ПРОЕКТИРОВАНИЕ УНИВЕРСАЛЬНОГО МОДУЛЯ 3D-ПЕЧАТИ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ НАПЛАВКИ ДЛЯ СТАНКОВ С ЧПУ

Д.А. Шатагин¹, А.М. Давыдов², Н.С. Клочкова³

¹ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева»,
г. Нижний Новгород, 603155, Россия, dmitsanych@gmail.com

²ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева»,
г. Нижний Новгород, 603155, Россия, almaxdav@gmail.com

³ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева»,
г. Нижний Новгород, 603155, Россия, klockovanatasha@gmail.com

Аннотация. В статье рассматривается процесс разработки компактной модульной системы для электродуговой наплавки слоистых композиционных материалов на станках с ЧПУ. Данная система предназначена для интеграции в существующие станки с ЧПУ для их дальнейшего использования в качестве центров гибридной обработки. Определена ключевая проблема внедрения аддитивных технологий на предприятиях, приведено сравнение существующих систем, как выпускаемых ведущими мировыми производителями, так и собранными в качестве лабораторных стендов для исследовательских задач. Приведён детальный анализ конструкции низкобюджетного 3D-принтера с целью выявления и решения ключевых проблем. Рассмотрена возможность использования имеющегося на предприятиях станочного парка для его дальнейшей модернизации с помощью компактных мобильных модульных систем электродуговой наплавки. Проведён анализ требований к конструкции универсального наплавочного модуля и продемонстрированы его основные узлы. В том числе представлена концепция бесподналадочной замены наплавляемого материала с использованием минимального количества специальной оснастки. Указаны основные концепции, использованные при проектировании модульных систем и приведены схемы их взаимодействия со стойками ЧПУ. Представлены ключевые моменты модернизации станка ГФ2171, который используется в качестве лабораторного стенда.

Ключевые слова: 3D-печать, станки с ЧПУ, электродуговая наплавка

DESIGN OF A UNIVERSAL MODULE FOR WAAM 3D-PRINTING ON CNC MACHINES

D.A. Shatagin¹, A.M. Davydov², N.S. Klochkova³

¹FSBEI HE «Nizhny Novgorod State Technical University. R.E. Alekseev», Nizhny Novgorod, 603155, Russia,
dmitsanych@gmail.com

²FSBEI HE «Nizhny Novgorod State Technical University named after V.I. R.E. Alekseev», Nizhny Novgorod,
603155, Russia, almaxdav@gmail.com

³FSBEI HE «Nizhny Novgorod State Technical University. R.E. Alekseev», Nizhny Novgorod, 603155, Russia,
klockovanatasha@gmail.com

Abstract. The article discusses the process of development of a compact modular system for WAAM 3d-printing of layered composite materials on CNC machines. This system is designed to be integrated into existing CNC machines for further use as hybrid machining centers. The key problem of the implementation of additive technologies in enterprises is identified, a comparison of existing systems, both manufactured by the world's leading manufacturers and assembled as laboratory stands for research tasks, is given. A detailed analysis of the design of a low-cost 3D printer is given in order to identify and solve key problems. In particular, the concept of non-adjustment replacement of the deposited material using a minimum amount of special equipment is presented. The possibility of using the machine park available at the enterprises for its further modernization with the help of compact mobile modular system for WAAM 3d-printing. The main concepts used in the design of modular systems are indicated and the schemes of their interaction with CNC machines are given. The key points of the modernization of the GF2171 machine, which is used as a laboratory stand, are presented.

Keywords: 3D printing, CNC machines, WAAM 3d-printing

Постановка проблемы. Одной из ключевых тенденций развития современного машиностроения является переход к аддитивным технологиям. Благодаря активному использованию 3D-печати металлическими материалами, предприятия открывают для себя новые технологические возможности и снижают стоимость выпускаемой продукции за счёт увеличения коэффициента использования материала [1]. Технология электродуговой наплавки «WAAM» является наиболее производительной и позволяет выращивать заготовки с наибольшей скоростью, однако из-за особенностей процесса детали требуют дальнейшей механической обработки. [2]

Однако, внедрение аддитивных технологий существенно замедляется из-за отсутствия необходимого оборудования, способного интегрироваться в станки с ЧПУ. При этом среди наиболее популярных методов 3D-печати электродуговая наплавка рассматривается как наиболее универсальная для интеграции в станки с ЧПУ с наименьшими затратами на переоборудование.

Изложение основного материала. Одним из подходов к аддитивному производству является использование промышленных роботов в качестве основы для наплавочного комплекса [3]. Однако, такие установки позволяют производить только наплавку, без выполнения механической обработки, что снижает технологические возможности оборудования. Ведущие производители оборудования для 3д-печати металлическими материалами используют концепцию станков гибридной обработки, которые позволяют производить выращивание и механическую обработку на одной единице оборудования. Данный подход позволяет расширить технологические возможности станка, однако значительно повышает стоимость оснащения предприятия подобными станками.

Одним из типовых представителей данного класса станков является LASERTEC 65 3D Hybrid от компании DMG MORI. Данное решение базируется на пятикоординатном обрабатывающем центре с ЧПУ. Для перехода в режим печати из магазина вызывается специальный инструмент, представляющий собой волоконный диодный лазер мощностью 3кВт, закреплённый на инструментальной оправке.

Другой подход использован в станке INTEGREGX i-400S AM от компании Mazak. Печатающий блок имеет собственную кинематику, что упрощает его подключение, однако усложняет программирование и настройку станка и существенно удорожает комплекс за счёт добавления ещё трёх управляемых координат.

Большинство предприятий уже имеют собственный станочный парк, однако на рынке практически не представлено комплектов, позволяющих переоборудовать имеющееся оборудование для выполнения гибридной обработки.

Учитывая особенности процессов послойного выращивания изделия, открываются уникальные возможности получения не только оптимальной геометрии детали, но и оптимальных физико-механических свойств за счёт комбинации слоев металлов с различным химическим составом и типом кристаллических решёток.

Из публикаций известно [4], что для создания функционального прототипа требуется незначительная в масштабах производства сумма. В качестве основы авторами был принят 3д-принтер для печати пластмасс, из которого была удалена печатающая головка и заменена на сварочный TIG-аппарат и устройство подачи проволоки. Данное решение позволяет производить наплавку различных металлов, в том числе и жаропрочных сплавов.

К основным преимуществам данной реализации можно отнести следующие:

- Крайне низкая стоимость единицы оборудования для производств при наличии полноценного функционала. Использование такого решения позволит организовать выращивание заготовок практически на любом производстве с минимальными вложениями.
- Проста изготовления. Разработчики предлагают сборку оборудования из полностью готовых компонентов при их минимальной модификации, что позволяет существенно упростить процесс изготовления и наладки принтера.

К основным недостаткам данной реализации можно отнести следующие:

- Отсутствие обратной связи по положению печатающей головки. Шаговые двигатели, не оснащённые внешними энкодерами работают в инкрементном режиме и в случае пропуска шагов накапливают ошибку позиционирования.
- Малый размер рабочего поля. Принтеры подобного типа имеют габарит рабочей зоны порядка 200x200x200мм, что даёт возможность работать только с небольшими деталями.
- Низкая жёсткость станины не подразумевает возможности механической обработки заготовок, полученных методом наплавки. Это влечёт за собой необходимость дальнейшей постобработки на других станках, что удорожает производство.
- Система подачи проволоки не подразумевает автоматизированную смену материала, что исключает возможность печати слоистых композиционных материалов.

Таким образом, было принято решение начать разработку программно-аппаратного комплекса, учитывающего требования предприятий и использующего современные подходы к аддитивным технологиям.

В рамках представленного исследования разрабатывается компактная модульная система для электродуговой наплавки слоистых композиционных материалов на оборудовании с ЧПУ. Данная система интегрируется в существующие станки с ЧПУ для их дальнейшего использования в качестве центров гибридной обработки. При этом рассматривается возможность модернизации устаревших станков с ЧПУ с целью их дальнейшего использования совместно с модулем 3D-печати.

В качестве базы для лабораторного стенда используется вертикально-фрезерный станок ГФ2171, на котором производится замена электрических и электронных компонентов на современные, что позволяет использовать его на новых производствах. Стойка ЧПУ для данного станка разрабатывалась собственными силами на базе свободно распространяемой системы linux-спс. Данный выбор обусловлен необходимостью гибкой настройки ЧПУ на ранних этапах внедрения для отработки протокола взаимодействия с наплавочным модулем.

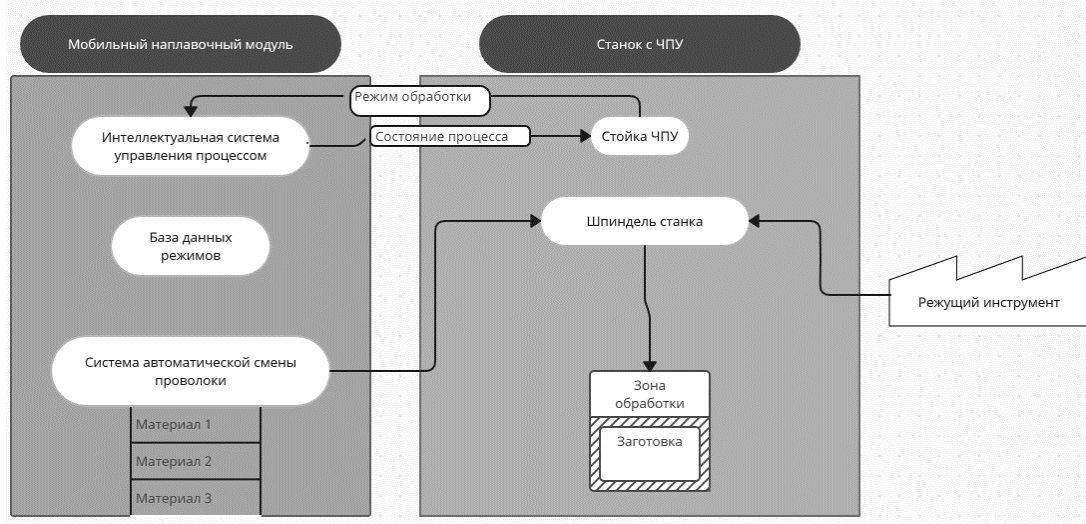


Рис.1 - Структура взаимодействия наплавочного модуля и стойки ЧПУ

Архитектура верхнего уровня представлена на рис. 1. На схеме представлены основные взаимодействия между станком и наплавочным модулем. Для упрощения интеграции в существующие стойки ЧПУ между устройствами передаётся минимум информации и задачи строго разделяются. Система ЧПУ обеспечивает свои основные задачи – обеспечивает движение органов станка и сообщает наплавочному модулю текущие режимы наплавки

согласно управляющей программе. Наплавочный модуль обеспечивает процесс наплавки – производит управление дугой, обработку данных с датчиков, обеспечивает автоматическую смену наплавляемого материала.

Наплавочный модуль оснащён колёсами для обеспечения мобильности и простоты транспортировки. Для функционирования ему требуется подключение к сети 380В, подключение баллонов с защитным газом и подключение к стойке ЧПУ сигнальным кабелем.

Одной из важнейших функций наплавочного модуля является возможность автоматической бесподналадочной смены наплавляемого материала. Для этого модуль оснащён поворотной-наклонной платформой, на которой установлены три катушки с проволокой и три подавателя. До горелки проходят три направляющих канала, которые попадают в специальный штупер. По команде контроллера один из подавателей начинает подвод проволоки в зону наплавки.

При смене материала активный подаватель за счёт реверса втягивает проволоку до штупера. На освободившееся место подаётся другая проволока. За счёт встроенного функционала сварочного аппарата происходит удаление капли на кончике проволоки, что даёт возможность осуществить обратный ход проволоки.

Основные элементы конструкции представлены на рис. 2.

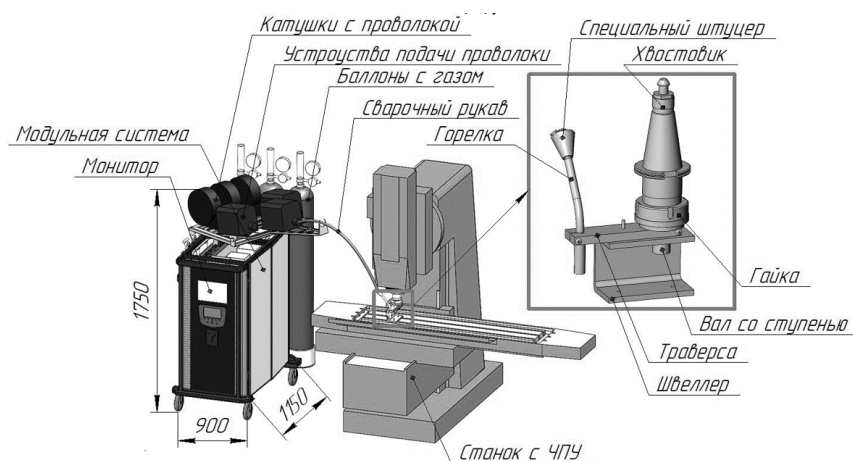


Рис. 2 - Основные элементы конструкции

Выводы. В сравнении с основными представителями, серийно выпускающими центры по гибридной обработке, проектируемая система выигрывает в стоимости и функционале. Основные функциональные возможности системы включают в себя: бесподналадочность и быстросменность, универсальность, наличие системы диагностики процессы 3D-печати на основе нейронной сети, наличие отработанной базы данных по режимам наплавки, мобильность.

Совместное использование данного станка и наплавочного модуля позволит создать центр по гибридной обработки, который с минимальными вложениями для предприятия позволит повысить работоспособность оборудования при одновременной экономии материальных и временных ресурсов.

Работа выполнена при поддержке грантов Российского научного фонда, РНФ № 22-79-10204.

Список литературы

1. Рейтлер, К.; Веслинг, В. Текущее состояние исследований аддитивного производства с проволоочной дугой (WAAM): обзор. *Appl. Sci.* 2021, 11, 8619. Режим доступа: URL: <https://doi.org/10.3390/app11188619>
2. Осколков А.А., Матвеев Е.В., Безукладников И.И., Трушников Д.Н., Кротова Е.Л. Передовые технологии аддитивного производства металлических изделий // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Машиностроение, материаловедение. - 2018. - Т. 20, № 3. - С. 90-105
3. Куликов А.А., Небышинец Ю.В., Сидорова А.В., Балановский А.Е. Технология 3D-печати изделий из металла: от системы автоматизированного проектирования до реальной детали. *iPolytech Journal.* 2020; 24(4): С.728-739.
4. Наварро, М.; Матар, А.; Дилтемиз, С.Ф.; Эшраги, М. Разработка недорогой аддитивной производственной системы с проволоочной дугой. *Дж. Мануф. Матер. Процесс.* 2022, 6, 3. Режим доступа: URL: <https://doi.org/10.3390/jmmp6010003>

СОЗДАНИЕ УНИВЕРСАЛЬНОГО ЭЛЕКТРОДЕРЖАТЕЛЯ ДЛЯ ПОДВОДНОЙ СВАРКИ И РЕЗКИ МЕТОДОМ РЕВЕРС-ИНЖИРИНГА С ПРИМЕНЕНИЕМ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ 3D ПЕЧАТИ КОМПОНЕНТОВ

С.М. Горбатюк, В.Р. Кузенков, А.А. Ибрагимова

Национальный исследовательский технологический университет "МИСиС",
г. Москва, 119049, Россия, m2201160@edu.misis.ru

Аннотация. В статье анализируется оборудование для проведения водолазных подводных работ – сварки и кислородной резки электродами с применением универсального электрододержателя. Приведены основные производители электродов, конструкция и материал электродов. Описан принцип осуществления сварки и резки под водой. Обозначаются основные проблемы при проектировании и разработке универсального электрододержателя, предназначенного для подводной сварки и резки при проведении монтажных и ремонтных работ кораблей, судов, мостовых конструкций и гидротехнических сооружений. В качестве объекта реверс-инжиниринга выбран универсальный электрододержатель для проведения кислородной резки и сварки металла под водой BR-22 Broco. Обозначены основные узлы которыми должен обладать универсальный электрододержатель, материалы компонентов и методы их изготовления, в том числе с использованием метода 3D печати полимерных деталей. Дано определение понятию аддитивных технологий. Обоснована целесообразность и преимущества. Сделаны выводы о эффективности реверс-инжиниринга, как о способе обеспечения технологической независимости с учетом сохранения авторских прав. Актуальность разработки электрододержателя определена в связи с отсутствием необходимого оборудования российскими производителями и спросом.

Ключевые слова: универсальный электрододержатель, подводная сварка и резка, водолазные работы, кислородный клапан, трубчатый электрод, аддитивные технологии, 3D-печать.

CREATION OF A UNIVERSAL ELECTRODE HOLDER FOR UNDERWATER WELDING AND CUTTING BY REVERSE ENGINEERING USING ADDITIVE 3D PRINTING TECHNOLOGIES OF COMPONENTS

S.M. Gorbatyuk, V.R. Kuzenkov, A.A. Ibragimova.

National University of Science and Technology «MISiS», Moscow, 119049, Russia, m2201160@edu.misis.ru

Abstract. The article analyzes the equipment for diving underwater work – welding and oxygen cutting with electrodes using a universal electrode holder. The main manufacturers of electrodes, the design and material of the electrodes are given. The principle of welding and cutting under water is described. The main problems in the design and development of a universal electrode holder designed for underwater welding and cutting during installation and repair work of ships, vessels, bridge structures and hydraulic structures are outlined. A universal electrode holder for oxygen cutting and welding of metal under water BR-22 Broco was selected as an object of reverse engineering. The main components that a universal electrode holder should have, the materials of the components and methods of their manufacture, including using the 3D printing method of polymer parts, are indicated. The definition of the concept of additive technologies is given. The expediency and advantages are substantiated. Conclusions are drawn about the effectiveness of reverse engineering as a way to ensure technological independence, taking into account the preservation of copyrights. The relevance of the development of the electrode holder is determined due to the lack of necessary equipment by Russian manufacturers and demand.

Keywords: universal electrode holder, underwater welding and cutting, diving operations, oxygen valve, tubular electrode, additive technologies, 3D printing.

Сварка и резка металлов применяется под водой для ремонта погруженной части кораблей и судов без постановки их в доки, для монтажных и восстановительных работ гидротехнических сооружений и трубопроводов. Сварка под водой основана на принципе образования газового пузыря, находящегося на конце электрода и образованного за счет испарения и разложения воды, продуктов электродного покрытия, паров металлов. Газовый пузырь обеспечивает герметичность для обеспечения процесса сварки и состоит преимущественно из водорода. Образование небольшого козырька из материала электрода создает дополнительную защиту от толщи воды [1]. В тоже время вода обуславливает

быстрое охлаждение электрода и обрабатываемых поверхностей, что не всегда положительно влияет на прочность шва. Герметичность электродов и электрододержателя важна в процессе сварки и резки, так как ведет к утечкам сварочного тока и разрушению электродов. Сила тока подаваемая на электрод увеличивается с глубиной проведения работ. Резка металлов под водой характеризуется еще более высокой силой тока и удержанием электрода на одном месте для появления сквозного отверстия. Для ускорения процесса можно надавливать электродом на место резки, поэтому электрод должен быть прочно установлен в электрододержателе. В электрододержателе не должно быть открытых токопроводящих частей, а электрод должен вставляться и фиксироваться одним движением. Также есть электрокислородная резка и сварка, при которой разделение металла происходит струей кислорода, выходящей из центра специального электрода. Сварку производят силой постоянного тока порядка 200 А, резку – до 500 А, напряжение для безопасности водолаза не должно превышать 35 В.

Российскими производителями электродов для сварки под водой являются такие предприятия как АО «ФЛАГ АЛЬФА». Работы такими электродами можно производить на глубине до 40 м. Электродов для резки на глубине при давлении более 1 атм в России не производят. Ведущим иностранным производителем, снабжающим весь мировой рынок электродов и электрододержателей для подводной сварки и резки является Brosco Inc., США. Сложности технологического процесса формирования стального сплава электрода и покрытия, заключающиеся в отсутствии необходимого сырья и оборудования, не позволяют изготовить электроды российского производства, рассчитанные на высокий постоянный ток. Важным оборудованием для обеспечения сварки и резки является универсальный электрододержатель. Сложность в изготовлении универсального электрододержателя заключается в подведении кислорода.

Известен российский электрододержатель для подводной электрокислородной резки металлическим трубчатым электродом [2] с каналом для подачи кислорода в трубчатый электрод, токоподводящей головкой для закрепления в ней электрода и подвода к нему тока, а также кислородный клапан с рычагом для подачи кислорода. Недостатком данного электрододержателя является неудобство его в эксплуатации из-за быстрой усталости большого пальца водолаза, которым он давит на рычаг кислородного клапана.

Также известен электрододержатель для подводной электрокислородной резки, в ходе эксплуатации которого, водолазу при нажатии рукой на рычаг кислородного клапана приходится дросселировать воду из полости под диафрагмой в полость кислородного клапана, затрачивая на это дополнительное усилие. Для эффективной работы водолаза на глубине необходимо снижать физическую активность и применяемую силовую нагрузку мышц водолаза. Работоспособность водолаза сильно снижается из-за увеличения нагрузки на руку при нажатии на рычаг.

Также разработан электрододержатель с улучшенными условиями эксплуатации путем снижения нагрузки на руку водолаза за счет уменьшения усилия на рычаге [3]. Это достигается тем, что в кислородном канале имеется обратный клапан, затвор которого выполнен в виде двухступенчатого цилиндра, установленного в отверстии с возможностью взаимодействия большей ступенью с нажимным рычагом, на диаметрально противоположных сторонах большей ступени цилиндра затвора выполнены лыски, а отверстие клапана выполнено равного диаметра по всей длине.

На рис. 1 изображен электрододержатель и обратный клапан в открытом положении (при помощи нажимного рычага).

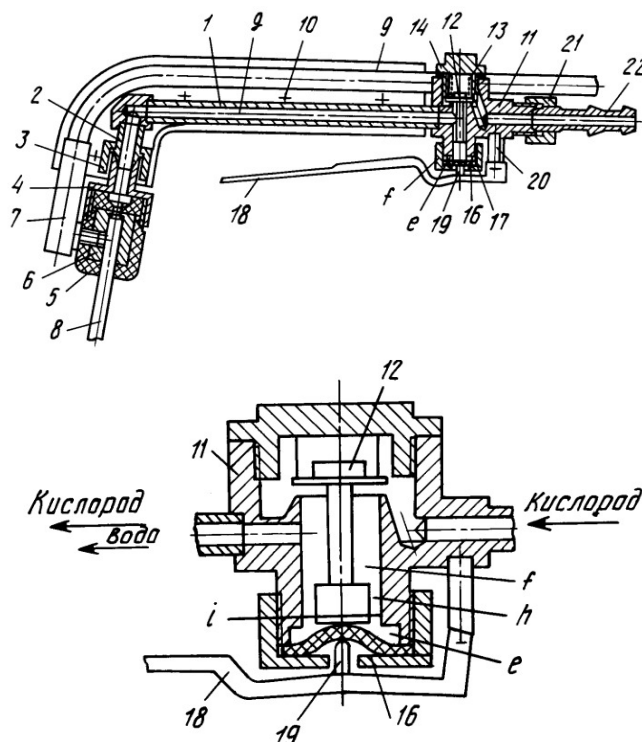


Рис. 1 – Электрододержатель и обратный клапан

1 - ручка; 2 - ниппель, 3 - накидная гайка, 4 - крышка, 5 - головка, 6 - токопроводящая втулка, 7 - кабель, 8 - электрод, 9 - накладки, 10 - винты, 11 - обратный кислородный клапан, 12 - затвор, 13 - пружина, 14 - фиксирующая гайка, 15 - уплотнительная прокладка, а - тарелка затвора; b - меньшая цилиндрическая ступень затвора; c - большая цилиндрическая ступень затвора; d - лыски большей ступени затвора, 16 - диафрагма, 17 - накидная гайка, 18 - нажимной рычаг, 19 - штырь, 20 - стойка, 21 - накидная гайка, 22 - ниппель, f - полость кислородного клапана, g - кислородный канал, h - зазоры между лысками d, i - поверхностью цилиндрического отверстия равного диаметра

Российский электрододержатель ЭКД-4-60, изображенный на рис. 2 не обеспечивает эффективного закрепления и быстрой смены электрода. Для этого в его конструкции предусмотрен только зажимающий винт на корпусе

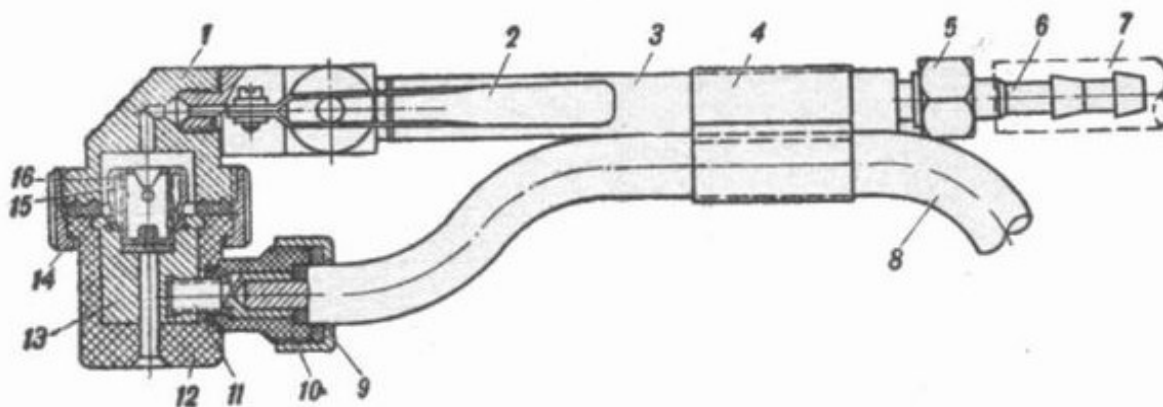


Рис. 2 – Электродокислородный держатель ЭКД-4-60

1 - корпус; 2 - ручка; 3 - трубка; 4 - хомут; 5 - гайка; 6 - ниппель; 7 - шланг; 8 - кабель РШМ-50; 9 - гайка; 10 - втулка; 11 - контакт; 12 - изоляционная чашка; 13 - головка резака; 14 - гайка; 15 - колпачок; 16 - камера кислорода

Держатель для резки BR-22 разработанный производителем Broco Inc., США, показанный на рисунке 3, обладает эргономичной конструкцией, что повышает удобство и снижает утомляемость водолаза. Электрододержатель изготовлен из прочных и устойчивых к коррозии материалов, все металлические части выполнены из латуни. Непроводящая соединительная муфта, связывающая клапан кислорода и держатель – залог безопасности водолаза – применяется только в электрододержателях Broco. Для удобства эксплуатации все разъемные соединения выполнены резьбовыми. Большая рифленая ручка для более уверенного хвата. Трапецеидальная резьба цанги не забивается грязью или илом, что гарантирует безопасность и быструю смену электрода. Сменные цанги предназначены для удержания электродов. BR-22 может быть также использован при сварке. Конструкция держателя предполагает долгое использование при минимальных затратах на обслуживание.



Рис. 3 – Универсальный электрододержатель BROCO BR-22

Универсальный электрододержатель Broco BR-22 предназначен для выполнения как сварки, так и резки под водой. Клапан подачи кислорода держателя обеспечивает подачу большого потока кислорода. Специальная форма рукоятки и ее малый вес снижают усталость предплечья водолаза. Для большей прочности и хорошей электрической изоляции корпус держателя выполнен из пластика, армированного прядями стекловолокна. Кислородный клапан электрически изолирован от держателя электрода специальной резиновой муфтой. Конструкция зажимной цанги предотвращает возможность загрязнения внутренних полостей песком, шлаком и т.п. Все внутренние части выполнены из латуни для предотвращения электролиза и большого срока службы.

Простая конструкция электрододержателя обеспечивает его простую разборку и техническое обслуживание.

Легко завинчиваемая муфта надежно фиксирует цанги разных размеров для установки почти всех существующих типов электродов для подводной сварки и резки. Для закрепления электродов диаметром, 3.15 мм, 4.00 мм, 9.50 мм используются специальные цанги.

BR-22 состоит из следующих основных узлов: разборная рукоятка из стекловолоконного пластика, кислородный клапан с рычагом, штуцер для подсоединения кислородного шланга, накидная муфта цангодержателя, сменная цанга. Цанги различного диаметра используются в BR-22 как с электродами для экзотермической кислородной резки, так и с электродами для сварки. Муфта легко завинчивается и фиксирует цангу, предотвращая попадание грязи, песка и шлаков внутрь электрододержателя. Водолаз имеет возможность быстро и самостоятельно произвести смену электрода под водой. Ресурс накидной муфты - приблизительно 150-200 электродов, ресурс цанги - 20-30 электродов. Пластиковые болты и гайки, шток кислородного клапана при необходимости легко заменимы и входят в комплект ЗИП.

Пластиковые элементы электрододержателя имеют небольшие размеры, сложную конфигурацию, мелкосерийность на начальном этапе производства, в связи с этим целесообразно использовать аддитивные технологии при изготовлении, а именно – 3Д печать, которая противопоставляется литью в пресс-формах под давлением. И нет необходимости расширять производство с закупкой дорогостоящего оборудования для литья пластиков и создания пресс-форм для литья. Достаточно использовать современный 3Д

принтер. Аддитивные технологии – это производство деталей, за счет послойного прибавления материала, в противопоставлении к субтрактивным технологиям – производству деталей путем удаления материала пооперационно от заготовки, до нужной конфигурации конечного изделия [4, 5].

Для увеличения точности изготовления деталей электрододержателя и сопряжения деталей предлагается использовать технологию печати SLA или DLP/LCD. Отечественный производитель LCD 3D принтеров HardLight производит принтеры с высокими параметрами точности печати: толщина слоя от 0,01 мм, разрешения экрана от 4098*2560 пикселей с размером пикселя от 35 мкм. Это позволит устанавливать в рукоятку детали из бронзы с минимальным допуском. Так же HardLight имеет возможность поставить фотополиметры с различными характеристиками. Фотополимер xABS, по представленным характеристикам прочности, предел прочности 55~60 МПа и твердость по шкале Шор 65-70D, позволит использовать эту рукоятку под водой на глубине.

Универсальный держатель электродов BROCO BR-22 является импортным изделием и в условиях импортозамещения встал вопрос о замещении отечественным аналогом.

Электрододержатели поставляются в составе средств обеспечения водолазных работ. Заменить электрододержатели на менее удобные – это значит потерять в качестве комплекса обеспечения и средств подводно-технических работ.

Здесь нам на помощь может прийти процесс реверс-инжиниринга. Большое количество времени работы с данными электрододержателями и с людьми, которые непосредственно работают этим устройством, а так же наличие на складах непосредственно самих электрододержателей позволяет нам не только воспроизвести данный электрододержатель, но и, при необходимости, модифицировать или изменить конструкцию, под запросы наших заказчиков.

Процесс реверс-инжиниринга заключается в том, что уже готовое изделие разбирается, каждая отдельная деталь исследуется и на основании этого исследования, создается уже документация для создания аналогичного устройства.

Простота конструкции электрододержателя, а так же использование универсальных узлов, позволяют создать аналог устройства без прямого копирования, что бы у производителя оригинального электрододержателя не было оснований оспаривать конструкцию и заявлять о нарушении авторских прав.

Список литературы

1. Океан Водолазная техника. Резка металла под водой [Электронный ресурс]: официальный сайт. Режим доступа: URL.: <https://podvodnayasvarka.ru/stati/rezka-metalla-pod-vodoy/> – (дата обращения 10.04.2023)
2. Мадатов Н.М., Зорбиди В.Н. Организация и технология подводного судоремонта. [Текст] / Мадатов Н.М., Зорбиди В.Н. – М: Транспорт, 1973. - 238 с.
3. Пат. 2028834 Российская Федерация, МПК В23К 9/28 (2006/01). Электрододержатель для подводной электрокислородной резки [Текст]/ В.И. Молодцов, К.Н. Утехин, В.И. Котляров авторы / Заявитель, правообладатель Войсковая часть 20914. – № 5030032/08, заявл. 28.02.1992, опубл. 20.02.1995. – 6с.
4. Шкарина, А.И., Кукушкина, В.А. Сравнительный анализ аддитивных технологий [Текст] / Шкарина, А.И., Кукушкина, В.А. //Материалы международной научно-технической конференции молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, посвященной 300-Летию Российской академии наук. Сборник докладов Национальной конференции с международным участием. – Белгород: Изд. БГТУ им. В.Г. Шухова, 2022. – Том Часть 12. – С. 307-313.
5. Голощапов К.В., Герасимова А.А. Проблемы современных систем подачи жидкости для лабораторного оборудования в промышленности // Научный потенциал молодежи и технический прогресс: Материалы I международной научно – практической конференции. – Санкт-Петербург: СПбФ НИЦ МС, 2018. С. 74–75.

ПРОЦЕСС РАЗВИТИЯ И КЛАССИФИКАЦИЯ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

А.И. Рыжков¹, Л.В. Шиленок²

¹ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, 299053, Российская Федерация, airyzhkov@sevsu.ru

² ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, 299053, Российская Федерация, shilenok.onlin@gmail.com

Аннотация. В данной статье представлена историческая справка о возникновении аддитивных технологий и процессе их развития, анализ рынка и обзор на существующие разновидности технологий.

Ключевые слова: Аддитивные технологии, 3-D печать, технологии, объемное моделирование.

THE PROCESS OF DEVELOPMENT AND CLASSIFICATION OF ADDITIVE TECHNOLOGIES

A.I. Ryzhkov¹, L.V. Shilenok²

¹ FSAEI HE «Sevastopol State University», Sevastopol, 299053, Russian Federation, airyzhkov@sevsu.ru

² FSAEI HE «Sevastopol State University», Sevastopol, 299053, Russian Federation, shilenok.onlin@gmail.com

Abstract. This article presents historical information about the emergence of additive technologies and the process of their development, market analysis and an overview of existing varieties of technologies.

Keywords: Additive technologies, 3-D printing, technologies, volumetric modeling.

Постановка проблемы. Будучи новым и перспективным вектором развития современной промышленности, аддитивные технологии основываются, на послойном нанесении рабочего материала (add, англ. – добавлять), в результате чего создается требуемая форма, тогда как в традиционном методе из исходного объекта удаляются требуемые части (subtraction – вычитание), остается отходный материал, подлежащий вторичной обработке. При использовании аддитивных технологий все стадии реализации проекта от идеи до материализации (в любом виде – в промежуточном или в виде готовой продукции) находятся в единой профессиональной среде, в которой каждая технологическая операция в свою очередь выполняется в цифровой CAD/CAM/CAE-системе. Практически это означает цифровизацию и упрощение процесса разработки и испытания прототипов и готовых деталей, что позволяет сократить время, ресурсы и человека-часы [1].

Аддитивные технологии активно применяются в следующих областях: медицина, оборона, создание печатных плат, одежда, пищевая промышленность, автомобилестроение, робототехника, тканевая инженерия, авиация, авиационная и космическая промышленность, ювелирные изделия, протезирование, строительство.

Этот факт подтверждает важность и необходимость развития данной технологии, её совершенствования и внедрения в большие сферы человеческой жизни.

Изложение основного материала. Предшественниками современных аддитивных технологий считают две оригинальные технологии [2], появившиеся в XIX в.:

1. В 1890 г. Josef E. Blather предложил способ изготовления топографических трёхмерных карт поверхности местности, суть которого заключалась в склеивании в определенном порядке фрагментов условного обозначения местности, вырезанных из тонких восковых пластин. Фрагменты соответствовали воображаемому горизонтальному сечению объекта. Получался «послойный синтез» холма или оврага. После этого поверх полученных фигур накладывали бумагу и формировали макет отдельного элемента ландшафта, который затем уже в «бумажном» виде располагали в соответствии с исходной картой.

2. Фотоскульптура (Photosculpture), предложенная в 1890 г. французом François Willème (рисунок 1.2). Её суть состояла в следующем: вокруг объекта или субъекта

располагали фотокамеры (Willème использовал 24 камеры с шагом 15 градусов) и производили одномоментное фотографирование на все камеры. Затем каждое изображение проецировали на полупрозрачный экран, и оператор с помощью пантографа обрисовывал контур. Пантограф был связан с режущим инструментом, который удалял модельный материал – глину, в соответствии с профилем текущего контура.

Это дало начало развитию направления объемного моделирования и в конце XX века возникли технологии, позволяющие получить продукт путём воздействия на материал энергией (ультрафиолетовым излучением, U.S. Patent 4,575,330), в результате происходило изменение агрегатного состояния (из жидкого в твёрдое) в заданных программно областях жидкого материала. Эти технологии представили собой соединение методов, возникших в конце XIX века (объемная топография U.S. Patent 473901 и фотоскульптура U.S. Patent 774549), и установок, оснащенных программно управляемыми манипуляторами.

Идея получила развитие в новых методах воздействия различными видами энергий на материал, находящийся как в жидком, так и твердом агрегатном состояниях.

Суть была одинакова для всех методов: рабочий орган обеспечивал взаимодействие энергии и материала в заданных программой координатах пространства, что вызывало формирование твердого фрагмента детали; при этом орган проходил все точки пространства, которые должны быть частью сечения детали, тем самым формируя таковое; по завершению формирования сечения рабочий орган переходил на формирование нового сечения, и так до тех пор, пока деталь не будет создана (рис. 1).

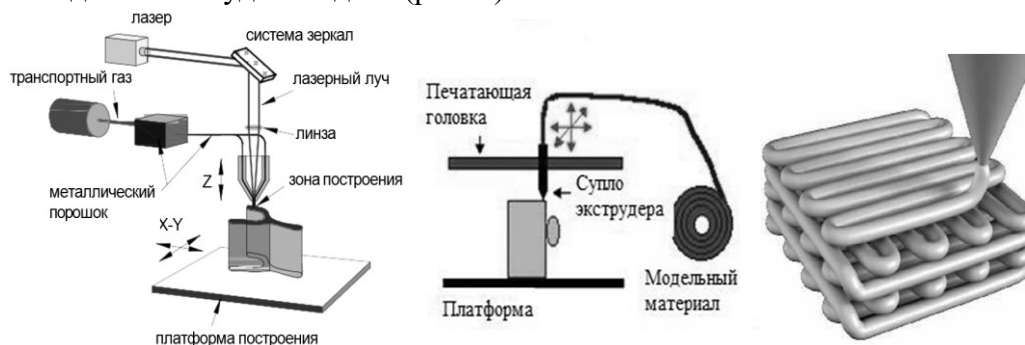


Рис. 1 – Примеры реализации аддитивных технологий

Таким образом возник целый класс аддитивных технологий (Таблица1).

Таблица 1. Аддитивные технологии возникших на рубеже XX-XXI вв

№ п/п	Год появления	Английское название	Русское название
1	1991	Fused deposition modeling	Моделирование методом наплавления
2		Solid ground curing	Метод послойного уплотнения
3		Laminated object manufacturing	Метод послойного формирования моделей из листового материала
4	1992	Selective laser sintering	Метод селективного лазерного спекания
5	1993	Direct shell production casting	литье с прямым изготовлением оболочковых форм
6	1996	Ballistic particle manufacturing	распыление термопластов
7	1997	Laser additive manufacturing	Лазерное аддитивное производство
8	1998	Laser engineered net shaping	Метод формирования лазером
9	1999	Controlled metal buildup	Управляемое сплавление металла с помощью лазерного нагрева
10		Selective laser melting	Метод послойного лазерного плавления металлопорошковых композиций
11	2000	Direct metal deposition	Метод направленного нанесения металла
12	2001	Digital light processing	Метод цифровой обработки светом
13	2007	Electronic beam melting	Метод электронно-лучевой плавки

Как показывают исследования UK Intellectual Property Office, Gridlogics, Skoltech [3] области патентов, затрагивающих тематику аддитивных технологий (называемых чаще 3-D печатью), с начала 2000-х годов начался бурный рост количества заявок по этой тематике.

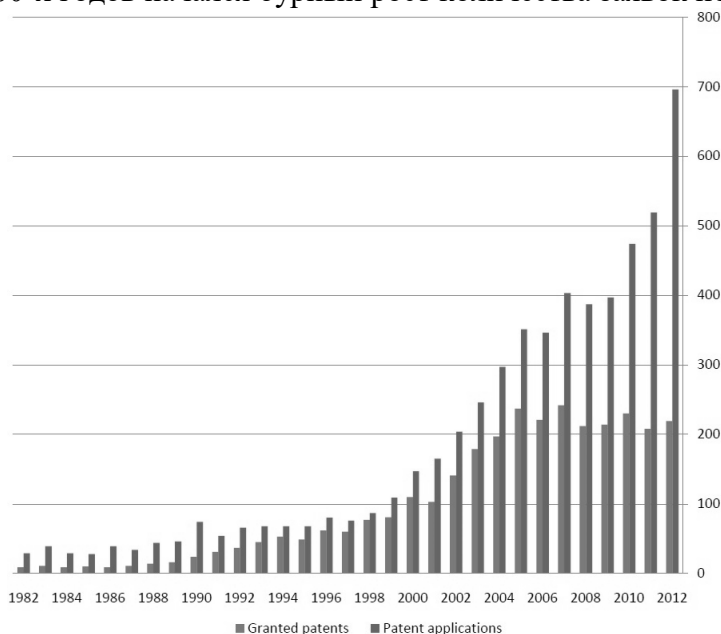


Рис. 2 – Количество выданных патентов и поданных заявок на тему 3-D печати (из отчета UK Intellectual Property Office)

В Публичном аналитическом докладе Сколтеха по направлению "Новые производственные технологии" (январь 2015 г.), со ссылкой на консалтинговое агентство Wohlers Associates [4], прогнозируется рост объема мирового рынка аддитивных технологий к 2021 г. до уровня в 10,8 млрд. долл. Согласно их данным, на начало 2014 году размер рынка составлял 3,07 млрд. долл., а на конец 2015г. – 5,165 млрд. долл.. Если сравнивать другими отраслями, то, согласно данным Сколтеха, объем рынка робототехники на 2013 г. оценивался в 9,5 млрд. долл. (без учета рынка программного обеспечения для робототехники, периферийного оборудования и прочего, а с вышеперечисленным он составлял порядка 29 млрд. долл.). Самая высокая активность исследований в области 3-D печати в США, Японии и Китае.

Аддитивные технологии разделяют на 7 категорий:

1. Material Extrusion – «выдавливание материала» или послойное нанесение расплавленного строительного материала через экструдер. К данной категории относится MJS-технология (Multiphase Jet Solidification), заключающаяся в двухэтапном создании детали: на первом этапе осуществляется печать пастообразным строительным материалом – смесью металлического порошка и связующего (пластификатора), на втором, полученная грин-модель («green» с англ. зеленая, сырая) помещается в печь для дальнейшего спекания и удаления пластификатора. Технология FDM (Fused Deposition Modeling) осуществляется путем плавления полимерной нити и формирования ею конфигурации модели.

2. Material Jetting – «разбрызгивание (строительного) материала» или послойное струйное нанесение строительного материала. Например, технология Poly-Jet заключающаяся в подаче рабочего материала (воск, фотополимер) через многоструйную головку в зону построения. И DoD-технология (Drop-on-Demand) (рис. 3), имеющая отличительную особенность в использовании поддерживающего материала, который смывается теплой водой после построения. На рис. 3 представлено условное изображение принтера, оснащенного фрезерной головкой, осуществляющую механическую обработку построенного слоя.

3. Binder Jetting – «разбрызгивание связующего» или послойное струйное нанесение связующего материала. Ink-Jet-технологии, в которых, в отличие от технологии Material Jetting, в зону построения впрыскивают не модельный материал, а связующий реагент, рис. 4.

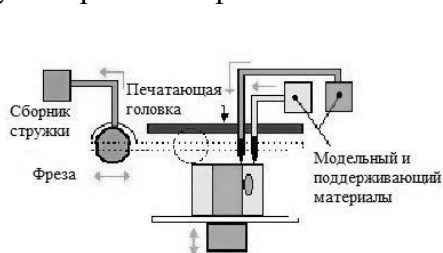


Рис. 3 - DoD-технология (Solidscapе)



Рис. 4 - Технология Binder Jetting

4. Sheet Lamination – «соединение листовых материалов» или послойное формирование изделия из листовых строительных материалов. Примером может быть технология UAM (Ultrasonic Additive Manufacturing, Fabrisonic), сущность которой заключается в том, что тонкие металлические пластины сваривают с помощью ультразвука и затем «лишний» металл удаляют фрезерованием (рис. 5). Эта технология представляет собой сочетание аддитивной и «субтрактивной» технологий.

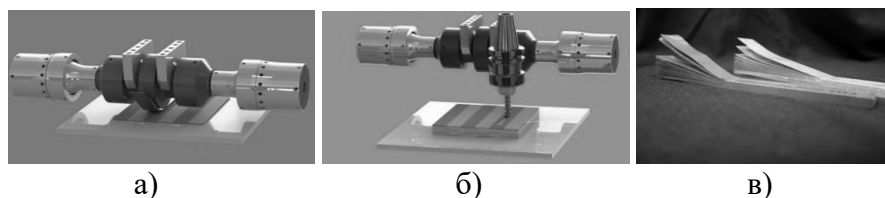


Рис. 5 - UAM-технология

а) ультразвуковая сварка; б) фрезерование; в) модельная лента

5. Vat Photopolymerization – «фотополимеризация в ванне» или послойное отверждение фотополимерных смол. К данной категории относятся технологии, в которых используют жидкие модельные материалы (SLA - 3D Systems, DLP0 - Digital Light Procession, Envisiontec)

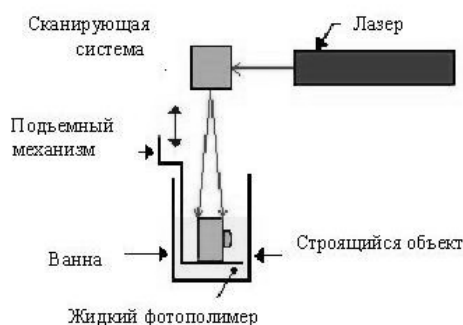


Рис. 6 - Технология SLA – лазерная стереолитография

6. Powder Bed Fusion – «расплавление материала в заранее сформированном слое» или последовательное формирование слоев порошковых строительных материалов и выборочное (селективное) спекание частиц строительного материала. В эту категорию входят обширная группа SLS-технологий, в которых источником тепла выступает лазер, Arcam-технология, использующая электронный луч, и технология SHS (Selective Heat Sintering [Blueprinter], в которой в качестве источника тепла берут ТЭНы.

7. Directed energy deposition – «прямой подвод энергии непосредственно в место построения» или послойное формирование изделия методом внесения строительного материала в место подвода энергии.

Используют и другие технологии, но наиболее популярны SLA и SLS (и их разновидности), как технологии, дающие наилучшую точность и имеющие разнообразные сферы применения.

Выводы. Технологии, связанные с удалением материала от заготовки, развивались с древних времен и продолжают совершенствоваться. Аддитивные технологии же сформировались как отрасль производства на рубеже XX и XXI веков. На данный момент существует множество технологий производства, из которых выделяют основные категории послойного нанесения строительного материала через экструдер, струйного нанесения строительного и связующего материалов, отверждения фотополимерных смол, формирования изделия из листовых строительных материалов и методом внесения строительного материала непосредственно в место подвода энергии.

Список литературы

1. Зленко М.А. Аддитивные технологии в машиностроении / М.А. Зленко, М.В. Нагайцев, В.М. Довбыш. – Москва: ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ», 2015. – 210 с.
2. David L. Bourella, Joseph J. Beaman, Jr.a, Ming C. Leub and David W. Rosenc. A Brief History of Additive Manufacturing and the 2009 Roadmap for Additive Manufacturing: Looking Back and Looking Ahead. RapidTech 2009, [Электронный ресурс]. URL: www.rapidtech.itu.edu.tr.
3. UK Intellectual Property Office Patent Informatics Team. 3D printind. A patent overview // <https://www.gov.uk/government/organisations/intellectual-property-office>, 2013. URL: https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/445232/3D_Printing_Report.pdf (дата обращения: 2 апреля 2023).
4. Wohlers T., Gornet T. History of Additive Manufacturing // <http://wohlersassociates.com/>. 2014. URL: <http://wohlersassociates.com/history2014.pdf> (дата обращения: 20.март.2023).

УДК 621.865.8

РАЗРАБОТКА СХЕМЫ МАЛОГАБАРИТНОГО МОБИЛЬНОГО РОБОТА

Л.В. Шиленок¹, С.С. Сячин¹, Д.С. Сячин¹

¹ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, 299053, Российская Федерация, shilenok.onlin@gmail.com

Аннотация. На данный момент робототехника интенсивно развивается почти во всех отраслях промышленности в России, такая тенденция требует от образовательных учреждений специалистов в этой сфере. Оборудование для получения практических навыков в данной области труднодоступно даже для ведущих ВУЗов страны, в связи с чем, обучение студентов может оказаться весьма затратным с точки зрения финансов и времени. В статье рассмотрен первый этап разработки конструкции малогабаритного мобильного робота в рамках образовательной программы по мехатронике и робототехнике для студентов. Представлена кинематическая схема робота, выбор материала для изготовления, а также наиболее перспективный способ его изготовления.

Ключевые слова: мобильный робот, кинематическая схема, аддитивные технологии.

DEVELOPMENT OF A SMALL-SIZED MOBILE ROBOT SCHEME

L.V. Shilenok¹, S.S. Syachin¹, D.S. Syachin¹

¹ FSAEI HE «Sevastopol State University», Sevastopol, 299053, Russian Federation, shilenok.onlin@gmail.com

Abstract. *At the moment, robotics is intensively developing in almost all industries in Russia, such a trend requires specialists in this field from educational institutions. Equipment for obtaining practical skills in this field is difficult to access even for the leading universities of the country, and therefore, training students can be very costly in terms of finances and time. The article considers the first stage of the design development of a small-sized mobile robot within the framework of an educational program on mechatronics and robotics for students. The kinematic scheme of the robot, the choice of material for manufacturing, as well as the most promising method of its manufacture are presented.*

Keywords: *mobile robot, kinematic scheme, additive technologies.*

Постановка задачи. Для решения проблемы развития робототехники в России необходима разработка и внедрение в высшие образовательные учреждения страны специального оборудования для проведения практических занятий по обучению программирования и использования техники данного типа. Подобное оборудование существует, однако, имеет относительно высокую стоимость и практически не является ремонтпригодным. Тем не менее, рост интереса к сфере робототехники непрерывно растет, это обуславливается актуальностью данного направления, появлением на рынке инновационных и интересных решений, вызывающих большой ажиотаж среди публики, престижем данной сферы. Подобные курсы и образовательные программы есть во многих российских вузах, специализирующихся на реализации образовательных программ в области мехатроники и робототехники.

Целью данной работы является разработка кинематической схемы малогабаритного мобильного робота для реализации обучающей программы по мехатронике и робототехнике для студентов и школьников.

Разработка схемы и ее анализ.

Мобильным роботом называют автоматическое машинное устройство, способное самостоятельно передвигаться в окружающей среде. Процесс разработки такого устройства можно разделить на несколько взаимосвязанных этапов:

1. Создание кинематической схемы.
2. Разработка математической модели.
3. Создание конструкторской документации.
4. Производство макета.

Анализ рынка мобильных роботов позволил выявить некоторые недостатки. С их учетом и предложена кинематическая схема малогабаритного колесного робота (рис. 1) с четырьмя электроприводами (рис. 2).

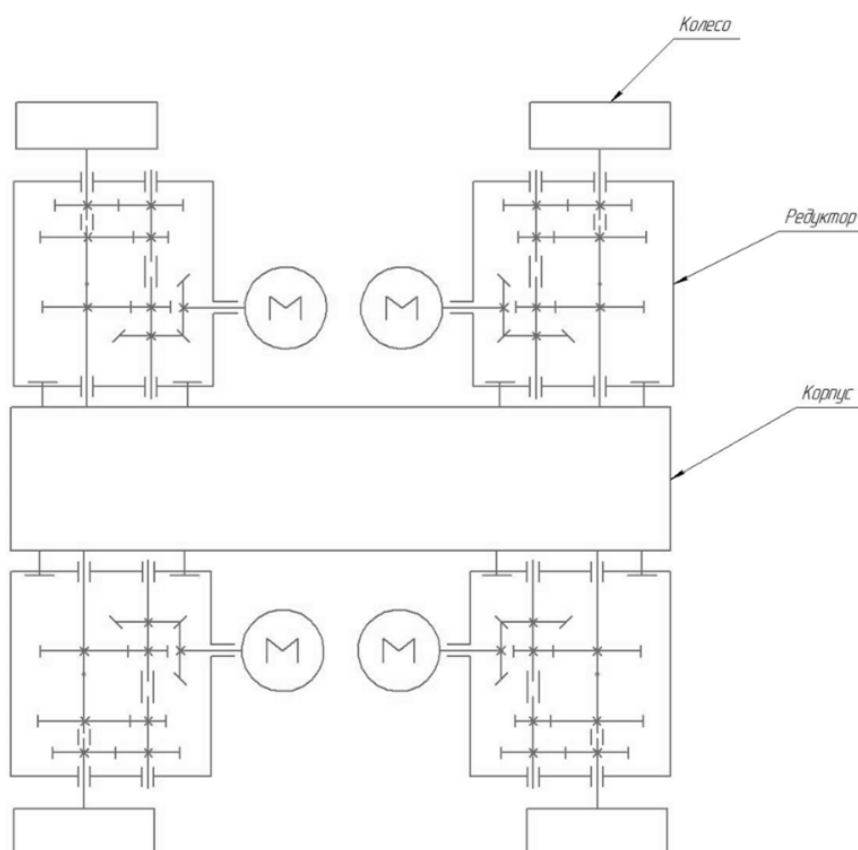


Рис. 1 - Кинематическая схема робота

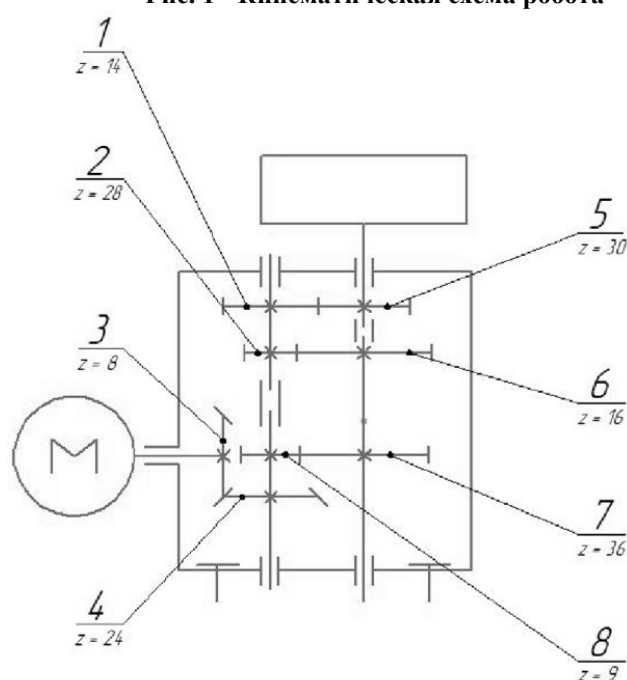


Рис. 2 - Кинематическая схема привода

Выводы. Таким образом, разработка кинематической схемы позволит перейти к следующим этапам проектирования, в частности, созданию математических моделей и процессу конструирования. Более подробно схемы, приведенные на рис. 1 и 2, будут описаны в докладе.

СЕКЦИЯ № 2

СНИЖЕНИЕ РАСХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА С ПОМОЩЬЮ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

УДК 621.791.923

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМА НАПЛАВКИ ПОРОШКОВОГО ПРИПОЯ ВПр11-40Н ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВЫМ МЕТОДОМ

А.С. Воробьев¹, В.Н. Батраков², А.Л. Каменева³¹ Пермский Национальный Исследовательский Политехнический Университет, г. Пермь, 614990, Россия,
asv0827@yandex.ru² Пермский Национальный Исследовательский Политехнический Университет, г. Пермь, 614990, Россия,
batrakvol@mail.ru³ Пермский Национальный Исследовательский Политехнический Университет, г. Пермь, 614990, Россия,
annkam789@mail.ru

Аннотация. В данной статье представлена разработанная технология наплавки высокотемпературного порошкового припоя ВПр11-40Н с использованием электронного пучка в качестве теплового источника энергии. Определены оптимальные параметры режима электронно-лучевой наплавки с применением современных статистических методов планирования эксперимента.

Ключевые слова: Электронно-лучевая наплавка, припой ВПр11-40Н, режим наплавки, планирование эксперимента.

OPTIMIZATION OF THE ELECTRON-BEAM SURFACING MODE OF VPR11-40N FLUX-CORED SOLDER

A.C. Vorobyov¹, V.N. Batrakov², A.L. Kameneva³¹ Perm National Research Polytechnic University Perm, 614990, Russia, asv0827@yandex.ru² Perm National Research Polytechnic University Perm, 614990, Russia, batrakvol@mail.ru³ Perm National Research Polytechnic University Perm, 614990, Russia, annkam789@mail.ru

Abstract. This paper presents the developed technology of surfacing high-temperature powder solder VPr11-40H using electron beam as a thermal energy source. The optimum parameters of the electron-beam surfacing mode using modern statistical methods of experiment planning have been determined.

Keywords: Electron-beam surfacing, solder VPr11-40H, surfacing mode, experiment planning.

Введение

Лопатки турбины высокого давления являются элементами газотурбинного двигателя, преобразующими высокую температуру и давление от сгорания топлива в полезную работу. Данные детали в процессе эксплуатации подвергаются комбинированному механическому, высокотемпературному, эрозионному и коррозионному воздействию и работают в критических условиях, приводящих к изменению геометрии и структуры лопаток, снижению эффективности работы двигателя, ограничению ресурса изделия и возможному разрушению деталей [1]. Упрочнение торцов лопаток в процессе серийного изготовления и ремонта лопаток имеют решающее значение для поддержания параметров двигателя.

Современные технологии восстановления лопаток турбин включают использование концентрированных источников энергии, таких как лазерная наплавка. Она позволяет обеспечить высокую производительность и точность процесса, что важно для сокращения времени изготовления и ремонта лопаток [2].

Одним из методов применения концентрированной энергии является электронно-лучевая технология. Электронно-лучевой метод наплавки порошковых материалов представляет собой перспективную технологию, обладающую высокой точностью и

воспроизводимостью параметров и позволяющую получать высококачественные наплавленные слои за счет выполнения процесса в вакууме.

Целью данной работы является экспериментальное определение оптимального режима наплавки порошковых высоколегированных никелевых материалов электронно-лучевым методом.

Материалы и методы исследований

Для выполнения задачи по отработке режимов электронно-лучевой наплавки была изготовлена пластина размером 200x100x3 мм из жаропрочного сплава на никелевой основе ЭИ868. В качестве присадочного материала для наплавки использован порошковый припой ВПр11-40Н.

Для формирования наплавленного валика применили безрисочную трубку диаметром 4 мм по ГОСТ ТУ14-03-1560-88 с толщиной стенки 0,2 мм.

Метод фиксации присадочного порошка на поверхности подложки был выполнен следующим образом:

- 15 сегментов трубки размером 60x4x0,02 мм в качестве внешней оболочки присадочной проволоки нарезаны с использованием отрезного станка и штангенциркуля ШЦ-I-125-0,1;

- Один конец трубки сплюснен при помощи пассатижей на размер 3-5 мм.

- Внутренняя полость трубки заполнена припоем ВПр11-40Н с использованием воронки;

- С помощью пассатижей сплюснен второй конец трубки для исключения высыпания припоя;

- Заполненная трубка установлена на поверхность пластины с зазором 0...0,1 мм, используя набор щупов №2. Затем оба конца прихвачены контактной сваркой на 5-7 точек. Режим прихватки: ТКМ-7; емкость конденсатора 1050 мкФ; ступень трансформации 1-3 дел; коэффициент трансформации 160 ед.

Внешний вид подготовленной пластины с прихваченной порошковой проволокой показан на рис. 1.



Рис. 1 – Подготовленный образец под наплавку ЭЛУ

Разработанный комплексный метод формирования и прихватки «порошковой проволоки» позволил надежно зафиксировать припой на поверхности пластины для проведения электронно-лучевой наплавки.

Наплавка выполнена на электронно-лучевой установке (ЭЛУ) ТЭТА 8MS фирмы ТЭТА.

Современные статистические методы планирования были использованы для планирования эксперимента. Выполнено построение матрицы ортогонального центрально-композиционного плана 2-го порядка для 3-х факторного процесса в соответствии с таблицей 1 [3]. В качестве варьируемых факторов режима наплавки были выбраны: ток сварки ($I_{св}$, мА), скорость сварки ($V_{св}$, мм/мин) и отклонение от тока фокусировки электронного луча ($\Delta I_{острой\ фок.}$, мА). Факторы имели три уровня варьирования. В качестве независимой переменной выбрана глубина проплавления $H_{пр}$.

Таблица 1. Матрица ортогонального центрально-композиционного плана 2-го порядка для 3-х факторного процесса

№ опыта	I _{св} , мА	V _{св} , мм/мин	$\Delta I_{\text{острой фок, мА}}$	x1	x2	x3	H _{пр}
1	23	18	0	+1	+1	+1	579
2	17	18	0	-1	+1	+1	448
3	23	12	0	+1	-1	+1	891
4	17	12	0	-1	-1	+1	573
5	23	18	-20	+1	+1	-1	919
6	17	18	-20	-1	+1	-1	67
7	23	12	-20	+1	-1	-1	1684
8	17	12	-20	-1	-1	-1	990
9	25	15	-10	1,682	0	0	1771
10	15	15	-10	-1,682	0	0	193
11	20	20	-10	0	1,682	0	265
12	20	10	-10	0	-1,682	0	605
13	20	15	7	0	0	1,682	477
14	20	15	-27	0	0	-1,682	743
15	20	15	-10	0	0	0	636

После выполнения наплавки были проведены металлографические исследования валиков. Заготовки шлифов размером 15x20x3 мм вырезаны из образцов абразивным методом с применением отрезного станка LEKO MSX-255M.

Приготовление макрошлифов выполнено на шлифовально-полировальной установке SS-1000 фирмы LECO с использованием шкурки различной зернистости. Последующее травление проведено горячим способом в течение 1-2 мин в нагретом реактиве «Круппа» следующего состава: HCl 100 мл, HNO₃ 10 мл, дистиллированная вода 100 мл.

Просмотр макрошлифов на наличие дефектов и замеры наплавленных швов выполнен в соответствии с ГОСТ Р 57180-2016 и отраслевыми техническими условиями с использованием микроскопа STEMI SV8, увеличение x 8... 16. Микроструктура изучена с применением цифрового тринокулярного инвертированного микроскопа Carl Zeiss Axio Vert 40 MAT.

Обработка результатов экспериментов выполнена с помощью программного обеспечения для анализа данных STATISTICA 10.

Результаты и обсуждение

На рис. 2 показаны образцы после наплавки по режимам в соответствии с таблицей 1.

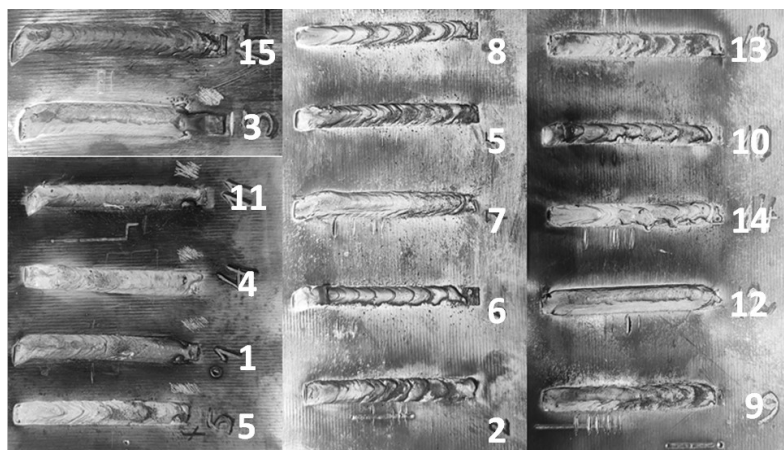


Рис. 2 - Внешний вид образцов после наплавки

Внешний осмотр наплавленных валиков показал:

- отсутствие трещин на всех валиках;
- неравномерное формирование усиления с характерными наплывами на образцах № 2, 5, 6, 8, 9, 10, 13, 14;
- наиболее удовлетворительное качество наплавки зафиксировано на валиках № 1, 3, 4, 11, 15.

Для контроля внутренних дефектов и замера глубины проплавления были изготовлены макрошлифы. Макроструктура наплавленных валиков № 4, 11, 15 показана на рис. 3.

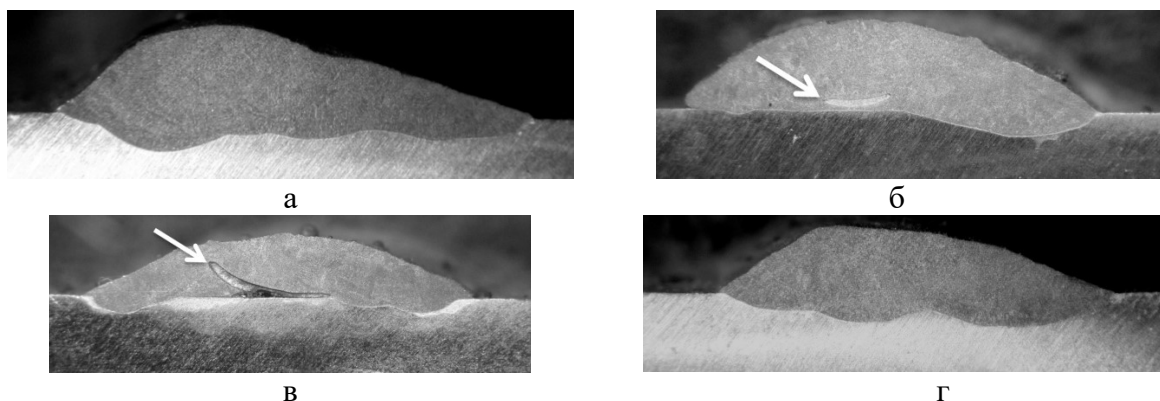


Рис. 3 - Макроструктура участков наплавленных валиков (стрелкой указано несплавление оболочки): а) №1, б) №4, в) №11, г) №15

Просмотр макроструктуры образцов № 1, 3, 4, 11, 15 показал:

- по геометрии сварные валики однотипные с плавным переходом к поверхности пластины;
- по границе линии сплавления на валиках наблюдается неравномерная глубина проплавления в основной материал пластины;
- дефектов в виде пор и трещин не выявлено;
- на валиках № 4, 11 наблюдаются нерасплавленные элементы оболочки порошковой проволоки;
- глубина проплавления $H_{пр}$ на валиках в соответствии с таблицей 1.

Геометрическая модель функции отклика была построена с целью определения требуемых значений факторов ($I_{св}$, $V_{св}$, Δ Юстрой фок) для оптимальной глубины проплавления $H_{пр} = 400 \pm 200$ мкм (рисунок 4).

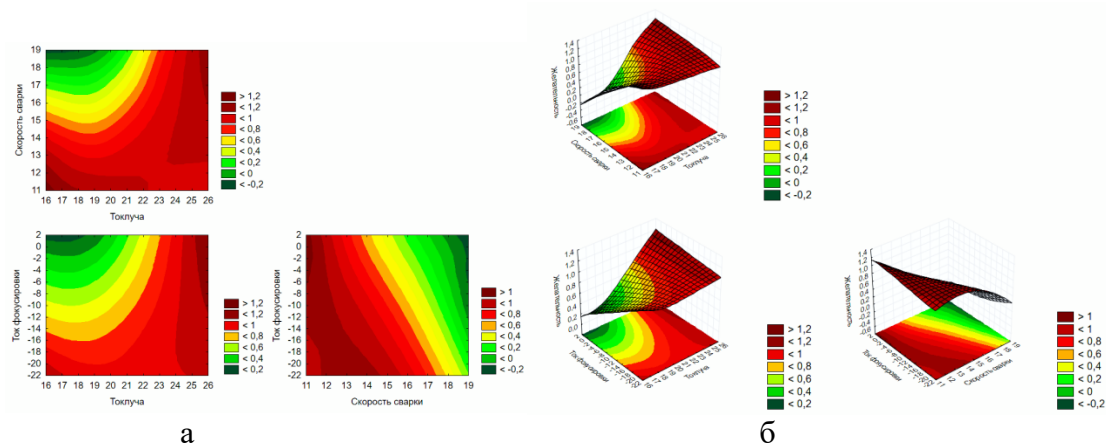


Рис. 4 - Геометрическое представление поверхности отклика при $H_{пр} = 450 \pm 200$ мкм
а) поверхность функции отклика; б) сечение поверхности отклика

При выборе размера глубины проплавления учтены результаты исследования, в котором в качестве оболочки использовалась никелевая сетка ГОСТ 6613-86 НП2. Малая глубина проплавления $H_{пр} = 150 \pm 50$ мкм ведет к нестабильному формированию наплавленного валика и увеличению вероятности несплавления с подложкой [4].

Таким образом из рис. 4 видно, что для обеспечения требуемой глубины проплавления валика $H_{пр} = 400 \pm 200$ мкм, необходимо выбрать параметры режима электронно-лучевой наплавки в соответствии с таблицей 2.

Таблица 2. Оптимальные параметры режима наплавки

Isв, мА	Vсв, м/ч	$\Delta I_{острой\ фок}$, мА
18±2	20±2	2±8

Исследование макрошлифов показало неполное расплавление оболочки. В связи с этим, режим наплавки образца №1, 11 недопустим, несмотря на то, что он удовлетворяет найденным значениям оптимального режима. Поэтому в качестве основного режима выбран №1.

Выводы

По результатам выполненных работ по наплавке высокотемпературного припоя ВПр11-40Н на пластине из жаропрочного материала ЭИ 868 с применением электронного пучка в качестве тепловой энергии получены следующие выводы:

1) По результатам металлографического исследования электронно-лучевой наплавки высокотемпературного припоя ВПр11-40Н удовлетворительное качество наплавки зафиксировано на валиках № 1, 3, 4, 15.

2) Поверхность функции отклика и сечение поверхности отклика в зависимости от параметров режима наплавки для глубины проплавления $H_{пр}$ соответствует диапазону 200... 600 мкм. По анализу геометрических представлений поверхности отклика определен оптимальный режим наплавки в соответствии с таблицей 2.

Данная технология может быть эффективным инструментом для восстановления поврежденных участков лопаток без изменения их геометрических и физических характеристик.

Ближайшие работы авторов будут связаны с оптимизацией состава наплавляемого порошка, а также с дальнейшими исследованиями свойств наплавленного материала, чтобы достичь требуемой жаростойкости, жаропрочности и износостойкости.

Список литературы

1. Тополянский П.А. Повышение эрозионной стойкости входных кромок лопаток ступеней низкого давления паровых турбин (обзор) // Технологии ремонта, восстановления, упрочнения и обновления машин, механизмов, оборудования и металлоконструкций. Материалы 4-й Всероссийской практической конференции 16-18 апреля 2002 г. Санкт-Петербург. Изд. СПбГТУ. 2002. - С. 30-49
2. Климов В.Г. Применение лазерной импульсной наплавки при разработке технологии восстановления рабочих лопаток турбины газотурбинного двигателя / В.Г. Климов // Вестник Московского авиационного института. Т. 24, №1. – Москва. – 2017. – С. 170-179
3. Научная и исследовательская работа [Электронный ресурс] – Режим доступа : <http://manyfactors.ru/%D0%9F%D1%80%D0%B8%D0%BC%D0%B5%D1%80%20%D0%9C%D0%A4%D0%AD.html>, свободный. – (Дата обращения: 01.02.2023).
4. Воробьев А.С. Наплавки порошковых никелевых припоев электронно-лучевым методом/ А.С. Воробьев В.Н. Батраков. – Текст: непосредственный // Электрофизические методы обработки в современной промышленности: материалы VI Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых, аспирантов и студентов (Пермь, 15-16 дек. 2022 г.). Пермь, 2023. – С. 128-131

АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВ ПРИМЕНЕНИЯ НЕЙРОСЕТЕЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЭЛЕКТРОПРИВОДА С АСИНХРОННЫМ ДВИГАТЕЛЕМ С ДВУХСЛОЙНЫМ РОТОРОМ

А.А. Нагирняк¹, В.Е. Высоцкий¹

¹ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, 299053,
Российская Федерация,

Аннотация. Статья посвящена анализу перспектив использования нейросетей для проектирования определения и расчёта оптимальных параметров приводов с асинхронными двигателями с двухслойным ротором (АДДР), в т.ч. и для подбора и проектирования конструктивных параметров приводного электромеханического преобразователя соответственно: определение толщины внешнего слоя, определение оптимальных рабочих режимов и типов нагрузок. [4] Помимо этого нейросети могут помочь определить эффективную продолжительность работы, а так же число пусков АДДР.

Ключевые слова: асинхронный двигатель, двухслойный ротор, пусковой момент, пусковой ток, нейросети, параметры, электропривод.

ANALYSIS OF THE PROSPECTS FOR THE USE OF NEURAL NETWORKS IN THE DESIGN OF AN ELECTRIC DRIVE WITH AN ASYNCHRONOUS MOTOR WITH A TWO-LAYER ROTOR

A.A. Nagirnyak¹, V.E. Vysotskiy¹

¹ FSAEI HE «Sevastopol State University», Sevastopol, 299053, Russian Federation

Annotation. The article is devoted to the analysis of the prospects of using neural networks for the design of determining and calculating the optimal parameters of drives with asynchronous motors with a two-layer rotor (ADDR), including for the selection and design of the design parameters of the drive electromechanical converter, respectively: determining the thickness of the outer layer, determining the optimal operating modes and types of loads. [4] In addition, neural networks can help determine the effective duration of work, as well as the number of ADDR launches.

Keywords: asynchronous motor, two-layer rotor, starting torque, starting current, neural networks, parameters, electric drive.

Электроприводы с АДДР (рис. 1) играют важную роль в современной промышленности РФ. Они используются в различных отраслях, таких как металлургия, нефтехимия, энергетика, автомобильная промышленность и другие. Электроприводы обеспечивают автоматизацию производственных процессов, повышают эффективность работы оборудования, снижают затраты на энергию и уменьшают нагрузку на персонал.

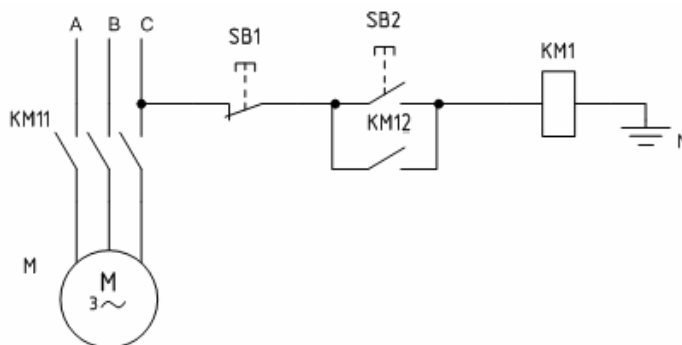


Рис. 1 - Упрощённая схема управления приводом с асинхронным двигателем:
М – АДДР; SB1 – Кнопка «Стоп»; SB2 – Кнопка «Пуск»; KM1 – пускатель, KM11 и KM12 – его
силовые и блокировочный контакты соответственно

Цель работы: оценить возможность и перспективы применения нейросетей при проектировании электроприводов с АДДР.

В современной промышленности все большее внимание уделяется развитию "умных" электроприводов, оснащенных системами мониторинга и диагностики, которые позволяют своевременно выявлять неисправности и предотвращать аварии.

Асинхронные двигатели с двухслойным ротором широко применяются в качестве приводных в электроприводах различных отраслей промышленности, включая нефтегазовую, электроэнергетическую, металлургическую, химическую и другие. Это связано с их высокими техническими характеристиками и надежностью работы, а так же с высокой энергоэффективностью в режимах работы предполагающих частые пуски и реверсы. [3]

Асинхронный двигатель с двухслойным ротором имеет два слоя проводников на своем роторе. Это позволяет улучшить его электрические характеристики, такие как коэффициент мощности и КПД. Двухслойный ротор (рис. 2) также обеспечивает более высокую надежность работы двигателя и уменьшение потерь в железе ротора. Он используется в различных промышленных приводах, таких как насосы, вентиляторы и компрессоры. [1]

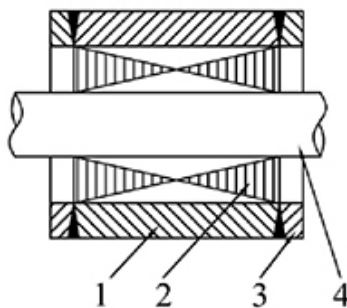


Рис. 2 - Конструкция ротора асинхронного двигателя с двухслойным ротором:
1 – рабочий цилиндр; 2 – шихтованный сердечник; 3 – короткозамыкающее кольцо; 4 – вал

Нейросети могут быть использованы для оптимизации проектирования асинхронных двигателей с двухслойным ротором. Например, можно использовать нейронную сеть для обучения модели, которая будет предсказывать характеристики двигателя на основе его геометрических параметров и материалов, используемых в его конструкции.

Для реализации алгоритмов нейросети необходимо собрать данные о различных электроприводах с АДДР, включая геометрические параметры используемых в них электродвигателей и их характеристики. Затем эти данные могут быть использованы для обучения нейронной сети, которая будет предсказывать характеристики новых электроприводов на основе их параметров.

Также нейросети могут использоваться для оптимизации дизайна двигателя. Например, можно использовать нейронную сеть для поиска оптимальных значений для геометрических и конструктивных параметров двигателя в т.ч. оптимальной величины внешнего слоя, чтобы получить наилучшие характеристики эффективности и мощности.

В целом, использование нейросетей при проектировании электроприводов с АДДР может помочь ускорить и улучшить процесс проектирования, а также повысить эффективность и надежность получаемых результатов. [5]

Существует множество видов нейросетей, которые могут быть использованы как для проектирования электропривода с АДДР так и оптимизации параметров асинхронных двигателей с двухслойным ротором служащими в качестве приводного. Некоторые из них:

1. Сверточные нейронные сети (CNN) - эффективно работают с изображениями и другими типами данных, которые имеют пространственную структуру. Используются для обработки изображений и анализа данных, получаемых от датчиков электропривода. Подходят и для проектирования приводного двигателя.

2. Рекуррентные нейронные сети (RNN) - хорошо подходят для работы с последовательными данными, такими как временные ряды. Используются для моделирования динамических систем, таких как электроприводы, и позволяют учитывать историю изменения параметров системы.

3. Глубокие нейронные сети (DNN) - могут быть использованы для обучения на больших объемах данных. Используются для решения сложных задач, таких как оптимизация параметров электропривода и прогнозирование отказов.

4. Генеративно-сопоставительные сети (GAN) - могут использоваться для создания новых моделей двигателей на основе имеющихся данных.

5. Автоэнкодеры (AE) - могут использоваться для извлечения признаков из данных и оптимизации параметров двигателя. Это только некоторые из возможных вариантов. Выбор конкретной нейросети зависит от задачи и доступных данных.

6. Рекуррентные автоэнкодеры (RAE) - сочетают в себе функциональность RNN и AE и используются для анализа временных рядов, получаемых от датчиков электропривода.

Для определения оптимальных параметров приводного асинхронного двигателя с двухслойным ротором (АДДР) при помощи нейросети можно использовать различные методы расчёта.

Один из возможных методов - это метод генетических алгоритмов, который позволяет искать оптимальные значения параметров АДДР, опираясь на заданные критерии эффективности и мощности.

Другой метод - это метод градиентного спуска, который позволяет оптимизировать значения параметров АДДР путем пошагового изменения их значений в направлении уменьшения функционала качества (например, потерь или ошибки).

Также можно использовать методы, основанные на теории оптимизации, такие как методы многомерной оптимизации или методы искусственного интеллекта, например, методы обучения с подкреплением или методы обучения с учителем.

В любом случае, для использования нейросети при определении оптимальных параметров АДДР необходимо подготовить набор данных, содержащий информацию о свойствах и характеристиках АДДР с различными комбинациями параметров, а также задать целевую функцию, которую необходимо оптимизировать.

Ранее для расчёта оптимальных параметров слоёв ротора АДДР использовались дорогостоящие программные пакеты такие как ANSYS Maxwell, Abaqus, COMSOL и другие. Использование нейросетей позволит снизить стоимость подобных расчётов. В том числе, подобные программные пакеты в будущем можно будет использовать для учёта магнитной анизотропии.

Магнитная анизотропия (неоднородность) в роторе АДДР связана с направленностью магнитных свойств материала, из которого он изготовлен.

В зависимости от ориентации кристаллических осей, магнитные свойства могут быть различными в разных направлениях. Это может повлиять на эффективность работы двигателя и его мощность.

Для учёта магнитной анизотропии в расчётах АДДР при помощи нейросетей можно использовать уже применяемые специальные модели и методы, которые учитывают направленность магнитных свойств материала ротора:

1. Модель гиперболического синуса (HS). Эта модель используется для описания зависимости магнитной индукции от напряженности магнитного поля в материалах с магнитной анизотропией. Позволяет учитывать не только направленность магнитных свойств, но и их изменение с учётом колебаний температуры, в том числе вызванных токами индуцируемыми в роторе.

Формула для расчёта магнитной индукции в материале с магнитной анизотропией при помощи модели гиперболического синуса:

$$B = B_{sat} \cdot \sinh(K * H / H_k) \quad (1)$$

где B – магнитная индукция, B_{sat} – насыщенная магнитная индукция, K – коэффициент гиперболического синуса, H – напряженность магнитного поля, H_k – коэрцитивная сила материала.

Для расчёта коэффициента гиперболического синуса используется формула:

$$K = (\ln(\frac{B_{sat}}{B_c}) + \ln(\frac{B_{sat}}{B_r})) / 2 \quad B = B_{sat} \cdot \sinh(K * H / H_k) \quad (2)$$

где B_c и B_r – критические значения магнитной индукции при изменении направления магнитного поля вдоль осей материала.

2. Метод конечных элементов (FEM). Используется для численного моделирования электромагнитных полей АДПР. Он позволяет учитывать магнитную анизотропию материала ротора и оптимизировать его конструкцию для достижения наилучшей эффективности работы.

Для расчета анизотропии ротора АДПР при помощи метода конечных элементов используются формулы, связывающие магнитную индукцию и напряженность магнитного поля с тензором магнитной проницаемости материала ротора. Одна из таких формул имеет вид:

$$B = \mu * H$$

где B – магнитная индукция, H – напряженность магнитного поля, μ – тензор магнитной проницаемости материала.

Для анизотропных материалов тензор магнитной проницаемости может быть представлен в виде матрицы, учитывающей различные коэффициенты проницаемости для разных направлений магнитного поля. Эта матрица может быть определена экспериментально или рассчитана теоретически на основе свойств материала.

Для расчета магнитной индукции и напряженности магнитного поля в материале ротора при помощи метода конечных элементов используются уравнения Максвелла, которые связывают электрические и магнитные поля в материале с его токовыми и магнитными свойствами. Решение этих уравнений позволяет определить распределение магнитной индукции и напряженности магнитного поля в материале ротора, а также его анизотропию.

3. Методы магнитной анизотропии (МА). Эти методы используются для измерения и анализа магнитной анизотропии в материалах ротора АДПР. Они позволяют определить направленность магнитных свойств материала и оценить их влияние на работу двигателя.

4. Методы магнитной визуализации (MV). Позволяют визуализировать магнитные поля в материалах ротора АДПР и оценить их распределение и направленность. Они также могут использоваться для оптимизации конструкции ротора и учёта магнитной анизотропии в расчётах. [2, с. 95]

Выводы: Применение нейросетей при проектировании электропривода с АДПР в качестве приводного может привести к улучшению эффективности, надежности и точности управления электроприводами. Нейросети могут использоваться для оптимизации параметров электропривода, таких как частота и амплитуда сигнала управления, чтобы достичь максимальной эффективности и минимального потребления энергии. Также нейросети могут использоваться для прогнозирования возможных отказов в системе электропривода и предотвращения аварийных ситуаций. В целом, применение нейросетей может помочь снизить затраты на эксплуатацию электроприводов с АДПР и увеличить их производительность.

Список использованной литературы:

1. В.С. Могильников, А.М. Олейников. Теория, технология и режим работы асинхронных двигателей с двухслойным ротором ; под общ. ред. Олейникова А.М. – 2-е изд. Перераб. и доп. – Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2008. – 350 с.
2. В. Е. Высоцкий, А.М. Олейников, А.А. Нагирияк Анализ работы асинхронного двигателя с двухслойным ротором в электроприводе насосов // 16th International Conference «Electromechanics, Electrotechnology, Electromaterials and Components» ICEEE – 2016. September 19 – 24, 2016 Alushta, Crimea, ICEEE – 2016 Abstracts. - P. 94 – 96.

3. Шайтор Н.М., Горпинченко А.В. Динамические режимы асинхронных двигателей в приводах энергетических систем и комплексов. Статья в журнале ИЖГТУ имени М.Т. Калашникова 2020 Том: 23 Номер: 4 Вестник С. 95-101

4. Высоцкий В.Е., Олейников А.М. Специальные электромеханические преобразователи для электротехнических комплексов автономных объектов. Монография Москва: Изд-во Издательство "Инновационное машиностроение". 2020 – 335 с.

5. Высоцкий В.Е., Марков И.Ю., Матвеев Ю.В. Синтез скалярной системы автоматического управления вентильного двигателя с управлением по полю для гребных электрических установок с движительно-рулевым комплексом AZIPOD. Статья в журнале Известия высших учебных заведений. Электромеханика 2021 Том: 64 Номер: 6 Вестник С. 29-35.

УДК 621.762

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДА ЭЛЕКТРОКОНТАКТНОГО УПЛОТНЕНИЯ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ДЕТАЛИ

Т.А.Перевай¹, Т.С. Чучук²

¹ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, 299053,
Российская Федерация, talitvinova@sevsu.ru

² ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, 299053,
Российская Федерация, bratsk_tanja@mail.ru

Аннотация. Приведена технология электроконтактного уплотнения, обеспечивающая получения практически беспористого материала. Изучена гомогенизация железуграфитовой шихты в условиях электроконтактного уплотнения и установлены оптимальные технологические режимы формирования порошковой стали. Рассмотрены факторы, влияющие на эффективность использования метода электроконтактного уплотнения.

Ключевые слова: электроконтактное уплотнение, порошковая металлургия, эффективность, порошковая сталь

EFFICIENCY OF USING THE METHOD OF ELECTROCONTACT SEAL IN THE MANUFACTURE OF A PART

T.A. Perevay¹, T.S. Chuchuk²

¹ FSAEI HE «Sevastopol State University», Sevastopol, 299053, Russian Federation, talitvinova@sevsu.ru

² FSAEI HE «Sevastopol State University», Sevastopol, 299053, Russian Federation, bratsk_tanja@mail.ru

Abstract. The technology of electrocontact sealing is presented, which ensures the production of a practically non-porous material. The homogenization of the iron-graphite charge under the conditions of electrocontact compaction has been studied and the optimal technological regimes for the formation of powder steel have been established. The factors influencing the efficiency of using the electrocontact sealing method are considered.

Keywords: electrocontact seal, powder metallurgy, efficiency, powder steel

Современная тенденция развития порошковой металлургии заключается не только в совершенствовании широко применяемых в промышленности технологических процессов, но и в разработке технологий, использующих наряду с механическим электрическое, электромагнитное воздействия на уплотняемую шихту. Выбор того или иного технологического процесса зависит от уровня требуемых функциональных свойств

формируемого порошкового материала, определяемого в первую очередь значением пористости. В тех случаях, когда работоспособность материала достигается при пористости в пределах 2 – 6 % целесообразно использовать технологию, исключаящую горячую допрессовку пористой заготовки. К таким технологическим процессам относится электроконтактное уплотнение (ЭКУ), совмещающее электротермическое и деформационное воздействия.

В ранее проведенных исследованиях [1-3] была доказана применимость этой технологии для изготовления деталей из карбонильного железного и распыленного бронзового порошков, обладающих низкой прессуемостью в условиях холодного статического прессования. В результате установлен факт интенсификации диффузионных процессов и формирования качественного межчастичного срачивания при ЭКУ порошков. Настоящая работа является продолжением этих исследований.

В качестве исходных материалов использовали порошки железа марки ПЖР 3.200.28 ГОСТ 9849-86 и графита карандашного марки ГК-1 ГОСТ 4404-78. Состав шихты выбирался с таким расчетом, чтобы в результате ЭКУ была получена сталь с содержанием углерода 0,45%, которая широко применяется в машиностроении.

Навеска шихты засыпалась в матрицу, помещенную в рабочую камеру, продуваемую аргоном. Герметичность камеры обеспечивалась резиновыми уплотнениями. Стенки матрицы обрабатывались фторидом кальция, а торцы пуансонов, контактирующие с шихтой, графитом. Усилие прессования создавалось лабораторным гидравлическим прессом с максимальным усилием прессования $P=7600\text{Н}$, позволяющим регулировать давление масла. В качестве источника тока использовали сварочный выпрямитель для ручной дуговой сварки (РДС) ВДУ-1201 (ГОСТ 13821-77). Сила тока варьируется от 0 до 1000А, которая измерялась встроенным амперметром. Плотность тока рассчитывалась по номинальному сечению образца. При уплотнении использовали двухстороннюю схему прессования с плавающей матрицей.

В результате реализации серии экспериментов было получено требуемое значение параметра оптимизации и установлены технологические режимы рассматриваемого процесса уплотнения, обеспечивающие получение порошкового материала с остаточной пористостью 1,5%. Также было определено превалирующее влияние плотности электрического тока на пористость получаемого материала [4].

Для установления закономерностей уплотнения в условиях рассматриваемого процесса был проведен ряд экспериментов.

Для установления закономерностей уплотнения и выяснения степени влияния на пористость материала таких технологических параметров как длительность пропускания электрического тока и давление прессования был проведен ряд экспериментов, заключающихся в поочередном их варьировании.

При варьировании длительностью пропускания электрического тока через порошок при ЭКУ получена зависимость, характеризующаяся монотонным понижением пористости при увеличении продолжительности электродеформационного воздействия.

Следует обратить внимание на особенности уплотнения при различных давлениях прессования. При относительно низком давлении (127МПа) наблюдается интенсификация уплотнения на участке ($\tau=10$, $\tau=20\text{с}$), который характеризуется уплотнением порошка за счет взаимного перемещения частиц, поверхности которых расплавлены и склонны к взаимному скольжению. Менее интенсивное понижение пористости на участке ($\tau=20$, $\tau=40\text{с}$) происходит из-за замедления нагрева материала прессовки вследствие локализации путей прохождения электрического тока, что в результате приводит к неравномерному прогреву материала прессовки. Понижение пористости на участке ($\tau=40$, $\tau=70\text{с}$) является следствием разогрева уплотняемого материала в результате длительного воздействия электрического тока. При давлениях прессования 253, 380МПа уплотнение материала можно охарактеризовать двумя стадиями, заключающимися в его уплотнении с различной интенсивностью. Область перехода из первой стадии материала во вторую стадию его

уплотнения при каждом из рассматриваемых давлений несколько отличается, и при увеличении давления прессования смещается в сторону уменьшения длительности пропускания тока. Объясняется это состоянием межчастичных контактов, которые улучшаются при приложении наибольшего давления прессования вследствие разрушения поверхностных пленок, препятствующих электротермическому воздействию. В результате чего скорость разогрева материала частиц увеличивается, что способствует интенсификации дальнейшего уплотнения.

Полученные результаты исследования влияния режимов ЭКУ на плотность получаемого материала совпадают с общей теорией уплотнения.

На основе проведенных исследований и выявленных закономерностей формирования порошковой стали методом ЭКУ разработана технология и технологическая оснастка для изготовления детали с остаточной пористостью в пределах 2 - 6 %, обладающей повышенной твердостью за счет формирования бейнитной структуры без дополнительной термической обработки.

Выводы. Варьирование технологических режимов позволяет управлять этими процессами и добиваться требуемой структуры порошкового материала, обладающего заданным уровнем функциональных свойств. Проведенные исследования показали, что на плотность порошкового материала влияют все технологические параметры ЭКУ. Достижение пористости материала $\sim 1\%$ происходит при следующих режимах ЭКУ: $\tau = 70\text{с}$, $J = 36\text{ МА/м}^2$, $p = 380\text{ МПа}$. Тот факт, что растворение углерода происходит за столь короткий промежуток времени принципиально отличает технологию ЭКУ от спекания в условиях печного нагрева. Связи с этим удешевление и усовершенствование метода порошковой металлургии повышает ее преимущества по сравнению с обычными методами изготовления изделий.

Внедрение технологии порошковой металлургии в промышленность способствует успешному решению сложных задач в проектировании и создании деталей, обладающих абсолютно новыми, прогрессивными свойствами. Существует ряд факторов, которые обуславливают эффективность данного метода, это такие факторы, как: коэффициент использования металла приближен к 100% (отсутствие его потерь при производстве изделий); повышение производительности технологического процесса; снижение энергозатрат; успешное вовлечение вторичного сырья и отходов.

Список литературы

1. Metsler A.A. Wear resistance of powder bronze formed via electroplastic compression Metallurgist. 2007. Т. 51, № 9-10, pp.526-527.
2. Егоров С. Н., Медведев Ю. Ю., Егоров М.С., Егорова И.Ф. Способ изготовления изделий из шихты на основе металлического порошка// Пат. № 2210460 РФ, МПК7 В22Б3/105, 2001. – С.1-4.
3. Косова Е.А., Медведев Ю.Ю., Егоров С.Н., Горшков С.А. Модернизированная установка для электропластического уплотнения металлических порошков//Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки, 2004. № 5. – С. 71-74.
4. Litvinova T.A., Egorov S.N. Dependence of the strength of powder steel formed by electro-contact compaction on iron powder preparation method. Metallurgist. 2018. Т. 61, № 11-12., pp.977-981.

СЕКЦИЯ № 3

РЕВЕРС-ИНЖИНИРИНГ: ОСОБЕННОСТИ И ПРЕИМУЩЕСТВА

УДК 681.5.013

КОНЦЕПЦИЯ СИСТЕМНОГО РЕВЕРС-ИНЖИНИРИНГА В УСЛОВИЯХ КОМПЛЕКСНОГО ЗАМЕЩЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Г.В. Макаров¹, К.В. Тагильцев-Галета², И.Ю. Кольчурина³, С.Ю. Коршунов⁴

¹ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, 654006, Россия,
gmakarov@nicsu.ru

²ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, 654006, Россия,
magister463@gmail.com

³ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, 654006, Россия,
kafmki@yandex.ru

⁴ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, 654006, Россия,
s.korshunov@rt-eg.ru

Аннотация. В условиях различных кризисов, с которыми сталкивается отечественное производство, возникает острая необходимость в организации технологий по производству запчастей и оборудования — реверс-инжиниринга. Но с современным уровнем автоматизации рассматривать объект отдельно от системы управления не имеет смысла. Это приводит к задаче развития совместного реверс-инжиниринга объекта и управляющей системы. В работе рассмотрены несколько существующих способов реализации системного инжиниринга и предложена общая концепция системного реверс-инжиниринга в условиях комплексного замещения производственных технологий

Ключевые слова: реверс-инжиниринг, системы управления, АСУ ТП, моделирование систем

THE CONCEPT OF SYSTEM REVERSE ENGINEERING IN THE CONTEXT OF COMPLEX SUBSTITUTION OF PRODUCTION TECHNOLOGIES

G.V. Makarov¹, K.V. Tagiltsev-Galeta², I.Y. Kolchurina³, S.Y. Korshunov⁴

¹FGBOU VO "Siberian State Industrial University, Novokuznetsk, 654006, Russia, gmakarov@nicsu.ru

²FGBOU VO "Siberian State Industrial University, Novokuznetsk, 654006, Russia, magister463@gmail.com

³FGBOU VO "Siberian State Industrial University, Novokuznetsk, 654006, Russia, kafmki@yandex.ru

⁴FGBOU VO "Siberian State Industrial University, Novokuznetsk, 654006, Russia, s.korshunov@rt-eg.ru

Annotation. In the conditions of various crises faced by domestic production, there is an urgent need for the organization of technologies for the production of spare parts and equipment — reverse engineering. But with the modern level of automation, it makes no sense to consider the object separately from the control system. This leads to the task of developing joint reverse engineering of the object and the control system. The paper considers several existing ways of implementing system engineering and proposes a general concept of system reverse engineering in the conditions of complex substitution of production technologies.

Keywords: reverse engineering, control systems, automated process control systems, system modeling

Современные технологии производства (в том числе массовой продукции) представляют собой комплексы взаимосвязанных процессов производства, транспортировки, переработки и пр., объединенные не только на уровне отдельного региона или области, но нередко и на уровне государств для формирования оптимальных по срокам и стоимости цепочек поставки. Такая форма организации процессов хорошо показывала себя на протяжении последних десятилетий, однако в условиях различных кризисов транспортные цепочки начинают разрушаться, технологическое оборудование остается без запчастей и имеющаяся структура производства также начинает испытывать потребность в модернизации.

Один из путей поддержания функционирования и модернизации производства – это применение технологий реверс-инжиниринга [1]. Реверс-инжиниринг – это процесс дедуктивного изучения имеющегося продукта с целью понимания принципов его работы и производства [2]. Направление реверс-инжиниринга хорошо разработано и активно развивается для конструкторских задач, когда надо воссоздать форму цельного объекта, или нескольких соединенных объектов, с учетом их механических свойств [3]. Иногда к конструкторским задачам добавляется моделирование прочностных и других физических характеристик, для воссоздания всего процесса создания объекта реверс-инжиниринга. Более сложной задачей является реверс-инжиниринг каких-либо процессов в целом, т.е. технологии. Технология включает в себя не только сами агрегаты, но и порядок их соединения, номинальные значения входов и выходов, временные уставки и инженерные расчеты.

В настоящее время за протекание технологического процесса отвечает АСУ ТП, а значит, и рассматривать реверс-инжиниринг детали, агрегата, процесса в отрыве от системы управления не имеет смысла. Поскольку АСУ ТП готовой технологии, которая подвергается реверс-инжинирингу, чаще всего недоступна для непосредственного анализа и представляет собой «черный ящик», это порождает те же самые проблемы, что и при разработке любой АСУ ТП. И в этом случае, следует говорить о таком направлении, как совместный реверс-инжиниринг объекта и системы управления.

В направлении создания АСУ ТП вопросам системного подхода к импортозамещению уделяется недостаточно внимания. В работе [4] отмечается, что АСУ ТП представляет сложный комплекс, включающий технические, программные и алгоритмические составляющие. Если технические и программные решения для замещения иностранных продуктов на рынке представлены, то вопросы замены информационного и алгоритмического обеспечения в рамках реверс-инжиниринга стоят очень остро.

В задаче воссоздания АСУ ТП необходимо говорить о реверс-инжиниринге функций. Поскольку изучить внутреннее наполнение зачастую невозможно, то существуют следующие варианты реализации:

1. Отыскание наиболее подходящего и доступного прототипа.
2. Разработка «с нуля».
3. Отработка на физической модели.
4. Применение принципа «черного ящика».

Первый вариант затруднителен, поскольку большая часть систем поставляется с гарантией и вследствие этого в закрытом виде. Второй вариант имеет значительные минусы, поскольку требуется полное технологическое описание всех процессов, разработка смежных разделов проекта и отладка самой системы. Третий вариант целесообразно использовать при наличии физической модели, или же такой высокой стоимости технологического оборудования и процесса, когда экономически обосновано создание его модели. В этом случае необходимо применение методов не только физической теории подобия [5], но и теории подобия систем управления [6].

Наиболее простым, и зачастую уместным, является четвертый вариант – представление системы в виде черного ящика. В таком случае появляется возможность применения аппарата функциональных зависимостей. На практике функции АСУ ТП принято делить на информационные и управляющие. К информационным относится сбор и обработка сигналов, хранение, отображение и передача информации [7]. Для выполнения этих функций достаточно, в принципе, действующей системы автоматизации управления.

Управляющие функции АСУ ТП отвечают за последовательный запуск и останов оборудования с учетом технологических блокировок, поддержание и управление технологическими параметрами в соответствии с уставками и режимными картами, обработка предаварийных и аварийных ситуаций. Порядок работы и связей агрегатов в этом случае можно восстановить только путем совместного реверс-инжиниринга с технологическим процессом.

Частный случай систем управления – это системы регулирования. Классический метод синтеза системы управления заключается в построении обратной модели объекта для построения квазиоптимального регулятора. В нашем случае, неизвестна ни модели объекта, ни модель системы. Таким образом можно только рассматривать всю систему регулирования (включая объект) как черный ящик.

На рис. 1 представлена структура типовой системы управления.



Рис. 1 – Структура типовой системы управления

На рис.1 показаны прямые и обратные связи объекта управления и управляющей системы, которые влияют на функционирование и параметры системы в целом. Существует несколько методов определения характеристики УС, воспользуемся самым элементарным [8]. В соответствии с концепцией Ротаца оптимальная функция УС обратна функции ОУ, а значит, вся функция системы при таком подходе зависит только от адекватности модели объекта управления.

В работе [8] приводится «парадокс», суть которого заключается в следующем: свойства объекта зависят от системы управления, следовательно для построения модели объекта управления надо знать модель системы, а для построения системы управления необходимо знать модель объекта. Автор в качестве выхода предлагает вариант итерационного построения системы управления, что практически невозможно сделать в действующих установках.

Возможным решением такого парадокса является совместный синтез ОУ и УС. В случае же реверс-инжиниринга аналогичное решение – моделирование имеющегося продукта сразу с управляющей системой. Это позволит не только восстановить работоспособность оборудования, но и решить задачу импортозамещения высокотехнологичных продуктов.

Как показывает производственный опыт, алгоритмы регулирования в зарубежных системах представлены, в основном, простейшими ПИД-законами или даже двухпозиционными регуляторами. Известно, что область их эффективного применения хоть и довольно широка, но не позволяет говорить об их абсолютной эффективности во всех условиях. В таком случае, во многих системах более уместно использовать системы с прогнозирующими моделями [9], с управлением с рециклом [10], восстановительно-прогнозирующее регулирование [12] и другие способы и методы управления, разработанные в том числе отечественными учеными.

Таким образом, наиболее эффективным методом реверс-инжиниринга систем является не восстановление заложенных в импортную систему алгоритмов управления, а создание новых на основе существующей исходной информации с подтверждением их эффективности. Для этого подходит вариант проведения натурно-модельных испытаний в параллельном контуре. Это позволит повысить эффективность создаваемых систем и решить вопрос системного реверс-инжиниринга объекта и управляющей системы.

Список литературы

1. Новости — Правительство России. Заседание Правительственной комиссии по импортозамещению: офиц. сайт. - URL: <http://www.government.ru/news/22797/> (дата обращения 12.04.2023)

2. Reverse engineering Definition & Meaning – Merriam-Webster Dictionary: official site. URL: <https://www.merriam-webster.com/dictionary/reverse%20engineering> (дата обращения 12.04.2023)
3. Зеленин, А. Реверс-инжиниринг - прямое копирование изделия или создание с "нуля" / А. Зеленин // Горная промышленность. – 2019. – № 1(143). – С. 82.
4. Макаров Г.В. Системные аспекты замещения интеллектуальных, программных и технических средств управления / Макаров Г.В., Мышляев Л.П., Чинахов Д.А., Ивушкин К.А. // *Металлургия : технологии, инновации, качество : труды XXIII Международной научно-практической конференции. В 2 частях. Часть 2 / под общ. ред. А.Б. Юрьева, Сиб. гос. индустр. ун-т. – Новокузнецк : Изд. центр СибГИУ, 2022. – 410 с. : ил.*
5. Янчушка, А. П. Применение теории подобия для моделирования процессов в нефтегазовом деле : Учебно-методическое пособие к практическим занятиям по курсу "Математическое моделирование в задачах нефтегазовой отрасли" / А. П. Янчушка, А. В. Колчин. – Уфа : Уфимский государственный нефтяной технический университет, 2014. – 31 с.
6. Мышляев Л.П. Подобие систем в задачах управления / Л. П. Мышляев, В. Ф. Евтушенко, К. А. Ивушкин [и др.] // *Вестник Сибирского государственного индустриального университета. – 2012. – № 2. – С. 41-43. – EDN QJHUAH.*
7. Прохоренков А.М., Сабунов И.В. Решение задач энергосбережения теплоэнергетических предприятий на базе информационных технологий // *Современные наукоемкие технологии. – 2004. – № 5. – С. 87-89;*
8. Ротач, В. Я. Теория автоматического управления : учеб. для студентов вузов / В. Я. Ротач ; В. Я. Ротач. – 2-е изд., перераб. и доп.. – Москва : Изд-во МЭИ, 2004. – 399 с. – ISBN 5-7046-0924-4.
9. Richalet J., O'Donovan D. Predictive functional control: principles and industrial applications. – Springer Science & Business Media, 2009.
10. Мышляев Л.П., Ивушкин А.А., Венгер К.Г., Киселев С.Ф., Циряпкина А.В., Березин Д.Г., Чичиндаев М.Г. Барагичев К.Е Система регулирования объекта с рециклом // *Бюллетень евразийского патентного ведомства 021192 В1, № 2011130360/08.*
11. Авдеев В.П. О восстановительно-прогнозирующем регулировании технологических процессов / Авдеев В.П., Мышляев Л.П., Соловьев В.И. // *Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. 1978. № 10. С. 165.*

УДК 629.7.012

СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ РЕКОНСТРУКЦИИ ПОВЕРХНОСТИ В ЗАДАЧАХ ОБРАТНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

А.В. Рипецкий¹, К.С. Коробов²

¹Московский Авиационный Институт (Национальный исследовательский университет),
г. Москва, 125993, Россия, a.ripetskiy@mail.ru

²Московский Авиационный Институт (Национальный исследовательский университет),
г. Москва, 125993, Россия, korobovks@mail.ru

Аннотация. Обратный инжиниринг и быстрое прототипирование стали незаменимыми инструментами в современном производстве, product design-е и исследованиях. Преобразование данных облаков точек в пригодные к использованию 3D модели – критически важный шаг в этих областях. Разработано несколько алгоритмов, каждый со своими метриками и ограничениями, по созданию (реконструкции) поверхности для выполнения этого критически важного шага. Это исследование направлено на анализ и рекомендации к использованию трёх широко используемых методов реконструкции поверхности: альфа-фигуры[11], шаровая привязка[9], реконструкция Пуассона[10]. Анализ будет сосредоточен на их точности, эффективности и надёжности с точки зрения применимости в практических областях.

Ключевые слова: реконструкция поверхности, обратный инжиниринг, облако точек, полигональная сетка.

COMPARATIVE ANALYSIS OF SURFACE RECONSTRUCTION ALGORITHMS FOR REVERSE ENGINEERING AND RAPID PROTOTYPING

A.V. Ripetsky¹, K.S. Korobov²

¹Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow, 125993, Russia, a.ripetskiy@mail.ru

²Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow, 125993, Russia, korobovks@mai.ru

Abstract. Reverse engineering and rapid prototyping have become indispensable tools in modern manufacturing, product design, and research. The conversion of point cloud data to a usable 3D model is a critical step in these processes. Several surface reconstruction algorithms have been developed to address this challenge, each with its own merits and limitations. This study aims to provide a comprehensive comparison of three widely used surface reconstruction algorithms: Ball Pivoting, Poisson Surface Reconstruction. The analysis will focus on their accuracy, efficiency, and robustness when applied to various types of point cloud data.

Keywords: surface reconstruction, reverse engineering, point cloud, polygonal meshes, mesh accuracy.

Постановка проблемы. Обратный инжиниринг включает в себя получение геометрической информации из существующих объектов и её использование для создания новых или модифицированных изделий. Быстрое прототипирование позволяет в короткие сроки итерировать и проверять будущие изделия путем создания физических прототипов. Оба процесса в значительной степени зависят от точности преобразования облаков точек, обычно получаемых с помощью 3D-сканирования, в пригодную для использования 3D-модель. Это преобразование включает в себя процесс реконструкции поверхности, который влечет за собой обработку точек и построение непрерывной поверхности, которая аппроксимирует базовую геометрию сканируемого объекта по дискретному набору обработанных точек.

Несмотря на то, что было разработано несколько алгоритмов реконструкции поверхности и существуют работы на эту тематику [1,2], отсутствуют всесторонние исследования, сравнивающие их эффективность и поведение в различных сценариях и приложениях. Это мешает специалистам сосредоточенным на экспериментальных областях науки, прикладных аспектах производства выбрать наиболее подходящий метод для конкретных задач обратного проектирования, которые возникают в современном производстве и сегодняшних реалиях всё чаще и чаще.

Следовательно, проблема, на решение которой направлено это исследование, заключается в идентификации и оценке наиболее эффективного и точного алгоритма реконструкции поверхности для различных типов данных облаков точек в различных приложениях обратного проектирования.

Методология. Кратко будут описаны структуры полигональных сеток и облаков точек, которые являются основными входными и выходными данными рассматриваемых алгоритмов реконструкции поверхности. Понимание базовых структур данных необходимо для оценки производительности алгоритмов и интерпретации полученных результатов.

Облака точек. Так называемые облака точек представляют собой кластер или кластеры точек в трёхмерном пространстве, образующие поверхность какого-либо объекта (рис. 1а). Каждая точка имеет набор координат (x, y, z) , которые определяют её положение.



Рис. 1 - Облака точек.

а) Облако точек с RGB закодированным положением; б) Облако точек с нормальями

Положение может быть закодировано цветовым кодом *RGB*, чтобы объединить информацию о положении и цвете для каждой точки в облаке, значения цвета *RGB* обычно сопоставляются с цветовыми каналами координат *XYZ*. Например, красное значение может быть сопоставлено с координатой *X*, зелёное значение может быть сопоставлено с координатой *Y*, а синее – с координатой *Z*. Такое преобразование может сократить размерность данных (*dimensional reduction*). Можно использовать обратное преобразование, чтобы при необходимости извлечь информацию о цвете из координат *XYZ*. Облака точек также могут включать дополнительные атрибуты, такие как цвет, интенсивность и векторы нормалей (рисунок 1б), в зависимости от используемого метода сканирования [3].

Полигональные стеки. Полигональная сетка – это геометрическое представление трехмерного объекта, состоящее из вершин, ребер и граней (рисунок 2). Вершины – это точки в трехмерном пространстве, ребра – прямые линии, соединяющие пары вершин, а грани – плоские многоугольники, заключенные в петлю из рёбер [4]. В большинстве случаев грани представляют собой треугольники, которые могут аппроксимировать любую произвольную поверхность с желаемым уровнем детализации. Треугольная форма патчка, так называют фигуру образующих единичную грант, выбрана именно такой поскольку это наиболее эффективно с точки зрения компьютерных вычислений. Сетка описывает форму и топологию объекта, обеспечивая непрерывное представление поверхности, которое можно передать в другую программу, например САМ для изготовления на ЧПУ станке, или же для расчёта на прочность в САЕ системе, вроде APM FEM.

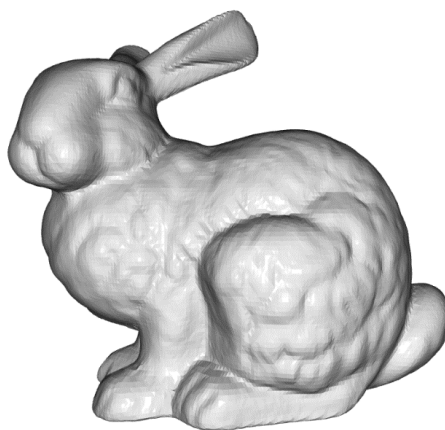


Рис. 1 - Полигональная сетка

Обработка данных. Прежде чем применять алгоритмы реконструкции поверхности входные данные должны быть обработаны, поскольку не все методы реконструкции могут правильно интерпретировать зашумления, что выразиться в артефактах на конечной поверхности. Основные задачи первичной обработки данных включают в себя удаление шума, обнаружение выбросов и оценку нормалей. Решение этих задач помогает улучшить качество входных данных, что в конечном итоге повышает производительность алгоритмов реконструкции поверхности и качество созданной сетки.

1. Удаление шума. Шум в данных облаков точек обычно вызван ошибками или неточностями в процессе сбора данных, такими как погрешность сенсора, окклюзия или различная плотность выборки [5]. Одним из распространенных методов удаления шума является применения сглаживающего фильтра, такого как метод наименьших квадратов (МНК) [6], который восстанавливает гладкую поверхности вокруг каждой точки на основе локального соседства. Другим популярным подходом является использование билатерального фильтра, который учитывает как пространственную близость, так и сходство интенсивности, чтобы сохранить резкие черты при сглаживании зашумлённых областей [7].

2. Обнаружение выбросов. Выбросы – это точки в облаке точек, которые значительно отклоняются от нижележащей («основной») поверхности, часто вызванные ошибками в

процессе сбора данных или наличием нежелательных объектов в сцене. Одним из распространенных методов обнаружения выбросов является алгоритм удаления статистических выбросов (SOR) [5], который вычисляет среднее расстояние между каждой точкой и соседними точками и удаляет точки, расстояние которых превышает заданный порог. Другим подходом является метод удаления выбросов по радиусу (ROR), который удаляет точки с меньшим количеством соседей, чем заданное, в пределах заданного радиуса [5].

3. Оценка нормалей. Нормали поверхности предоставляют важную информацию о локальной геометрии и ориентации поверхности и часто требуются в качестве входных данных для алгоритмов реконструкции поверхности. Одним из широко используемых методов проверки нормалей является метод анализа основных компонентов (PCA) [8], который вычисляет собственные векторы ковариационной матрицы, образованной точками в локальной окрестности, и использует наименьший собственный вектор в качестве направления нормали.

Применяя эти алгоритмы на этапе первичной обработки данных (точек), качество выходных входных данных облаков точек может быть существенно улучшено, это приводит к улучшению работы алгоритмов реконструкции поверхности.

Алгоритмы реконструкции поверхности. В этом исследовании применяются три широко используемых алгоритма реконструкции поверхности: шаровая привязка, реконструкция поверхности Пуассона и альфа-фигуры. Каждый алгоритм будет подробно описан и будут изложены их основные принципы.

1. Алгоритм шаровой привязки (*BPA – Ball pivoting algorithm*). Основная идея ВРА состоит в том, чтобы катить шарик радиуса r вокруг точек в облаке и генерировать треугольники всякий раз, когда шарик касается трех не лежащих на одной прямой точек [9]. Мяч вращается вокруг каждого края, образуя новые треугольники, при перемещении, и в конечном итоге покрывает всю поверхность. ВРА особенно эффективен при восстановлении гладких поверхностей и имеет то преимущество, что создает закрытую (*watertight*) сетку. Однако при столкновении с зашумленными данными или острыми гранями будущей поверхности результат генерации будет неудовлетворительный. Математически критерий касания шаром радиуса r трех точек p, q и s можно определить следующим образом:

Пусть d это евклидово расстояние между двумя точками, тогда:

$$d(p, s)^2 + d(q, s)^2 - d(p, q)^2 = 4r^2$$

2. Реконструкция поверхности Пуассона (PSR) —метод реконструкции поверхности, основанный на решении уравнения Пуассона [10]. Алгоритм оценивает непрерывное скалярное поле из входного облака точек и его нормалей, а затем извлекает набор нулевого уровня скалярного поля в качестве восстановленной поверхности. PSR имеет несколько преимуществ, в том числе возможность обрабатывать зашумленные данные и реконструировать острые углы. Однако для этого может нужно больше памяти и вычислительных ресурсов (по сравнению с другими методами). Уравнение Пуассона [10] можно привести к дискретному виду с помощью методов конечных разностей.

Пусть Δx - шаг сетки, тогда дискретизированное уравнение Пуассона можно записать в виде:

$$\begin{aligned} & \frac{(\phi(x + \Delta x, y, z) - 2\phi(x, y, z) + \phi(x - \Delta x, y, z))}{\Delta x^2} \\ & + \frac{(\phi(x, y + \Delta y, z) - 2\phi(x, y, z) + \phi(x, y - \Delta y, z))}{\Delta y^2} \\ & + \frac{(\phi(x, y, z + \Delta z) - 2\phi(x, y, z) + \phi(x, y, z - \Delta z))}{\Delta z^2} = \delta(x, y, z) \end{aligned}$$

3. Альфа-формы — это метод реконструкции поверхности, который обобщает концепцию выпуклой оболочки, позволяя реконструировать как выпуклые, так и вогнутые поверхности [11]. Алгоритм начинается с построения триангуляции Делоне входного облака точек, а затем отфильтровывает треугольники, принадлежащие альфа-комплексу, на основе заданного пользователем параметра (α). Алгоритм может создавать водонепроницаемую сетку и обрабатывать сложные углы. Однако выбор альфа-параметра может существенно повлиять на качество реконструируемой поверхности.

Математически радиус R описанной окружности треугольника с вершинами p, q и r можно вычислить по следующей формуле:

$$R = \frac{(d(p, q) \cdot d(p, r) \cdot d(q, r))}{(4 \cdot A(p, q, r))}$$

Здесь $d(p, q)$ — евклидово расстояние между точками p и q , — $A(p, q, r)$ — площадь треугольника (p, q, r) . Треугольник (p, q, r) принадлежит альфа-комплексу, если $R \leq \alpha$.

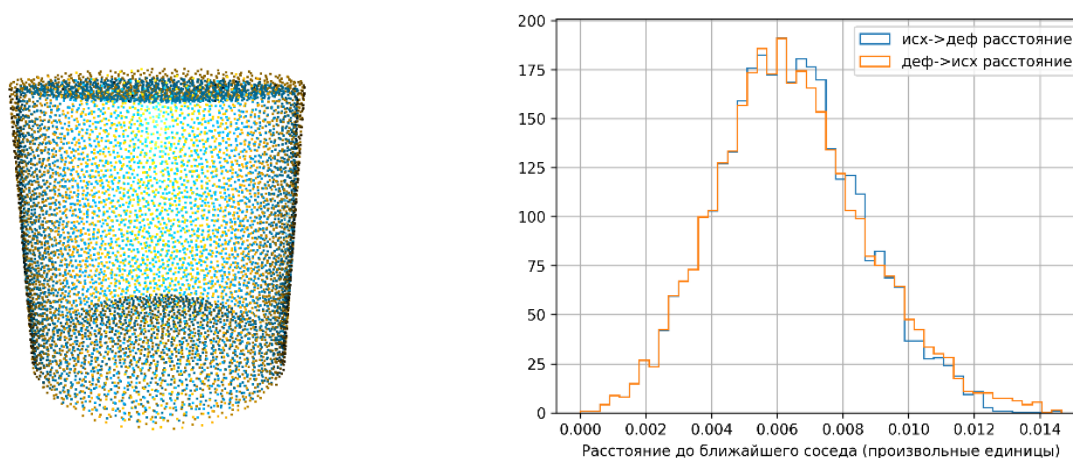


Рис. 3 - Расхождение исходных облаков

Выводы. В этом исследовании использовался набор данных, представляющий собой цилиндр и его деформированную версию. Мы провели дискретизацию исходного набора данных используя метод дискретизации Пуассона, получив 5000 точек из каждой сетки. На рисунке представлены два облака точек и график отклонений от каждой из точек в исходном облаке и деформированном, и наоборот. После рассмотрения исходных данных (рисунок с 3D визуализацией). Была начата реконструкция поверхности.

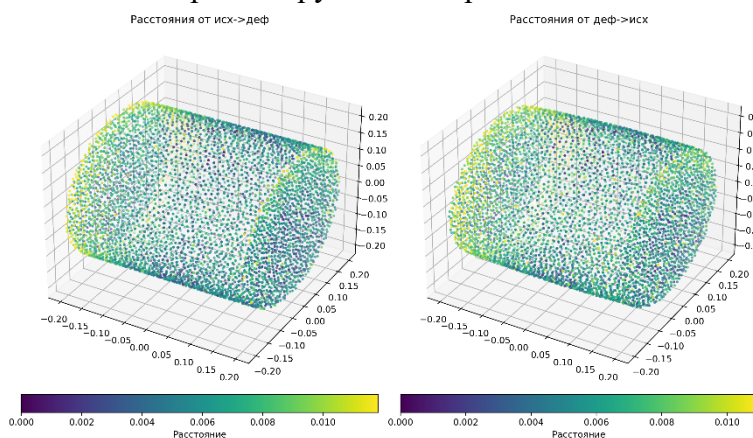


Рис. 4 - Сравнительная визуализация искажённого облака и исходным и обратная

Затем мы сосредоточились на реконструкции поверхности с помощью альфа-фигур. Алгоритм тестировался с различными параметрами в диапазоне от 0,1 до 1. Наилучшие

результаты были получены на третьем-четвертом шаге, где реконструированная поверхность обеспечивала визуально точное представление исходной сетки (рис. 5).

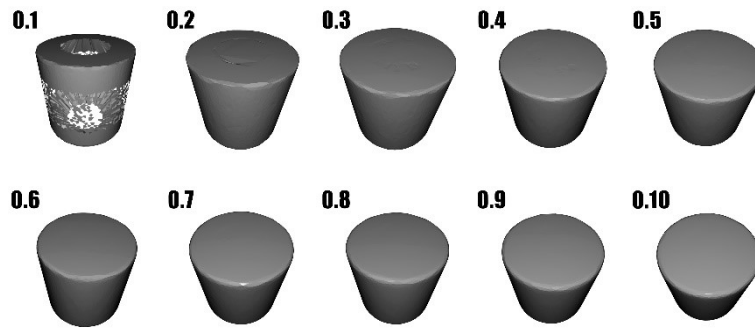


Рис. 5 - Результаты работы алгоритма альфа-формы

Мы рассчитали расстояния Хаусдорфа, Модифицированного Хаусдорфа и Чамфера с помощью КД-деревьев [12]. Расстояние Хаусдорфа (пессимистическая оценка) было рассчитано как максимальное расстояние до ближайших соседей между двумя облаками точек:

$$d_H(X, Y) = \max\{\sup_{x \in X} d(x, Y), \sup_{y \in Y} d(X, y)\}$$

Для сгенерированных данных:

$$d_{H(X,Y)} = 0.0187$$

Модифицированное расстояние Хаусдорфа использует сумму среднего минимального расстояния между двумя наборами точек. Обеспечивает более реалистичный сценарий и менее подвержен выбросам:

$$d_H^{mod} = 0.0064$$

Наконец, расстояние фаски использует минимальное расстояние между двумя наборами точек (оптимистическая оценка). Для каждой точки в каждом облаке функция находит ближайшую точку в другом наборе точек и суммирует квадрат расстояний:

$$CD(S_1, S_2) = \frac{1}{|S_1|} \sum_{x \in S_1} \min_{y \in S_2} \|x - y\|_2^2 + \frac{1}{|S_2|} \sum_{y \in S_2} \min_{x \in S_1} \|x - y\|_2^2$$

$$CD = 9.25 \cdot 10^{-5}$$

В этом исследовании мы также создали поверхности, используя алгоритмы реконструкции поверхности Пуассона и алгоритмы шаровой привязки в дополнение к методу альфа-форм. Несмотря на то, что альфа-формы обеспечивают удовлетворительное представление поверхности ($d_{H(X,Y)_B} > d_{H(X,Y)_\alpha} > d_H(X, Y)_P$) для практических задач, важно учитывать специфические требования реконструируемой сетки.

При работе с критическими сетками, где важно точное представление резких элементов, рекомендуется использовать реконструкцию поверхности Пуассона. Несмотря на более длительное время вычислений, реконструкция поверхности Пуассона имеет то преимущество, что сохраняет четкие элементы и обеспечивает более точное представление поверхности по сравнению с альфа-формами и шаровой привязкой. С другой стороны, *Ball Pivoting* является подходящим выбором для наборов данных с равномерной плотностью точек и когда требуется баланс между временем вычислений и точностью поверхности. В заключение следует сказать, что выбор алгоритма реконструкции поверхности должен основываться на конкретных требованиях решаемой задачи. Альфа-форм может быть достаточно для многих практических приложений, но в случаях, когда сохранение четких элементов имеет решающее значение, реконструкция поверхности Пуассона является более подходящим выбором.

Работа выполнена при финансовой поддержке государственного проекта Министерства науки и высшего образования FSFF-2023-0004.

Список литературы

1. Kazhdan, M., Bolitho, M., & Hoppe, H. (2006). Poisson surface reconstruction. In Proceedings of the fourth Eurographics symposium on Geometry processing (Vol. 7, pp. 61-70).
2. Mencl R., Muller H. Interpolation and approximation of surfaces from three-dimensional scattered data points //Scientific Visualization Conference (dagstuhl'97). – IEEE, 1997. – С. 223-223.
3. Rusu R. B., Cousins S. 3d is here: Point cloud library (pcl) //2011 IEEE international conference on robotics and automation. – IEEE, 2011. – С. 1-4.
4. Botsch M. et al. Polygon mesh processing. – CRC press, 2010.
5. Rusu R. B., Cousins S. 3d is here: Point cloud library (pcl) //2011 IEEE international conference on robotics and automation. – IEEE, 2011. – С. 1-4.
- A. Levin S. Prestack poststack 3D multiple prediction //65th EAGE Conference and Exhibition-Workshops. – EAGE Publications BV, 2003. – С. cp-141-00034.
6. Ludwig H. G. et al. The CIFIST 3D model atmosphere grid //arXiv preprint arXiv:0908.4496. – 2009.
7. Hoppe H. et al. Surface reconstruction from unorganized points //Proceedings of the 19th annual conference on computer graphics and interactive techniques. – 1992. – С. 71-78.
8. Bernardini F. et al. The ball-pivoting algorithm for surface reconstruction //IEEE transactions on visualization and computer graphics. – 1999. – Т. 5. – №. 4. – С. 349-359.
9. Kazhdan M., Bolitho M., Hoppe H. Poisson surface reconstruction //Proceedings of the fourth Eurographics symposium on Geometry processing. – 2006. – Т. 7. – С. 0.
10. Edelsbrunner H., Mücke E. P. Three-dimensional alpha shapes //ACM Transactions On Graphics (TOG). – 1994. – Т. 13. – №. 1. – С. 43-72.
11. Python, Scipy KDTree. <https://docs.scipy.org/doc/scipy/reference/generated/scipy.spatial.KDTree.html>

УДК 621.824.32

МЕТОДЫ СНЯТИЯ РАЗМЕРОВ С КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ

А.А. Керимов¹, А.Ю. Тараховский²

¹ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, 299053, Российская Федерация, abdgemil@mail.ru

²ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, 299053, Российская Федерация, aytarakhovskiy@mail.sevsu.ru

Аннотация. Коленчатый вал является одной из ключевых деталей двигателя, которая играет важную роль в его работе. Однако, размеры коленчатого вала могут изменяться в результате износа, деформации и других факторов. Поэтому необходимо регулярно производить контроль размеров коленчатого вала и при необходимости снимать их, чтобы обеспечить точную настройку и ремонт двигателей и других механизмов, а также гарантировать их долговечность. Снятие размеров с коленчатых валов является важной задачей для обслуживания и ремонта двигателей. Существует несколько методов, которые можно использовать для определения размеров коленчатого вала. В этой статье будут рассмотрены основные методы измерения размеров коленчатых валов, а также их преимущества и недостатки.

Ключевые слова: методы измерения, размеры, коленчатый вал, индикатор, микрометр, КИМ, лазерная технология, точность, долговечность, настройка, ремонт.

METHODS OF MEASURING CRANKSHAFTS

A.A. Kerimov¹, A.Yu Tarakhovskiy²

¹FSAEI HE «Sevastopol State University», Sevastopol, 299053, Russian Federation, abdgemil@mail.ru

²FSAEI HE «Sevastopol State University», Sevastopol, 299053, Russian Federation, aytarakhovskiy@mail.sevsu.ru

Abstract. The crankshaft is one of the key parts of the engine, which plays an important role in its operation. However, the dimensions of the crankshaft may change as a result of wear, deformation and other factors. Therefore, it is necessary to regularly monitor the dimensions of the crankshaft and, if necessary, remove them to ensure accurate adjustment and repair of engines and other mechanisms, as well as to guarantee their durability. Dimensioning the crankshafts is an important task for engine maintenance and repair. There are several methods that can be used to

determine the dimensions of the crankshaft. This article will discuss the main methods of measuring the dimensions of crankshafts, as well as their advantages and disadvantages.

Keywords: measuring methods, dimensions, crankshaft, indicator, micrometer, CMM, laser technology, accuracy, durability, adjustment, repair

Постановка проблемы. Коленчатый вал является одной из ключевых деталей двигателя, которая играет важную роль в его работе. Он преобразует линейное движение поршней во вращательное движение колеса, что обеспечивает движение автомобиля. Кроме того, коленчатый вал также является ответственным за поддержание правильной работы двигателя, так как от его размеров зависит мощность и скорость вращения двигателя.

Однако, размеры коленчатого вала могут изменяться в результате износа, деформации и других факторов. Поэтому необходимо регулярно производить контроль размеров коленчатого вала и при необходимости снимать их, чтобы обеспечить точную настройку и ремонт двигателей и других механизмов, а также гарантировать их долговечность.

Изложение основного материала.

Основные конструктивные элементы коленчатого вала – коренные и шатунные шейки, передний хвостовик вала (посадочные поверхности под шкивы и шестерню, шпоночные канавки, резьба под гайку), задний фланец вала (посадка под маховик, отверстия под болты его крепления и од подшипник ведущего вала коробки передач) (рис. 1).

Требования к точности размеров: в пределах квалитетов IT4-IT5 для шеек валов и квалитетов IT6-IT7 для остальных конструктивных элементов. Отклонения формы и расположения не должны выходить за пределы поля допуска 5-го квалитета. Отклонения радиуса кривошипа не должны превышать значения $\pm 0,05$ мм. Шероховатость поверхностей шеек не грубее $Ra=0,32$ мкм. Коленчатые валы должны быть динамически сбалансированы.

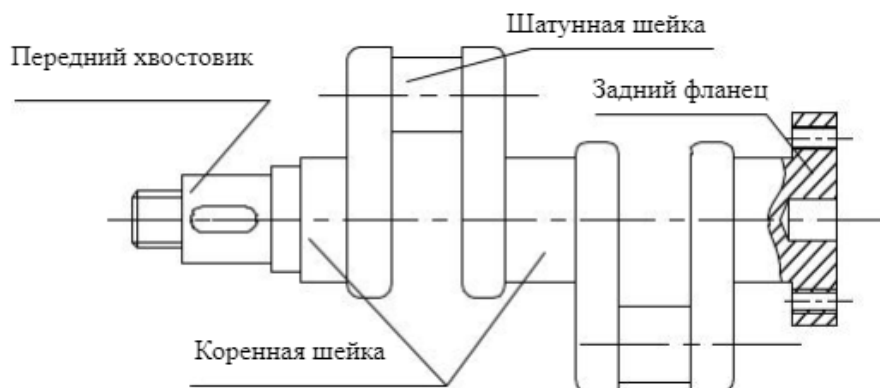


Рис. 1 - Основные конструктивные элементы коленчатого вала

В процессе работы на коленчатый вал воздействуют силы трения, вибрация, знакопеременные нагрузки, среда и др. Это вызывает появление:

- износа шеек ($\Delta_{изн}$ до 0,1 мм, $\Delta_{нецил}$ до 0,08 мм и более);
- нарушения качества поверхности шеек (задиры, риски, коррозия);
- механические повреждения (трещины, срывы резьб, замятие шпоночных канавок);
- износ поверхностей, воспринимающих усилие в осевом направлении (проточки под упорные полукольца);
- износ посадочных поверхностей под маховик, шкивы, подшипник первичного вала коробки передач;
- нарушение качества (износ) поверхностей под сальниковые уплотнения;
- отклонение расположения шеек: изгиб, скручивание коленчатого вала ($\Delta_{бienia}$ до 0,15 мм и более).

Износ шеек и посадочных поверхностей вала контролируется с помощью микрометров с ценой деления 0,001 и 0,01 мм. Поскольку износ шеек коленчатого вала неравномерный, то их диаметр необходимо контролировать в двух взаимно перпендикулярных плоскостях (рис. 2).

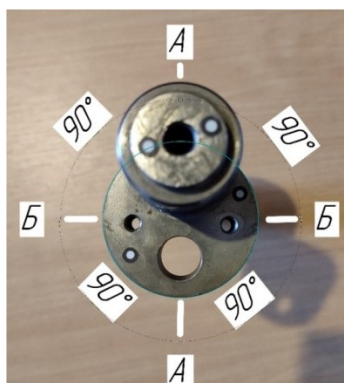


Рис. 2 - Схема измерения шеек коленчатого вала Основные методы

Методы измерения размеров коленчатых валов могут различаться в зависимости от технических характеристик и требований производства. Ниже перечислены основные методы измерения размеров коленчатых валов:

1. Измерение размеров с помощью микрометра (рис.3): микрометр является наиболее распространенным инструментом для измерения размеров коленчатых валов. Он позволяет измерять диаметр коленчатого вала с точностью до 0,001 мм. Для измерения диаметра используется наружный микрометр, который имеет две подвижные челюсти. Для использования микрометра необходимо установить коленчатый вал на подходящую поверхность и аккуратно измерить его диаметр, прижимая челюсти микрометра к поверхности детали и считывая показания с шкалы микрометра. После измерения необходимо проанализировать полученные данные и сравнить их с заданными параметрами детали. Если размеры соответствуют заданным параметрам, то коленчатый вал можно считать готовым для использования, если же размеры не соответствуют параметрам, то деталь нужно переделать или заменить.

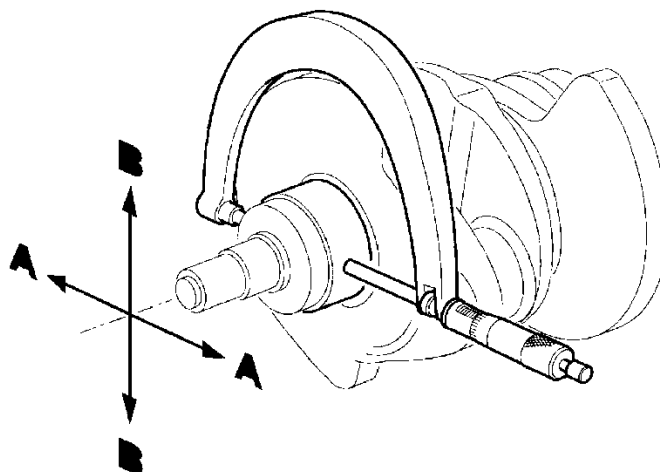


Рис. 3 - Измерение размеров с помощью микрометра

2. Измерение размеров с помощью индикатора (рис.4): индикатор является инструментом для измерения радиального зазора между коленчатым валом и подшипником. Он позволяет измерять размеры с точностью до 0,01 мм. Для измерения используется циферблатный индикатор, который показывает изменения в зазоре между коленчатым валом и подшипником. Для измерения необходимо установить индикатор на определенном расстоянии от поверхности коленчатого вала и производить измерения, двигая вал по окружности.

Индикатор представляет собой прибор со стрелкой, которая указывает на изменения расстояния до поверхности вала. Для точного измерения необходимо соблюдать определенные условия, такие как равномерное движение вала и минимальная погрешность при установке индикатора. Одним из основных преимуществ этого метода является простота его использования, а также возможность измерения размеров вала без его демонтажа. Однако, при использовании данного метода может возникнуть проблема измерения круглости вала и возможность возникновения погрешности при измерении размеров.

3. Измерение размеров с помощью сканера: сканеры являются современным методом для измерения размеров коленчатых валов. Для измерения размеров с помощью сканера необходимо установить коленчатый вал в специальном устройстве и привести его в движение. Лазерный сканер затем сканирует поверхность вала, создавая точный 3D-образец его формы и размеров. С помощью специальных программных средств, эта информация может быть использована для определения диаметра, формы поверхности и других параметров коленчатого вала. Сканер позволяет получать высокоточные измерения с точностью до 0,001 мм, что делает его незаменимым инструментом для работы с крупными и сложными деталями. Он также может быть использован для измерения формы поверхности, что позволяет определить наличие деформаций и повреждений. Однако, необходимо учитывать, что использование сканера для измерения размеров коленчатого вала может быть более затратным по сравнению с другими методами измерений, требует специального оборудования и квалифицированных специалистов для работы с ним.

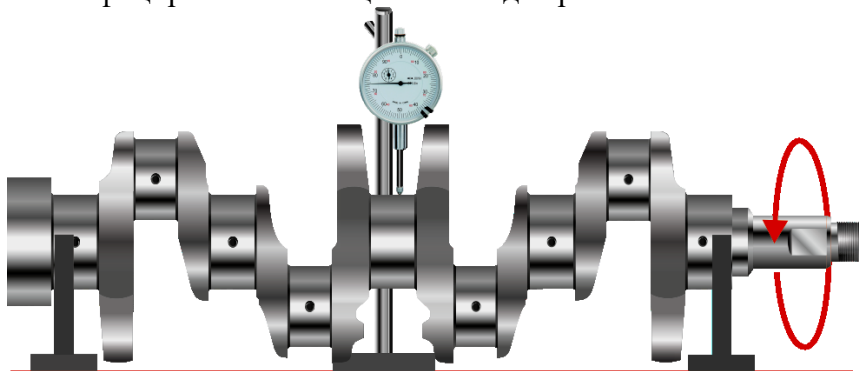


Рис. 3 - Измерение размеров с помощью индикатора

4. Измерение размеров с помощью ультразвуковой дефектоскопии: этот метод использует ультразвуковые волны для определения размеров коленчатого вала и наличия дефектов в его структуре. Ультразвуковой дефектоскоп позволяет измерять толщину стенок, диаметр и глубину трещин с высокой точностью. Однако, данный метод обладает некоторыми ограничениями, так как его применение ограничено определенными типами дефектов.

Заключение

Таким образом, выбор метода измерения размеров коленчатого вала зависит от требуемой точности измерения, доступности инструментов и условий, в которых проводится измерение. Некоторые методы, такие как микрометр и индикатор, могут быть использованы при условии, что поверхность коленчатого вала достаточно ровная и гладкая. Более современные методы, такие как сканеры и ультразвуковая дефектоскопия, позволяют получать более точные результаты и могут быть использованы для обнаружения дефектов в структуре коленчатого вала. Какой бы метод измерения не был выбран, он должен быть проведен квалифицированным специалистом с соответствующим оборудованием.

Выводы. Таким образом, выбор метода измерения размеров коленчатого вала зависит от требуемой точности измерения, доступности измерительных устройств.

Список литературы

1. Тюшевская О.Ю. Метрология, обратный инжиниринг и контроль // Мир измерений. – 2022. – №3. – С. 54-57.
2. ГОСТ 24016-80 Машины литейные. Общие требования к методам и средствам контроля точности.
3. Тараховский, А. Ю. Реверс-инжиниринг коленчатого вала компрессора / А. Ю. Тараховский, И. А. Смирнов // Транспортное, горное и строительное машиностроение: наука и производство. – 2023. – № 18. – С. 91-97. – DOI 10.26160/2658-3305-2023-18-91-97.
4. Бутакова Е.Р. Проектирование в машиностроении с помощью обратного инжиниринга // Машины, агрегаты и процессы. Проектирование, создание и модернизация: Материалы международной научно-практической конференции. - СПб.: НИЦ МС, 2019. - №2. - С. 14-16. -. DOI: 10.26160/2587-7577-2019-2-14-16.
5. Терехов М.В., Севостьянов Д.М. Использование реверс-инжиниринга в условиях импортозамещения товаров // Автоматизация и моделирование в проектировании и управлении: Сборник научных статей Всероссийской конференции. - Брянск: Брянский государственный технический университет, 2022. - С. 137-143.
6. Нечкин А.С., Ершова И.В. Обратный инжиниринг как способ решения проблемы импортозамещения в авиастроении // Технические науки: проблемы и решения: Сборник статей по материалам LXI международной научно-практической конференции. - М.: ООО "Интернаука", 2022. - Т. 6(56). - С. 34-42. EDN:
7. Тараховский, А. Ю. Трехмерное моделирование объекта на основе данных лазерного 3D сканирования / А. Ю. Тараховский // Автоматизированное проектирование в машиностроении. – 2023. – № 14. – С. 16-19. – DOI 10.26160/2309-8864-2023-14-16-19.
8. Методы проектирования и оценки усталостной прочности коленчатых валов (материалы Конгресса СИМАС-2016) // Двигателестроение. - 2019. - №3(277). - С. 40-53.

УДК 621.824.32

ВНЕДРЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ «РЕВЕРС ИНЖИНИРИНГ» В УЧЕБНЫЙ ПРОЦЕСС СТУДЕНТОВ ИНЖЕНЕРНОЙ ПОДГОТОВКИ

А.Ю. Тараховский¹, А.А. Тараховский²

¹ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, 299053, Российская Федерация, aytarakhovskiy@mail.sevsu.ru

² ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, 299053, Российская Федерация, tartolik@rambler.ru

Аннотация. В данной статье рассматривается проблема обучения реверс-инжинирингу студентов технических специальностей. Рассмотрены основные причины использования реверс-инжиниринга. Определены цели и задачи обучения. В статье рассматривается методика 3D-сканирования объектов в задачах реверс-инжиниринга. Приведены рекомендации по оптимальному 3D-сканированию разнотипных объектов при помощи оптического 3D-сканера Scanform L5. Рассмотрена методика создания твердотельной модели от сканирования, «лечения» в специализированном ПО и подготовки «Меша» до построения твердотельной модели.

Ключевые слова: реверс-инжиниринг, конструкторская документация, 3D-сканирование, 3D-моделирование, прототип изделия, формирование профессиональных компетенций.

INTRODUCTION OF THE DISCIPLINE "REVERSE ENGINEERING" IN THE EDUCATIONAL PROCESS OF ENGINEERING STUDENTS

A.Yu. Tarakhovskiy¹, A. A. Tarakhovskiy²

¹ FSAEI HE «Sevastopol State University», Sevastopol, 299053, Russian Federation, aytarakhovskiy@mail.sevsu.ru

² FSAEI HE «Sevastopol State University», Sevastopol, 299053, Russian Federation, tartolik@rambler.ru

Abstract. *This article discusses the problem of teaching reverse engineering to students of technical specialties. The main reasons for the use of reverse engineering are considered. The goals and objectives of training are defined. The article discusses the technique of 3D scanning of objects in the tasks of reverse engineering. Recommendations for optimal 3D scanning of different types of objects using the Scanform L5 optical 3D scanner are given. The technique of creating a solid-state model from scanning, "treatment" in specialized software and preparation of a "Mesh" to the construction of a solid-state model is considered.*

Keywords: *reverse engineering, design documentation, 3D scanning, 3D modeling, product prototype, formation of professional competencies.*

Постановка проблемы.

Реверс-инжиниринг – это комплекс технологий, включающих в себя оборудование и программное обеспечение для производства и внесения изменений в форму и свойства изделий. Целью реверсинжиниринга является максимально быстрое получение технических материалов, по которым будет начато производство изделий. Основные задачи, которые решаются с помощью реверс-инжиниринга [1]:

- разработка конструкторской документации на изделия или оснастку для их производства;
- оптимизация сложных сборок с целью уменьшения количества деталей, входящих в состав изделия;
- производство запасных частей по моделям цифрового склада;
- усовершенствование изделий для увеличения их функциональных и ресурсных свойств;
- анализ готовой продукции для разработки и изготовления собственных изделий и внесения необходимых конструктивных изменений.

В связи с развитием современных систем бесконтактных измерений сложных пространственных форм (3D сканеры) и специализированного ПО для реверс инжиниринга возникла острая проблема связанная с нехваткой квалифицированных инженеров, способных работать с этим оборудованием.

Изложение основного материала.

Детали простой геометрической формы можно измерить стандартным мерительным инструментом, но детали со сложной пространственной конфигурацией таким методам измерений не поддаются. Для их моделирования необходимо применение современных систем бесконтактных измерений сложных пространственных форм 3D сканеров. При сканировании необходимо знать нюансы оборудования и объекта сканирования. Подбор материала заменителя можно осуществить после более глубокого комплексного исследования на специальном лабораторном оборудовании. Для обработки цифровых данных необходимо использовать специализированное ПО способное работать с облаком точек и полигональными моделями. Далее подготовленная полигональная модель передается в САПР, например Компас 3D V21, для дальнейшего твердотельного параметрического моделирования или создания поверхностей. Следующим этапом будет оптимизация модели и подготовка чертежной документации по стандартам ЕСКД.

В программу подготовки студентов инженерных направлений ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет» внесена учебная дисциплина «Реверс инжиниринг».

Целью освоения дисциплины является: формирование знаний, умений, навыков и компетенций у обучающихся, необходимых для разработки промышленного дизайна и проведении реверс инжиниринга в машиностроении.

Задачи дисциплины: получить базовые представления о целях и задачах реверс-инжиниринга в машиностроении, его роли в современном производстве; изучить принципы и этапы проведения реверс-инжиниринга; изучить средства проведения реверс-инжиниринга с использованием вычислительной техники; ознакомиться с современными средствами и методами реверс инжиниринга применяемыми при проектировании и исследовании деталей и сборок в машиностроении.

В результате освоения дисциплины студент должен:

Знать:

- Назначение и область применения Реверсивного инжиниринга.
- Важность и необходимость технического задания для выполнения работ.
- Важность учета и планирования времени выполнения работ.
- Существующие международные стандарты (ISO) и стандарты, используемые в настоящее время в промышленности.
- Техническую терминологию и обозначения соответствующие области.
- Связанные с компетенцией теоретические и прикладные разделы математики, геометрии и физики.
- Общеизвестные информационно-вычислительные системы и специальные профессиональные программы для реверсивного инжиниринга и CAD.
- Важность точного и четкого представления проектов потенциальным пользователям.
- Важность наличия эффективного обмена информацией в профессиональном сообществе между сотрудниками, заказчиками и иными специалистами, вовлеченными в производственный процесс.
- Значимость обеспечения культуры производства (порядка в одежде и на рабочем месте, систематизации материалов и данных).
- Важность обеспечения высокого уровня информированности о новых и развивающихся технологиях.
- Роль инновационного творческого подхода при решении технических проектных проблем и вызовов времени.

Уметь:

- Самостоятельно разбираться в техническом задании, планировать время его выполнения и соблюдать установленные временные рамки.
- Последовательно применять существующие международные стандарты (ISO) и стандарты, используемые в настоящее время в промышленности.
- Применять и продвигать применение законодательства и лучших практик в области техники безопасности и норм охраны труда на рабочем месте.
- Использовать в реверсивном инжиниринге знания в области прикладной математики, физики и геометрии.
- Использовать соответствующие области терминологию и специальные обозначения.
- Использовать общеизвестные информационно-вычислительные системы и специальные профессиональные программы для реверсивного инжиниринга и CAD.
- Справляться с проблемами в системах, такими как: ложные сообщения, отсутствие ожидаемого отклика периферийных устройств, наличие очевидных дефектов в оборудовании или соединительных проводах.
- Производить работу, которая полностью отвечает техническому заданию и требованиям стандартов.
- Поддерживать культуру производства (порядка в одежде и на рабочем месте, систематизации материалов и данных).
- Обеспечить эффективную коммуникацию между специалистами, вовлеченными в проект и заказчиком, которая гарантирует соответствие производимого реверсивного инжиниринга требованиям технического задания и стандартам.
- Объяснять заказчикам и другим профессионалам роль и практические приложения реверсивного инжиниринга.
- Давать разъяснения экспертам и не экспертам по сложным техническим вопросам реверсивного инжиниринга, обращая внимание на ключевые элементы.
- Поддерживать непрерывное профессиональное развитие в целях обеспечения соответствия знаний и навыков новым и развивающимся в реверсивном инжиниринге технологиям, и практикам.

- Уточнять техническое задание, для максимально точного выполнения требований.

Структура учебной дисциплины разделена на два модуля: теоретический и практический.

В теоретическом модуле студенты на лекциях изучают вопросы:

- Обратное проектирование.
- Системы автоматизированного проектирования (САПР).
- Лазерные сканеры. Принцип работы.
- Внешнее ориентирование трехмерной модели по опорным точкам.
- Фотограмметрические 3d-сканеры.
- Контактные 3d-сканеры.
- Виды представления трёхмерных данных в процессе обратного проектирования.
- Облако точек.
- Полигональная сетка.

В практическом модуле студенты на практических занятиях отрабатывают этапы обратного проектирования модели реально существующего объекта:

- Сканирование объекта.
- Обработка полигональной модели.
- Вписывание параметрических поверхностей в полигональную сетку для построения твердотельной модели методом граничного представления.
- Построение твердотельной 3D модели.

Рассмотрим более подробно содержание практического модуля.

Для сканирования объекта используется ручной лазерный 3D сканер Scanform L5 (рис. 1). Scanform L5 первый российский ручной сканер, работающий по технологии триангуляции лазерной сетки (линий), с возможностью сканирования глянцевых и черных поверхностей без использования матирующего спрея.



Рис. 1 - Ручной лазерный 3D сканер Scanform L5



Рис. 2 - Светоотражающие маркеры

Перед сканированием на деталь необходимо нанести светоотражающие маркеры (или позиционные метки) (рис. 2).

3D-сканер легко обнаруживает эти высококонтрастные «цели» и определяет свое местоположение в пространстве, что является ключом к портативности устройства и динамической привязке. В лазерных 3D-сканерах светоотражающие метки используются для отслеживания в реальном времени, что позволяет выполнять 3D-сканирование быстро и точно. Во время захвата данных, когда 3D-сканер последовательно обнаруживает маркеры на поверхности объекта (рис. 3), программное обеспечение сканера распознает и анализирует каждый маркер в режиме реального времени. Для правильного сканирования необходимо, чтобы 3D сканер одновременно видел не менее 4 маркеров.

Учебную модель необходимо отсканировать с минимум с 3-х сторон. Далее в ПО прилагаемом к 3D сканеру Scanform L5 необходимо провести действия по работе с «Облаком точек»: удалить отдельно лежащие точки и удалить плохие нормали.

После этого можно совместить несколько сканов. После совмещения, будет строиться единый меш по всем совмещённым видимым сканам. При построении меша(сетки), важно чтобы все сканы были сделаны с одним разрешением. При сшивке сканов с разным разрешением, сетка строится по наибольшему разрешению.

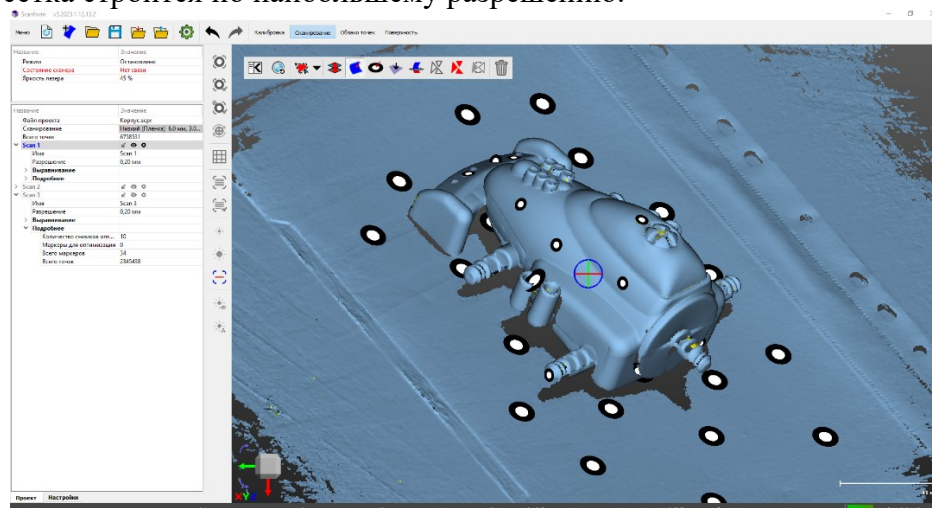


Рис. 3 - Захват данных

Далее необходимо произвести определенные действия для построения полигональной модели по облаку точек: предварительную обрезку; удаление изолированных частей; исправление (зашивка) дыр от позиционных маркеров. В подразделе «Заполнение дыр» можно изменить периметр дыр для автоматического заполнения при построении меша и выбрать алгоритмы заполнения по кривизне.

После завершения работы с облаком точек, чистки скана, исправления нормалей, совмещения нескольких сканов, необходимо построить «Меш». После построения сетки в дереве проекта в разделе «Меш» появится информация о количестве полигонов(треугольников) и о количестве вершин.

Последний этап - экспортирование (сохранение) полигональной модели в форматах *.stl или *.ply.

Используя GOM Inspect Suite – бесплатный пакет программного обеспечения для реверс-инжиниринга строим «контуры» детали (рис.4) по которым в последствии будем создавать твердотельную модель (рис.5).

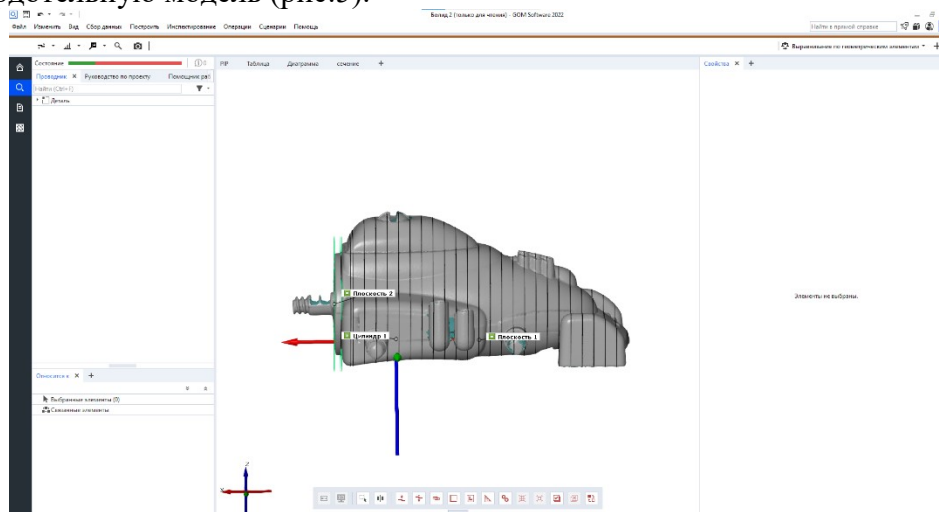


Рис. 4 - GOM Inspect

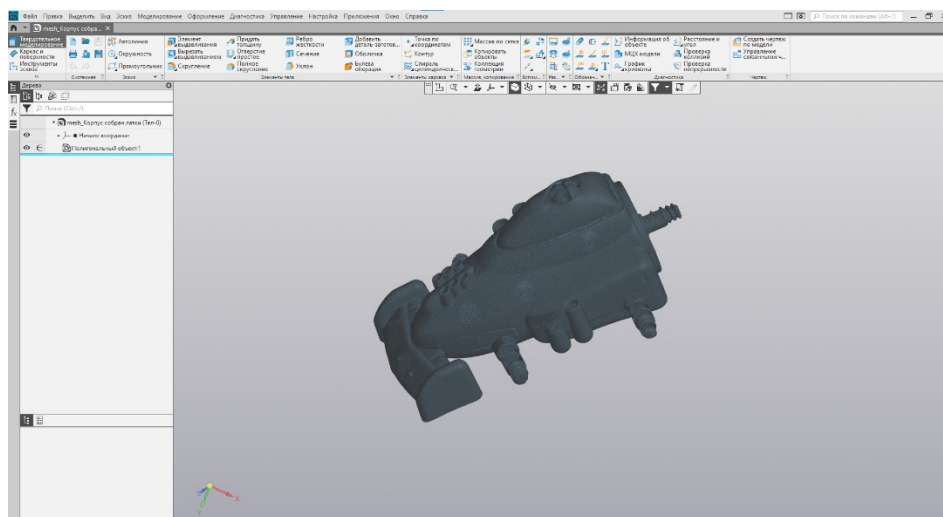


Рис. 5 - Создание твердотельной модели

Заключение

Таким образом, дисциплина «Реверс инжиниринг» позволит студенту освоить ряд компетенций и получить базовые представления о целях и задачах реверс-инжиниринга в машиностроении, его роли в современном производстве; изучить принципы и этапы проведения реверс-инжиниринга; изучить средства проведения реверс-инжиниринга с использованием вычислительной техники; ознакомиться с современными средствами и методами реверс-инжиниринга применяемыми при проектировании и исследовании деталей и сборок в машиностроении..

Список литературы

1. Реверс-инжиниринг: спасение при ремонте оборудования в условиях санкций [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://topstanok.ru/articles/> (10.04.2023)
2. Кильмашкин, Е. А. Студенческая проектная деятельность как инструмент в создании наглядных средств обучения в вузе / Е. А. Кильмашкин // Современные наукоемкие технологии. – 2023. – № 3. – С. 82-85. – DOI 10.17513/snt.39561.
3. Тараховский, А. Ю. Реверс-инжиниринг коленчатого вала компрессора / А. Ю. Тараховский, И. А. Смирнов // Транспортное, горное и строительное машиностроение: наука и производство. – 2023. – № 18. – С. 91-97. – DOI 10.26160/2658-3305-2023-18-91-97.
4. Бутакова Е.Р. Проектирование в машиностроении с помощью обратного инжиниринга // Машины, агрегаты и процессы. Проектирование, создание и модернизация: Материалы международной научно-практической конференции. - СПб.: НИЦ МС, 2019. - №2. - С. 14-16. -. DOI: 10.26160/2587-7577-2019-2-14-16.
5. Терехов М.В., Севостьянов Д.М. Использование реверс-инжиниринга в условиях импортозамещения товаров // Автоматизация и моделирование в проектировании и управлении: Сборник научных статей Всероссийской конференции. - Брянск: Брянский государственный технический университет, 2022. - С. 137-143.
6. Нечкин А.С., Ершова И.В. Обратный инжиниринг как способ решения проблемы импортозамещения в авиастроении // Технические науки: проблемы и решения: Сборник статей по материалам LXI международной научно-практической конференции. - М.: ООО "Интернаука", 2022. - Т. 6(56). - С. 34-42. EDN:
7. Тараховский, А. Ю. Трехмерное моделирование объекта на основе данных лазерного 3D сканирования / А. Ю. Тараховский // Автоматизированное проектирование в машиностроении. – 2023. – № 14. – С. 16-19. – DOI 10.26160/2309-8864-2023-14-16-19.
8. Кузьменко, Е. Л. Решение задач реверс-инжиниринга в процессе обучения инженерной и компьютерной графике / Е. Л. Кузьменко, М. А. Твердунов // МОЛОДЁЖЬ, НАУКА, ОБРАЗОВАНИЕ: АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ, ДОСТИЖЕНИЯ и ИННОВАЦИИ : сборник статей VII Международной научно-практической конференции, Пенза, 12 апреля 2023 года. – Пенза: Наука и Просвещение (ИП Гуляев Г.Ю.), 2023. – С. 160-162.
9. Тагаев С.Р., Гусев В.Н. 3D-сканирование и моделирование для контроля качества и обратного инжиниринга в производстве // Машиностроение: традиции и инновации (МТИ-2020): Материалы XIII всероссийской конференции с международным участием. - Москва: Московский государственный технологический университет "СТАНКИН", 2020. - С. 365-373.

СЕКЦИЯ № 4 ТЕХНОЛОГИИ 3D-СКАНИРОВАНИЯ

УДК 004.9

ПРИМЕНЕНИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ РУКИ HEXAGON ABSOLUTE ARM В РЕВЕРС ИНЖИНИРИНГЕ. ИЗМЕРЕНИЕ И СКАНИРОВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ 3D-МОДЕЛЕЙ

Д.Т. Джаманакова¹, Р.С. Чернов², Ю.О. Стреляная³

¹ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, 299053,
Российская Федерация, jamanakova42@gmail.ru

²ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, 299053,
Российская Федерация, 4ernovrs@gmail.com

³ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, 299053,
Российская Федерация, YOStrelyanaya@sevsu.ru

Аннотация. Данная научная работа посвящена получению 3D-модели деталей при помощи измерительной руки Hexagon Absolute Arm. В работе обосновывается выбор данного метода получения 3D-модели по сравнению с традиционным методом измерения деталей и создания 3D-модели вручную. Рассмотрены преимущества использования 3D-сканера при получении 3D-модели, в случаях сложной геометрической формы и износа детали. В статье также описывается процесс работы с измерительной рукой Hexagon Absolute Arm, который позволяет получить точную и высококачественную 3D-модель детали. Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что использование 3D-сканера при получении 3D-моделей деталей является более эффективным, точным и быстрым методом по сравнению с традиционным методом вручную.

Получение 3D-модели детали является одним из этапов при применении методов обратного инжиниринга. Данный процесс является одним из основных и наиболее важных, поскольку от него напрямую зависит точность, надежность и корректность будущей детали.

Ключевые слова: 3D сканирование, промышленное производство, реверс инжиниринг, цифровая модель, цифровой двойник, цифровые технологии, лазерные 3D сканеры, бесконтактное сканирование, облако точек.

APPLICATION OF THE MEASURING ARM HEXAGON ABSOLUTE ARM IN REVERSE ENGINEERING. MEASURING AND SCANNING PARTS FOR 3D MODELS

D.T. Jamanakova¹, R.S. Chernov², Yu.O. Strelyanaya³

¹FSAEI HE «Sevastopol State University», Sevastopol, 299053, Russian Federation, jamanakova42@gmail.ru

²FSAEI HE «Sevastopol State University», Sevastopol, 299053, Russian Federation, 4ernovrs@gmail.com

³FSAEI HE «Sevastopol State University», Sevastopol, 299053, Russian Federation, YOStrelyanaya@sevsu.ru

Abstract. This scientific work is devoted to obtaining a 3D model of parts using the Hexagon Absolute Arm measuring arm. The paper substantiates the choice of this method for obtaining a 3D model in comparison with the traditional method of measuring parts and creating a 3D model manually. The advantages of using a 3D scanner when obtaining a 3D model, in cases of complex geometric shape and wear of the part, are considered. The article also describes how to work with the Hexagon Absolute Arm, which produces an accurate and high quality 3D model of the part. The results obtained allow us to conclude that the use of a 3D scanner to obtain 3D models of parts is a more efficient, accurate and fast method compared to the traditional manual method.

Obtaining a 3D model of a part is one of the steps in applying reverse engineering methods. This process is one of the main and most important, since the accuracy, reliability and correctness of the future part directly depend on it.

Keywords: 3D scanning, industrial production, reverse engineering, digital model, digital twin, digital technologies, 3D laser scanners, non-contact scanning, point cloud

Постановка проблемы. Перед командой специалистов была поставлена задача воссоздания и модернизации изношенной детали с возможным дальнейшим выпуском ее в серийное производство.

Первым этапом данной работы является получение качественной 3D-модели изделия. Центр коллективного пользования имеет возможность сделать это одним из двух способов:

- путем ручных измерений, с использованием простых средств измерений – штангенциркулей, штангенглубиномеров, калибров, и дальнейшим построением 3D-модели на основании полученной измерительной информации;
- с использованием 3D-сканера, путем получения облака точек и создания на их основе 3D-модели.

Исследуемая деталь имеет довольно сложную геометрическую форму, которая не позволит произвести ручные измерения достаточно точно и качественно. Поэтому было принято решение использовать в работе, имеющейся в центре коллективного пользования 3D-сканер - координатно-измерительную портативную машину Hexagon Absolute Arm.

Основными преимуществами 3D сканеров являются:

- оцифровка деталей сложной геометрии, которые затрудняют измерения ручным методом;
- ускорение процесса разработки и актуализации конструкторской и технологической документации для изготовления деталей и узлов;
- дальнейшая оптимизация, модификация прототипов.

Изложение основного материала. В данной работе была проведена оцифровка детали для дальнейшей модернизации. В качестве измерительного инструмента использовался манипулятор Hexagon Absolute Arm (рис.1).

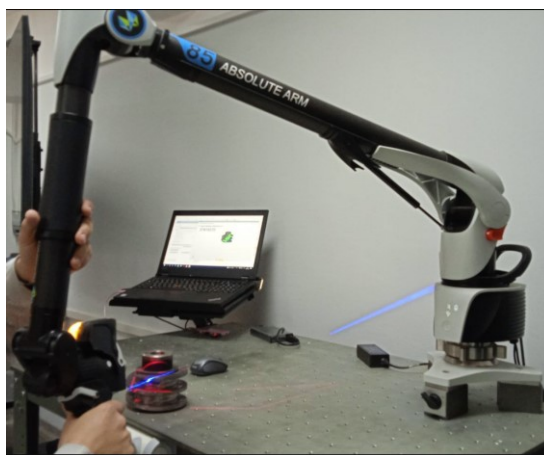


Рис. 1 - Сканирование детали с помощью Hexagon Absolute Arm

В соответствии с описанием типа средства измерений [1], манипулятор предназначен для измерений геометрических размеров и взаимного расположения элементов деталей сложной формы.

Манипулятор является портативным, что делает его мобильным в условиях производства. Неоспоримым плюсом так же является небольшой вес в сравнении с другими аналогами подобных манипуляторов.

Еще одним преимуществом данного средства измерений является конструктивная особенность манипулятора - контактные измерения производятся с погрешностью 6 микрон, бесконтактное сканирование в пределах 43 микрон. Данные характеристики обеспечивают точность измерений.

В части эргономики данный измерительный инструмент выполнен таким образом, что позволяет работать просто и эффективно, следовательно, Absolute Arm является «гибким» измерительным инструментом благодаря удобно расположенным полнооборотным рукояткам с низким коэффициентом трения, которые позволяют облегчить пользование прибором.

Принцип действия измерительной руки основан на вычислении координат измерительного элемента машины с помощью данных от датчиков углового перемещения и

данных о длинах сегментов между датчиками углового перемещения. В качестве измерительных головок используется набор контактных щупов разных диаметров, а также бесконтактные лазерные сканирующие системы.

При использовании лазерного сканера определяются координаты множества точек на измеряемой поверхности в пределах поля зрения сканера. Базой для определения координат точек служит ширина окна сканирования и фокусное расстояние, величины которых различны для разных моделей. Лазерный луч, проецируемый на исследуемый объект, определяет его положение в пространстве и на основе множества точек создается цифровая модель (рис. 2).

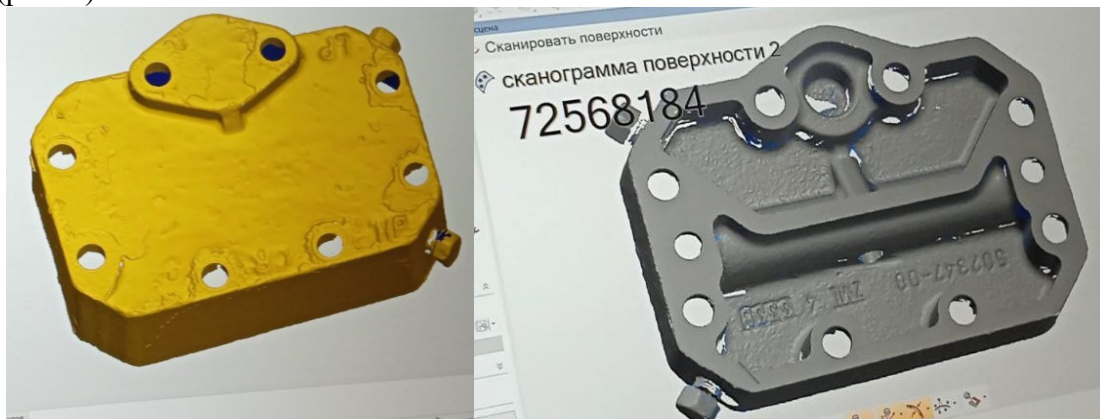


Рис. 2 - Сканирование поверхностей исследуемой детали

Лазерный сканер RS5 представляет собой съемный лазерный сканер красного цвета, созданный для использования с манипулятором Absolute Arm с 7 осями, обеспечивающим высокоскоростное трехмерное сканирование поверхностей и деталей различного качества обработки и материала. Благодаря горизонтально ориентированной линии лазерного сканирования шириной 150 мм и полностью автоматической настройке времени экспозиции, сканер RS5 делает бесконтактную трехмерную оцифровку быстрее, легче и точнее.

Выводы. Исходя из всего вышесказанного, можно сделать вывод, что 7-Axis Absolute Arm является высокоточным многофункциональным измерительным инструментом, которым можно проводить как контактные измерения, так и лазерное сканирование. Он обладает, куда большим количеством важных для измерений и 3D-моделирования функций, чем любой другой портативный измерительный манипулятор. Наличие подобного манипулятора позволяет решать широкий спектр задач. 7-Axis Absolute Arm позволяет снизить затраты при серийном производстве деталей в части конструкторско-технологической работе и метрологическом обеспечении производства. А портативность данного устройства позволяет устранить затраты времени на прогрев и калибровку, что позволяет повысить производительность за счет удобства, стабильности и высокой точности.

Список литературы

1. Описание типа машины координатно-измерительные портативные Hexagon ABSOLUTE ARM [Электронный ресурс] // Официальный сайт Федерального информационного фонда по обеспечению единства измерений "Аршин" - URL: <https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry/4/items/789915> - Режим доступа: свободный.
2. ABSOLUTE ARM [Электронный ресурс] // Официальный сайт компании «Hexagon». – URL: https://ptkgroup.ru/content/files/catalog/Hexagon/hexagon-mi-absolute-arm-2019-brochure_ru.pdf?ysclid=lgquki6r77079 95307 – Режим доступа: свободный.
3. Тараховский А. Ю. Трехмерное моделирование объекта на основе данных лазерного 3D сканирования / А. Ю. Тараховский // Автоматизированное проектирование в машиностроении. – 2023. – № 14. – С. 16-19. – DOI 10.26160/2309-8864-2023-14-16-19. – EDN DUMUCG.
4. Лахтионова, А. В. Технические возможности современных 3Д сканеров / А. В. Лахтионова, Д. А. Заварин // Научный альманах Центрального Черноземья. – 2022. – № 1-4. – С. 256-260. – EDN AEAJCX.
5. Ларских Е. Л. Модернизация промышленного оборудования путем 3D сканирования / Е. Л. Ларских // Актуальные научные исследования в современном мире. – 2021. – № 12-13(80). – С. 52-59. – EDN PPXOJW.

ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ 3D СКАНИРОВАНИЯ В РЕВЕРС-ИНЖИНИРИНГЕ

К.А. Мишкина¹, Р.С. Чернов², Ю.О. Стреляная³

¹ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, 299053,
Российская Федерация, karinamishkina.work@gmail.com

²ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, 299053,
Российская Федерация, 4ernovrs@gmail.com

³ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, 299053,
Российская Федерация, YOStrelyanaya@sevsu.ru

Аннотация. Выбор метода получения 3D-модели и необходимых для этого инструментов является одним из наиболее важных подготовительным шагом в проекте реверсивного инжиниринга. От правильной подготовки напрямую зависит время выполнения проекта, сложность его реализации, а также корректность и точность будущей 3D-модели. Данная научная работа посвящена исследованию 3D-сканирования и выбору 3D-сканера для проекта модернизации компрессора для 13 судоремонтного завода Черноморского флота. В статье рассмотрены различные особенности данной технологии, а так ее преимущества и недостатки по сравнению с другими технологиями, которые также позволяют получить 3D-модель объекта. Рассмотрены факторы, влияющие на качество 3D-модели, получаемой путем 3D-сканирования. Исследована и приведена классификация существующих инструментов для 3D-сканирования, а также рассмотрены сферы их применения. Классификация, представленная в данной статье, является емкой и информативной, что позволит и в дальнейшем использовать ее при выборе наиболее подходящего типа 3D-сканера для конкретной задачи. В выводе к научной работе обоснован выбор конкретной модели ручного лазерного 3D-сканера, который будет использоваться при реализации проекта для получения 3D-модели узлов компрессора.

Ключевые слова: 3D-сканирование, 3D-сканер, 3D-модель, реверсивный инжиниринг, классификация, компрессор, точность, мобильность, портативность.

3D SCANNING APPLICATION SELECTION AND JUSTIFICATION IN REVERSE ENGINEERING

K.A. Mishkina¹, R.S. Chernov², Yu.O. Strelyanaya³

¹ FSAEI HE «Sevastopol State University», Sevastopol, 299053, Russian Federation, karinamishkina.work@gmail.com

² FSAEI HE «Sevastopol State University», Sevastopol, 299053, Russian Federation, 4ernovrs@gmail.com

³ FSAEI HE «Sevastopol State University», Sevastopol, 299053, Russian Federation, YOStrelyanaya@sevsu.ru

Abstract. The choice of the method for obtaining a 3D model and the tools required for this is one of the most important preparatory steps in a reverse engineering project. The time it takes to complete a project, the complexity of the project, and the correctness and accuracy of the future 3D model depend directly on proper preparation. This research paper is devoted to research of 3D-scanning and selection of a 3D-scanner for the project of compressor modernization for 13th shipyard of the Black Sea Fleet. The article considers various features of the technology, as well as its advantages and disadvantages compared to other technologies that also allow you to get a 3D-model of the object. The factors that affect the quality of 3D-model obtained by 3D-scanning have been considered. The classification of existing tools for 3D scanning has been researched and given, and the scope of their application has been discussed. The classification, presented in this article, is capacious and informative, which will allow to use it further on when choosing the most appropriate type of 3D-scanner for a certain task. In the conclusion to the research paper, the choice of a particular model of handheld 3D laser scanner to be used in the implementation of the project to obtain a 3D model of the compressor assemblies is justified.

Keywords: 3D scanning, 3D scanner, 3D model, reverse engineering, classification, compressor, accuracy, mobility, portability.

Постановка проблемы. Для получения 3D-модели опытного образца, подлежащего реверс-инжинирингу, перед командой специалистов встал вопрос о способе создания 3D-моделей деталей компрессора.

Есть два способа получения 3D-модели:

- 1) вручную построить модель с помощью программы САПР;
- 2) получить 3D-модель в результате сканирования детали компрессора.

Так как отдельные детали компрессора имеют сложные поверхности, было принято решение применить 3D-сканирование для создания 3D-модели опытного образца.

Для оптимального решения задач поставленных перед командой специалистов [1] и закупки необходимого оборудования, необходимо проанализировать существующие модели 3D-сканеров. Основополагающими факторами в выборе оборудования являются: мобильность, точности сканирования, сканер должен быть отечественного производства и входить в госреестр РФ, а также возможность закупки 3D сканеров для ВУЗа по тендеру.

Выбор лежал между стационарным и ручным 3D-сканерами. Для принятия решения, в пользу которого будет сделан выбор, были изучены материалы по работе с 3D-сканерами.

Технология 3D-сканирования не нова и за десятки лет ее использования было создано огромное количество разнообразных 3D-сканеров. От вида сканера напрямую зависит его функционал, характеристики и область применения, которые могут кардинально отличаться в различных моделях.

Несмотря на большой выбор 3D-сканеров, немного углубившись в тему можно определить несколько классификаторов, которые помогут понять основные различия и принципы действия сканеров.

Классифицировать 3D-сканеры следует:

- по технологии;
- по методу сканирования;
- по принципу использования.

Говоря о технологии сканирования, сканеры делятся на 2 вида – оптические и лазерные.

Оптические представляют собой устройства с проекторами и несколькими камерами, которые подсвечивают и снимают объект с разных ракурсов. На основе полученных камерами изображений строится трехмерная цифровая копия объекта.

Лазерное 3D-сканирование осуществляется, как понятно из названия, при помощи лазерного излучения. Принцип большинства лазерных сканеров основан на измерении расстояния до объекта при помощи лазерного луча и построении облака точек, каждой из которых приписываются свои координаты, по которым в последствии строится 3D-модель сканируемого объекта.

На основе полученной информации можно сделать вывод, что для решения поставленной задачи – получения 3D-моделей деталей компрессора – наиболее подходящей модификацией устройства является лазерный 3D-сканер.

По методу сканирования устройства делятся на контактные и бесконтактные.

Контактные сканеры подразумевают плотный физический контакт с объектом сканирования и для обеспечения такого контакта в сканерах предусмотрен специальный датчик (обычно – щуп). Исследуемый объект помещается на специальную поверхность и закрепляется, после чего при помощи щупа, вручную или автоматически, в зависимости от типа сканера, создается облако точек. Такой способ сканирования обеспечивает максимальную точность определения и построения 3D-изображения, однако, существует небольшой риск повреждения сканируемого объекта.

Бесконтактные 3D-сканеры используют для сканирования объектов на расстоянии. Такие устройства создают поток излучения (свет, лазер ультразвук и т.д.), который направляется на объект и, отражаясь от него, распознается сканером.

Бесконтактные сканеры, в свою очередь, делятся еще на 2 типа – активные и пассивные.

Активные сканеры работают при помощи луча или света, направленного на объект. Отражаясь, поток излучения дает сканеру информацию о местоположении объекта в виде координат.

В пассивных сканерах используются дальномеры. Такие сканеры считывают время и расстояние, которые проходит луч до предмета по каждой точке в пространстве, что в итоге позволяет воссоздать 3D-модель.

Стационарные 3D-сканеры закрепляются на штативе. Объект сканирования и позиционные маркеры устанавливаются (если позволяют габариты) в помещении так, чтобы оператор мог переставлять штатив со сканером относительно снимаемого объекта, но в

момент непосредственно замера он должен быть неподвижен. При этом сканер делает отдельные замеры. Этот процесс повторяется до тех пор, пока объект не будет измерен со всех сторон. В зависимости от используемой программы отдельные сканы совмещаются сразу в процессе измерения и/или после окончания. Отдельные сканы впоследствии сшиваются в единую модель [2].

Ручной сканер не фиксируют на специальных платформах, штативах и т.п., его принцип применения схож с использованием камеры. Пользователь держит сканер в руках и снимает объект со всех сторон с применением позиционных маркеров, что позволяет оцифровать всю необходимую поверхность объекта.

Помимо способов использования сканеров, есть ряд факторов, которые влияют на качество 3D-модели:

1) точность и разрешение – стационарные 3D-сканеры обеспечат более высокую точность и детализацию, но для данной задачи максимальная точность и детализация не являются ключевыми факторами. Стационарные 3D-сканеры берут серию изображений в одном снимке и объединяют среднее значение для генерации одного скана. Ручные 3D-сканеры делают один снимок на кадр (эквивалентно одному сканированию), а затем пользователь перемещает сканер для повторного сканирования;

2) портативность – ручной 3D-сканер является синонимом портативному 3D-сканеру. Данный тип сканер обеспечивает наибольшую мобильность в сравнении со стационарными 3D-сканерами. Ручной 3D-сканер позволяет осуществить 3D измерения быстро и в любых производственных условиях, что несет в себе ряд преимуществ и плюсов;

3) сложность исполнения конструкции – ручной сканер позволяет сканировать труднодоступные места благодаря его портативности;

4) область сканирования – выбор сканера зависит в том числе от размера объекта, который необходимо сканировать.

Так как детали компрессора, подлежащие реверс-инжинирингу [3], не имеют больших габаритов, но имеют сложные поверхности, то оптимальным решением для данной задачи будет применение ручного сканера.

Вывод. Таким образом, команда специалистов пришла к выводу о закупке портативного

3D-сканера Scanform. Он малогабаритный и мобильный, готов к работе за 5 минут, а также позволяет проводить сканирование объекта в движении и под любым углом. Погрешность измерений – 0.04 мм (40 мкм). 3D-сканера Scanform – российское производство, техподдержка и обслуживание. 3D-сканера Scanform будут оптимальными для решения задач, которые стоят перед ними.

Список литературы

1. Чернов, Р. С. Применение методов реверс-инжиниринга для решения производственных задач в современных реалиях / Р. С. Чернов, К. А. Мишкина, Ю. О. Стреляная // Мехатроника, автоматика и робототехника. – 2022. – № 10. – С. 48-51. – DOI 10.26160/2541-8637-2022-10-48-51. – EDN OXRTQI.

2 [Выбор между стационарным и ручным 3D-сканером – Cybercom Ltd \[Электронный ресурс\] // Официальный сайт компании «Cybercom Ltd». – URL: https://cybercom.ru/info/articles/2019/vybor_mezhdu_statsionarnym_i_ruchnym_3d_skanerom/?ysclid=1ff7jj4oi348714526](https://cybercom.ru/info/articles/2019/vybor_mezhdu_statsionarnym_i_ruchnym_3d_skanerom/?ysclid=1ff7jj4oi348714526) – Режим доступа: свободный.

3. Тараховский, А. Ю. Реверс-инжиниринг коленчатого вала компрессора / А. Ю. Тараховский, И. А. Смирнов // Транспортное, горное и строительное машиностроение: наука и производство. – 2023. – № 18. – С. 91-97. – DOI 10.26160/2658-3305-2023-18-91-97. – EDN KRSOSS.

4. [3D-сканирование: технологии, методы и принципы работы 3D-сканеров \(cvetmir3d.ru\) \[Электронный ресурс\] // Официальный сайт компании «Cvetmir3d». – URL: https://cvetmir3d.ru/blog/poleznoe/printsipy-raboty-3d-skanera-vidy-skanerov-tekhnologii-i-metody-skanirovaniya/#title-dop2-1](https://cvetmir3d.ru/blog/poleznoe/printsipy-raboty-3d-skanera-vidy-skanerov-tekhnologii-i-metody-skanirovaniya/#title-dop2-1) – Режим доступа: свободный;

5. ООО «СКАНФОРМ» официальный сайт 3D сканеры SCANFORM Scanform — профессиональные ручные 3D сканеры [Электронный ресурс] // Официальный сайт компании «SCANFORM Scanform — профессиональные ручные 3D сканеры». – URL: https://scanform.ru – Режим доступа: свободный.

СЕКЦИЯ № 5 ВОЗМОЖНОСТИ ПРОТОТИПИРОВАНИЯ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЕЙ

УДК 69.001.5

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Ю.Л. Рапацкий¹, В.М. Липка², К.С. Чайкин³, П.А. Марсов⁴

¹ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, 299053,
Российская Федерация, u.l.rapatskiy@mail.ru

²ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, 299053,
Российская Федерация, VMLipka@sevsu.ru

³ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, 299053,
Российская Федерация, KSChaikin@sevsu.ru

⁴ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, 299053,
Российская Федерация, PAMarsov@sevsu.ru

Аннотация. В Российской Федерации наблюдается растущий спрос на жилые помещения, в т.ч. бюджетного класса, но ключевые параметры Национального проекта «Жилье и городская среда», предусматривающие ввод 120 млн.кв.м. нового жилья в год пока не достигнуты. Одним из возможных вариантов достижения контрольных цифр Нацпроекта может быть 3D-печать компактных индивидуальных жилых домов. Широкое внедрение строительной 3D-печати сталкивается с организационными и техническими проблемами. Для ускорения проектирования строительных объектов, в т.ч. для их быстрого прототипирования, предлагается применить технологию масштабной 3D-печати полимерными материалами фрагментов зданий и сооружений, а также архитектурных элементов.

Ключевые слова: Аддитивные технологии, строительная 3D-печать, прототипирование архитектурных элементов, масштабные 3D-модели зданий

DEVELOPMENT PROSPECTS FOR ADDITIVE TECHNOLOGIES IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY OF THE RUSSIAN FEDERATION

Y.L. Rapatskiy¹, V.M. Lipka², K.S. Chaikin³, P.A. Marsov⁴

¹FSAEI HE «Sevastopol State University», Sevastopol, 299053, Russian Federation, u.l.rapatskiy@mail.ru

²FSAEI HE «Sevastopol State University», Sevastopol, 299053, Russian Federation, VMLipka@sevsu.ru

³FSAEI HE «Sevastopol State University», Sevastopol, 299053, Russian Federation, KSChaikin@sevsu.ru

⁴FSAEI HE «Sevastopol State University», Sevastopol, 299053, Russian Federation, PAMarsov@sevsu.ru

Abstract. In the Russian Federation, there is a growing demand for residential premises, including budget class, but the key parameters of the National Project "Housing and Urban Environment," providing for the commissioning of 120 million square meters of new housing per year, have not yet been achieved. One of the possible options for achieving the key parameters of the National Project may be 3D printing of compact individual residential buildings. The widespread introduction of 3D construction printing faces organizational and technical challenges. To speed up the design of construction facilities, including for their rapid prototyping, it is proposed to use the technology of large-scale 3D printing with polymer materials of fragments of buildings and structures, as well as architectural elements.

Keywords: Additive technologies, 3D construction printing, prototyping of architectural elements, 3D scale models of buildings

Постановка проблемы. Национальным проектом «Жилье и городская среда» в Российской Федерации предусмотрено к 2024г. обеспечить возведение 120 млн. кв.м нового жилья в год. За 2021г. построено 92,6 млн. кв.м, а за 11 месяцев 2022г., по данным Росстата, сданы 93,26 млн. кв.м, что пока не позволяет говорить о достижении целевого показателя Нацпроекта. Кроме того, имеется значительная потребность в ускоренном возведении доступного жилья в новых регионах РФ. Таким образом, актуальной задачей является поиск возможностей для значительного ускорения возведения жилья в РФ. Опыт применения аддитивных технологий, в т.ч. 3D-печати, в строительной отрасли дает основания считать их

наиболее перспективными для значительного ускорения строительства доступного жилья. В настоящее время выпускаются 3D-принтеры, работающие с бетонными и комбинированными смесями различного состава, а также с другими материалами.

Целью исследования является выявление и решение проблем, сдерживающих применение аддитивных технологий в строительной индустрии. В ходе исследования решаются следующие задачи: анализ преимуществ 3D-принтеров и проблем, связанных с их применением в строительной отрасли, а также конструктивных особенностей строительных 3D-принтеров и специфики их применения. Обзор мирового опыта применения 3D-принтеров приведен, в частности, в публикациях [1...11]. Для решения проблемы ускорения прототипирования зданий, анализируется возможность применения компактных 3D-принтеров, работающих полимерными материалами, для быстрого мелкомасштабного прототипирования архитектурно-планировочных решений, а также малых архитектурных форм и других элементов зданий. Объектом исследования являются технологии 3D-печати, 3D-принтеры и создаваемая с их помощью продукция строительной отрасли. Предметом исследования являются проблемы, возникающие при использовании технологий 3D-печати в строительной индустрии, а также пути преодоления указанных проблем.

Изложение основного материала. В силу ряда объективных факторов, в Российской Федерации имеется значительная потребность в доступном жилье. К таким факторам следует отнести: наличие ветхих и аварийных домов, бывших общежитий и других жилых объектов, не соответствующих требованиям нормативных документов, а также принятие в состав РФ новых регионов. Жилищное строительство во многих случаях осуществляется недостаточными темпами. В качестве одного из способов ускорения обеспечения доступным жильем нуждающихся граждан РФ следует рассматривать применение аддитивных строительных технологий, в частности, печати домов бюджетного класса с помощью 3D-принтеров. Вместе с тем, аддитивные строительные технологии имеют ряд недостатков, о которых речь пойдет ниже, препятствующих их массовому распространению в практике жилищного строительства. Трехмерная, или 3D-печать, представляет собой разновидность аддитивной технологии, состоящую в послойном создании объемного физического объекта на основе его трехмерной компьютерной модели. Подробнее технологию 3D-печати можно представить, как выполнение ряда повторяющихся операций, связанных с созданием объемных моделей, путем нанесения на рабочий стол установки тонкого слоя расходных материалов, смещением рабочего стола вниз на высоту сформированного слоя и удалением с поверхности рабочего стола отработанных отходов. Циклы печати непрерывно следуют друг за другом: на предыдущий слой материалов наносится следующий слой, стол снова опускается, и так повторяется до тех пор, пока на рабочем столе 3D-принтера не появится завершенное изделие [3].

Для выполнения 3D-печати, необходимо сформировать файл, в частности, при помощи широко распространенных систем «Renga» от компании RengaSoftwear или «AutoCAD» компании Autodesk. Допустимо также применение другого программного обеспечения, с аналогичными функциональными возможностями. Сформированный файл отправляется на 3D-принтер, послойно синтезирующий из специального материала готовое изделие. По принципу действия 3D-принтер подобен обычному струйному принтеру, но за счет многократного прохождения печатающей головки по траектории, соответствующей контуру объемного объекта, на выходе получается твердая модель [10].

В мировой практике первые успешные исследования в области применения аддитивных технологий и 3D-печати проводились в США, предложенная технология послойного выращивания трехмерных объектов из фотополимеризующейся композиции получила название «стереолитографии» (STL). В 1986 г. Ч. Халл основал в США компанию 3D-System и разработал первое промышленное устройство для трехмерной печати, представленное в 1987 г. [2].

Первые реальные строительные проекты с использованием 3D-технологии осуществлены в 2014 году. Как показывает российский и зарубежный опыт, такие

технологии позволяют увеличить количество производимого жилья и максимально удешевить его [4]. На начальных этапах развития наиболее успешно технологии 3D-печати были реализованы для изготовления малых архитектурных форм, таких, как изгороди, лавочки, капители колонн, автобусные остановки [6]. В 2015 году в рамках российского проекта ApisCor был напечатан при помощи 3D-принтера небольшой индивидуальный дом в Московской области. Однако прорывного эффекта на строительном рынке РФ инновация не произвела, вследствие принципиальных различий в технологии возведения многоэтажных и одноэтажных домов. В сфере возведения многоэтажных домов за последние два десятилетия внедрено много технологических инноваций и современных подходов, а в малоэтажном и индивидуальном строительстве реализуются преимущественно трудоемкие ручные технологии [5]. Вопросы нормирования и сертификации инновационных технологий создают дополнительные проблемы.

В 2014–2016 гг. появились первые серийные образцы строительных 3D-принтеров и прототипы напечатанных зданий, проверялись на практике концепции различных факторов строительных 3D-принтеров и типов материалов печати. В 2017–2018 гг. в мире были осуществлены первые заметные инвестиции в ряд проектов в область строительной 3D-печати [7]. К 2020 г. появились первые коммерческие продукты (3D-принтеры и напечатанные на них дома). По данным отчета ResearchAndMarket о состоянии мирового рынка строительной 3D-печати, в 2022 году стоимость рынка субъективно оценивалась экспертами в 354,3 млн. долларов США, и, по их оценке, может в ближайшее время достичь 1106,1 млн. долларов США, а к 2027 году, увеличится еще на 99% [7].

Для различных объектов выпускаются строительные 3D-принтеры различной конструкции: порталные, на базе выносной стрелы, с роботизированной рукой. Летом 2021 года американская компания ICON, для внедрения 3D-печати в строительство инфраструктурных объектов, подписала контракт с компанией Lennar, на строительство поселка, состоящего из 100 домов в штате Техас, получив 200 млн. долларов капиталовложений от нескольких крупных инвестиционных фондов. Одновременно с компанией ICON, датская компания COBOD, создавшая крупнейшую в мире корпорацию по производству строительной опалубки PERRI, начала продавать свои порталные строительные 3D-принтеры, а также участвовать в строительных проектах.

В настоящее время все активнее предъявляются требования по снижению выбросов CO_2 , использованию в строительстве более экологичных материалов и т.д. В целом строительная отрасль, в т.ч. производство стройматериалов, продолжает быть одним из наиболее значительных источников выбросов CO_2 в атмосферу, а также крупным источником разнообразного мусора. Активно ведутся разработки экобетона с добавлением полимеров, при производстве которого выбросы CO_2 сокращаются на 30...100%, что в значительной мере решает проблемы экологичности. Развитие таких технологий является перспективным направлением в строительной индустрии, с точки зрения удешевления строительных материалов и соответствия их экологическим требованиям.

Отметим разновидности 3D-печати, которые отличаются материалами, используемыми в процессе печати, а также способами их нанесения и могут быть применены в строительстве и других отраслях, в т.ч. для создания прототипов изделий сложной формы: стереолитография; лазерное спекание порошковых материалов; технология струйного моделирования; послойная печать расплавленной полимерной нитью; технология склеивания порошков; ламинирование листовых материалов; ультрафиолетовое облучение через фотомаску; цветная 3D-печать.

Рассмотрим специфические особенности практического применения основных разновидностей аддитивных технологий, и, в частности, 3D-печати: 1) Стереолитография наиболее распространена среди технологий 3D-печати. Используется фотополимер – материал, который твердеет при воздействии на него лазерного луча. 3D-принтер содержит ванну с жидким фотополимером, на который сканирующая система направляет лазерный луч. После того, как засвеченный тонкий слой фотополимера затвердеет, ванна с ним

опускается вниз на 0,025–0,3 мм. После завершения процесса образуется изделие из твердого полупрозрачного материала, который легко склеивается, обрабатывается и окрашивается. Стереолитография обеспечивает низкую себестоимость изделий позволяет получать объемные декоративные изделия, необходимые для реализации дизайнерских и архитектурных решений. 2) Лазерное спекание порошковых материалов (SLS, выборочное лазерное спекание). В этой технологии, которая была изобретена в 80-х годах двадцатого века, могут использоваться металл, керамика, порошковый пластик. Порошковый материал наносится на поверхность рабочего стола и запекается лазерным лучом в твердый слой, соответствующий сечению компьютерной 3D-модели. Такая технология применима в строительной отрасли, для получения различных нестандартных конструктивных и декоративных элементов. 3) Технология струйного моделирования. Для печати используются поддерживающие и моделирующие материалы. К числу поддерживающих материалов чаще всего относят воск, а к числу моделирующих – широкий спектр материалов, близких по своим свойствам к конструкционным термопластам. Печатающая головка 3D-принтера наносит поддерживающий и моделирующий материалы на рабочую поверхность, после чего производится их фотополимеризация и механическое выравнивание. Такая технология позволяет получать объемные архитектурные и конструктивные элементы небольших размеров, применяемые в строительной отрасли для отделки зданий и создания дизайнерских интерьеров. 4) Послойная печать расплавленной полимерной нитью (FDM) Она заключается в том, что печатающая головка разогревает до полужидкого состояния нити из ABS-пластика, воска или поликарбоната (температура нагревания контролируется) и с высокой точностью подает материал тонкими слоями на рабочую поверхность 3D-принтера. Слои соединяются между собой и отвердевают, формируя готовое изделие. В лаборатории кафедры «Строительство и землеустройство» СевГУ проводятся эксперименты по быстрому прототипированию в мелком масштабе фрагментов зданий и сооружений, архитектурных деталей и других элементов строительных объектов (рис. 1).

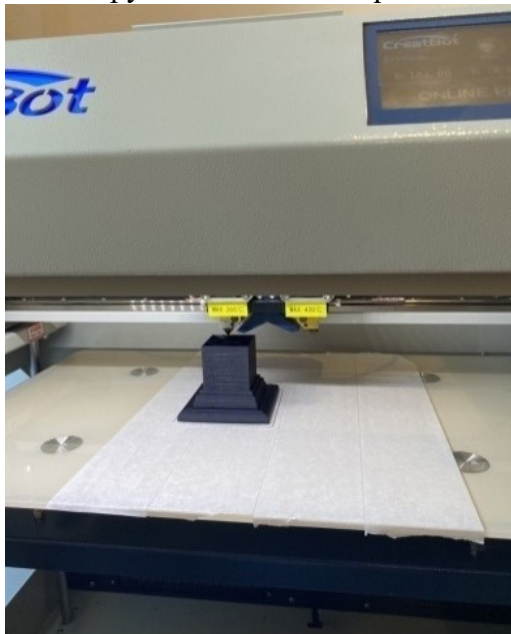


Рис. 1 - Послойная печать расплавленной полимерной нитью (3D-принтер CreatBot F-430, лаборатория кафедры «Строительство и землеустройство» СевГУ)

Послойная печать расплавленной полимерной нитью, показанная на рис.1, а также указанные выше разновидности №№ 6,7,8 аддитивных технологий, как показали проведенные авторами эксперименты, позволяют получать декоративные изделия и конструктивные элементы сложной формы, применяемые для дизайнерского оформления интерьеров и наружных стен зданий. Такая технология также пригодна для быстрого прототипирования объемных объектов сложной формы, в т.ч. в уменьшенном масштабе. При таком прототипировании крупные объекты предлагается не только выполнять в масштабе, но и разделять на фрагменты, которые затем необходимо соединять при окончательной сборке. Время прототипирования одного фрагмента, аналогичного показанным на рис.1,2, составляет от 3,5 до 4 часов, при обеспечении достаточно высокой точности воспроизведения исходного контура объекта.

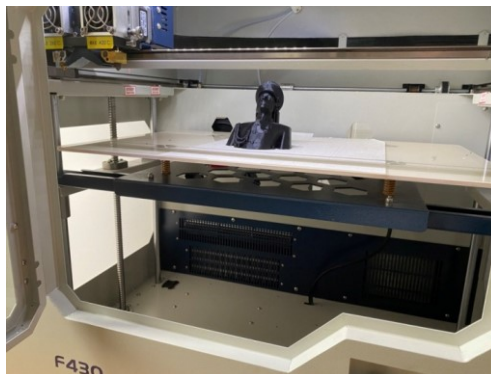


Рис. 2 - Прототипирование макета скульптурного изображения с помощью 3D-принтера CreatBot F-430 (лаборатория кафедры «Строительство и землеустройство» СевГУ)

Технология строительной 3D-печати. Принцип работы строительных 3D-принтеров заключается в экструзии, т.е. выдавливании, специальной смеси, слой за слоем, по заданной трехмерной компьютерной модели. Одновременно осуществляемыми процессами - экструзией и движением головки принтера управляет компьютер. Траектория движения головки принтера соответствует заранее заданному контуру стен возводимого здания. Заранее подготовленная смесь, состоящая из цемента, наполнителя, пластификатора и других добавок, загружается в специальный бункер и оттуда подается к головке принтера. Первый слой смеси наносится на поверхность площадки, а последующие - на предыдущие напечатанные слои (рис.3).

В 2021 г. студенты 1-3 курсов СевГУ, направления «Строительство», в рамках научно-образовательного интенсива «Школа Шухова», на базе Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова, участвовали в г. Белгороде в экспериментах на строительном 3D-принтере по подбору оптимальных составов смеси для аддитивного способа получения перспективных стеновых материалов и архитектурных элементов, а также выбору наиболее эффективных режимов движения печатающей головки. На рис. 3 показан пример практического применения строительного 3D-принтера, а на рис.4 – исследование свойств полученных перспективных стеновых материалов.



Рис. 3 - Студенты СевГУ участвуют в исследовании возможностей строительного 3D-принтера в лаборатории БГТУ им. В.Г. Шухова (г. Белгород)

Необходимо отметить, что строительная 3D-печать может быть использована не только для возведения жилых зданий. С помощью аддитивных технологий можно решить ряд задач, в которых свойственные первым недостатки не будут иметь значения [6]. Примером может послужить американская компания GE, которая использует 3D-принтеры SOBOD для строительства опор ветряных генераторов. Ребристость поверхности и температурные ограничения, в данном случае, не играют никакой роли. Создание конструкции по частям происходит в цехе, после чего объект перевозится на место сборки и установки [6]. На рис. 5 приведен пример реализации проекта по созданию с помощью 3D-печати жилого дома.



Рис. 4 - Исследование студентами СевГУ свойств перспективных стеновых материалов, полученных с помощью 3D-принтера в лаборатории БГТУ им. В.Г. Шухова (г. Белгород)



Рис. 5 - Пример промышленного применения строительного 3D-принтера для компактного дома

Проанализируем данные по применению аддитивных технологий в разных странах мира, приведенные в табл. 1, ссылки на открытые источники сведены в табл. 2. Следует отметить, что корректное сравнение известных проектов по имеющимся в табл. 1 данным произвести крайне сложно, в связи с несопоставимыми строительными объемами, изменением курсов валют, отсутствием достоверных данных по отдельным существенным параметрам созданных с помощью 3D-печати объектов.

Таблица 1. Сравнение результатов завершённых проектов на основе применения 3D-принтеров за 2014-2021 г.г.

№	Наименование проекта	Страна	Объем 3D-печати	Площадь объекта, м ² (к-во этажей)	Примерная стоимость 1м ²	Применяемая смесь
1	ApisCor	Россия, Московская область 2015	Гостиная, кухня, спальня санузел	38 м ²	16 тыс. руб.	Бетонная смесь
2	The Genesis Collection at Wolf Ranch	США, Техас, 2014	5 этажей	5 этажей	Приблизительно (за дом) 450 000 долл.	Lavacrete
3	Shanghai WinSun Decoration Desing Engineering Co	Китай провинция Цзянсу, 2014	5 этажей	5 этажей	3000 фунтов стерлингов	Используется смесь из строительных отходов (стекло, сталь, цемент)
4	Serendix	Япония, 2021	30м ³		300000 иен (примерно)	-
5	Gensler	ОАЭ, 2016	250м ²	Данные отсутствуют	Данные засекречены	Бетонная смесь
6	MENSE-KORTE	Германия, 2021	Данные отсутствуют	160м ²	Данные засекречены	Цементная смесь
7	Yhnova	Франция, Нант, 2019	Три жилые комнаты	Данные отсутствуют	неизвестен	Данные отсутствуют
8	ISTON	Турция, Стамбул 2020	3 спальни и гостиная	155м ²	неизвестен	Цементная смесь

Таблица 2. Ссылки на обзоры результатов применения строительных 3D-принтеров

№	Наименование проекта	Ссылки
1	ApisCor	https://www.rbc.ru/magazine/2017/06/592567559a7947e1bb4b7ea9
2	The Genesis Collection at Wolf Ranch	https://www.techinsider.ru/technologies/news-1566087-v-ssha-napechatayut-novyy-zhiloy-rayon-na-100-domov-na-3d-printere/
3	Shanghai WinSun Decoration Desing Engineering Co	https://lenta.ru/news/2015/01/20/doma/
4	Serendix	https://srsly.ru/article/show/18382/
5	Gensler	https://www.architime.ru/news/gensler/dubai_future_foundation.htm
6	MENSE-KORTE	https://www.euromag.ru/realty/v-germanii-pojavilsja-pervyj-dom-napechatannyj-na-3d-printere/
7	Yhnova	https://www.3dpulse.ru/news/stroitelstvo/napechatannyi-na-3d-printere-dom-yhnova-vo-frantsii-vskore-primet-pervyh-zhiltsov/
8	ISTON	https://www.3dpulse.ru/news/stroitelstvo/v-stambule-poyavilsya-pervyi-v-turtsii-zhiloi-dom-napechatannyi-na-3d-printere/

Из анализа данных, приведенных в табл.1, видно, что строительные 3D-технологии получили наибольшее развитие в таких странах, как Россия, США, Китай, Япония, ОАЭ, Германия, Франция, Турция (рис.6). В 2014 году, одновременно с возведением здания the Genesis Collection at Wolf Ranch (США) был реализован успешный китайский проект Shanghai WinSun Decoration Design Engineering Co, сопоставимый с американским по уровню сложности и строительному объему [1,2]. Отметим, что Аргентина и Бразилия не реализуют аддитивных технологий в строительных отраслях, несмотря на растущие потребности в доступном жилье.

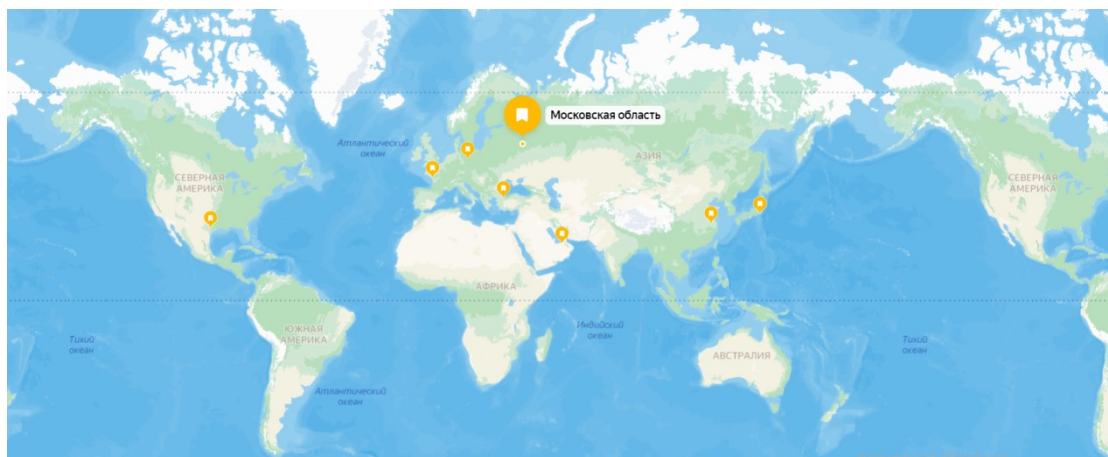


Рис. 6 - Размещение крупнейших строительных проектов на основе применения 3D-технологий на карте мира

В связи с недостатком мирового опыта реализации проектов на основе аддитивных технологий, практически все здания, полученные путем 3D-печати, финансируются частными инвесторами. Известен один проект офисного здания в ОАЭ, профинансированный государственными структурами. Таким образом, государственные структуры не вовлечены в строительные проекты на основе аддитивных технологий, для них они остаются рискованной частной инициативой. Также следует отметить, что большинство зданий, возводимых с помощью аддитивных технологий, относятся к доступному, бюджетному ценовому сегменту жилья. Привлекательной является низкая стоимость жилья, получаемого 3D-печатью. Вместе с тем, многие фирмы, участвующие в реализации подобных проектов, не афишируют их реальную стоимость, возможно, опасаясь конкуренции с крупными девелоперскими фирмами, работающими в рамках традиционных строительных технологий.

Следует отметить, что при возведении зданий с помощью 3D-печати возможно удешевление строительства за счет применения переработанных вторичных материалов. Подобные здания часто возводятся вместе с коммуникациями, производители реализуют концепцию «умного» дома, внедряют в проект энергосберегающие технологии или функцию автономности, что на первых этапах жизненного цикла объектов повышает стоимость жилья. На этапе эксплуатации, по прогнозам производителей, такие объекты достаточно быстро начнут приносить прибыль, а также явятся вкладом в обеспечение экологической безопасности.

Выводы. Подводя итоги исследования, необходимо отметить, что строительные 3D-технологии получили наиболее широкое развитие в таких странах, как Россия, США, Китай, Япония, ОАЭ, Германия, Франция, Турция. В странах Латинской Америки применение аддитивных технологий в строительной отрасли практически не развито. Существенно, что применение 3D-технологий в РФ выходит далеко за рамки строительства жилья. В частности, такие разновидности аддитивных технологий, как стереолитография, лазерное спекание порошковых материалов, технология струйного моделирования, послойная печать расплавленной полимерной нитью, технология склеивания порошков, ламинирование

листовых материалов, ультрафиолетовое облучение через фотомаску, цветная 3D-печать, позволяют создавать конструктивные и декоративные элементы зданий, малые архитектурные формы, различные светильники и другие детали и изделия, необходимые для возведения зданий и реализации архитектурно-планировочных решений.

Из сказанного видно, что строительные 3D-технологии могут в ближайшем будущем помочь решить проблемы глобальной нехватки жилья, а также привнести автоматизацию в другие сферы строительства. Также следует отметить, что строительные 3D-технологии значительно менее экологически опасны, по сравнению с традиционными методами строительства [6].

Важно отметить принципиальные недостатки, присущие аддитивным технологиям в строительстве, а также обозначить возможные пути их преодоления в РФ:

1. Слоистость готового изделия (стены, фундамента и др.), устранить которую при нынешнем уровне развития технологии не представляется возможным.
2. Для строительства с помощью 3D-технологий, применяются смеси на основе специального бетона с различными добавками, повышающими его прочность, пластичность при нанесении, адгезионные и другие свойства. Необходимость разработки оптимальных составов таких смесей является одной из главных проблем, препятствующих широкому распространению 3D-технологий в строительной отрасли.
3. Необходимость использования сложных роботизированных механизмов перемещения печатающего сопла и подачи материала, что повышает вероятность отказов. Применение современных высоконадежных мехатронных электро- и гидроприводов, а также оптимальных законов управления ими позволяют преодолеть проблему.
4. Невозможность полноценного армирования согласно требованиям нормативных документов, что приводит к ограничению этажности и не позволяет строить в сейсмически опасных районах. Проблема постепенно преодолевается введением армирующих элементов в состав смеси, а также применением полимерной арматуры, выпускаемой в бухтах.
5. Невозможность включения в изделие усложняющих элементов, в т.ч. закладных деталей, каналов, проемов. В настоящее время этот недостаток постепенно удается преодолеть с помощью специализированных промышленных роботов, работающих одновременно с 3D-принтерами.
6. Низкая скорость прототипирования фрагментов и элементов строительных конструкций на компактных 3D-принтерах. Повышение скорости работы 3D-принтеров возможно за счет оптимизации траекторий и законов движения печатающих головок.

На современном этапе имеют место следующие итоги и перспективы развития строительных 3D-технологий в Российской Федерации:

1. В первую очередь, необходимо разработать принципы, нормативы и стандарты проектирования домов и других объектов для возведения их с помощью строительной 3D-печати. В публикациях [12-19] обозначены, в частности, многочисленные проблемы, препятствующие широкому внедрению строительной 3D-печати.
2. Ускорение технологических процессов в строительной отрасли в современных условиях обязательно должно сопровождаться обеспечением экологической безопасности зданий на этапах их строительства и эксплуатации. Все необходимые предпосылки для этого имеются.
3. В Российской Федерации ряд компаний, университетов и научно-исследовательских коллективов активно занимаются разработкой и производством оборудования, расходных материалов и запасных частей, программного обеспечения, подготовкой кадров для реализации инновационных строительных проектов, основанных на применении аддитивных технологий, в т.ч. 3D-печати.
4. В Российской Федерации большинство инновационных проектов, основанных на применении аддитивных технологий, в т.ч. 3D-печати, связаны с возведением жилых зданий.
5. Все объекты, возводимые в Российской Федерации с применением аддитивных технологий, в т.ч. 3D-печати, принадлежат коммерческим структурам.
6. Класс жилья, возводимого в РФ и других странах с помощью строительных 3D-технологий, можно определить, как массовое бюджетное строительство.
7. При проектировании жилой застройки на основе аддитивных технологий часто возникают задачи создания моделей (макетов) архитектурно-планировочных решений отдельных

зданий, кварталов и микрорайонов в уменьшенном масштабе. Создание таких моделей традиционными ручными методами, из пенопласта либо подобных материалов, не обеспечивает требуемую точность, занимает много времени и дополнительно увеличивает длительность проектного этапа жизненного цикла жилых зданий и других объектов. Применение строительных принтеров для макетирования в уменьшенном масштабе вариантов застройки неэффективно и нецелесообразно. Представляется целесообразным применить для мелкомасштабного моделирования (макетирования) архитектурно-планировочных решений компактные 3D-принтеры, работающие с полимерными материалами (рис. 2,3). Макеты кварталов и микрорайонов в этом случае возможно создавать по частям, с последующим соединением в единую конструкцию.

8. Таким образом, строительные 3D-технологии все активнее входят в жизнь современного общества, в т.ч. и в РФ. Однако оценить объем рынка строительных 3D-технологий в РФ на ближайший период не представляется возможным. Вместе с тем, есть все основания полагать, что в Российской Федерации активное вовлечение государственных компаний в развитие и применение строительных 3D-технологий позволит существенно ускорить решение проблемы обеспечения доступным жильем нуждающихся в нем граждан. После реализации нескольких знаковых проектов может последовать широкое внедрение новых перспективных технологий в массовое производство [4].

Направление дальнейших исследований связано с поиском новых средств и методов ускорения жилищного строительства на основе строительных 3D-технологий и повышения его качества и эффективности.

Список литературы

1. Рэдвуд, Б. 3D-печать / Рэдвуд Б., Шофер Ф., Гаррэт Б. - М.: ДМК Пресс, 2020. – 220с.
2. История 3D-печати. – Режим доступа: <http://www.orgprint.com/ru/wiki/istorija3d-pechati>
3. Обзор технологий 3D-печати. – Режим доступа: <http://www.orgprint.com/ru/wiki/obzor-tehnologij-3D-pechati>
4. Список сервисов 3D-печати. – Режим доступа: <http://habrahabr.ru/post/183750/>
5. Шатов А. Промышленная 3D-печать в Китае: Авиастроение и самый большой в мире 3D-принтер. – Режим доступа: <http://3dwiki.ru/promyshlennaya-3d-pechatv-kitae-aviastroenie-i-samyj-bolshoj-v-mire-3d-printer/>
6. Шатов А. Экономический прогноз о будущем индустрии 3D-печати от FreedoniaGroup. – Режим доступа: <http://3dwiki.ru/ekonomicheskij-prognoz-na-budushheeindustrii-3d-pechati-ot-freedonia-group/>
7. Ходаковский К. Тайвань хочет доминировать в области 3D-печати. – Режим доступа: <http://www.3dnews.ru/798316>
8. 3D-печать: Третья индустриально-цифровая революция. – Режим доступа: <http://bloggerator.ru/page/3d-pechat-industrialno-cifrovaja-revoljucija-3d-printer-makerbotcena-opisanie-perspektivy-1>
9. 3D-принтеры и технология трехмерной печати. – Режим доступа: http://vektor.ru/auxpage_3d-printery-i-tehnologija-trehmernoj-pechati/#whatis
10. Modelin 3D. – Mode of access: <http://www.modelin3d.ru/>
11. 3D printing in 2012: Year in review. – Mode of access: <http://www.3ders.org/articles/20121220-3d-printing-in-2012-year-in-review.html>
12. Лисяк, В. В. Основы компьютерной графики: 3D-моделирование и 3D-печать : учебное пособие / В. В. Лисяк ; Южный федеральный университет. - Ростов-на-Дону; Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2021. - 109 с.
13. Ритланд, М. 3D-печать с помощью SketchUp / М. Ритланд, пер. с англ. А. Ю. Петелина. - Москва : ДМК Пресс, 2020. - 136 с.
14. Никонов, В. В. КОМПАС-3D: создание моделей и 3D-печать : учебное пособие / В. В. Никонов. - Санкт-Петербург : Питер, 2020. - 208 с.
15. Сербин, Е. П. Строительные конструкции : учебное пособие / Е.П. Сербин, В.И. Сетков. — Москва : РИОР : ИНФРА-М, 2022. — 236 с.
16. Широкий, Г. Т. Строительные материалы и изделия : учебное пособие / Г. Т. Широкий, М. Г. Бортницкая, А. И. Сидорова. - Минск : РИПО, 2022. - 403 с.
17. Шилина, Е. Н. Применение 3d-печати в строительстве / Е. Н. Шилина, В. Е. Михеев // Перспективы науки. – 2019. – № 6(117). – С. 101-104.
18. Симакова, Е. А. Применение 3D-печати в строительстве / Е. А. Симакова, К. И. Селякова, Д. Кравченко // Инженерные исследования. – 2021. – № 1(1). – С. 3-11.
19. Смотров, А. С. Применение 3D-печати в строительстве / А. С. Смотров // Современные тенденции развития инвестиционного потенциала в России : Материалы III Всероссийской научно-практической конференции, Москва, 23 марта 2021 года. – Москва: Государственный университет управления, 2021. – С. 93-94.

ПРОТОТИПИРОВАНИЕ СТУПЕНЧАТОЙ ГИБКИ ЛИСТОВОГО МЕТАЛЛА ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТОНКОСТЕННЫХ КОРПУСОВ

А.О. Карфидов¹, Н.А. Чиченев², М.В. Васильев³, О.Н. Чиченева⁴

¹ФГАОУ ВО Национальный исследовательский технологический университет МИСИС, г. Москва, 119049, Россия, a.korf@mail.ru

²ФГАОУ ВО Национальный исследовательский технологический университет МИСИС, г. Москва, 119049, Россия, chich38@mail.ru

³ФГАОУ ВО Национальный исследовательский технологический университет МИСИС, г. Москва, 119049, Россия, mv@karfidovlab.com

⁴ФГАОУ ВО Национальный исследовательский технологический университет МИСИС, г. Москва, 119049, Россия, ch-grafika@mail.ru

Аннотация. Рассмотрены вопросы изготовления тонкостенных корпусов небольших устройств мелкосерийного или единичного производства с использованием принципов прототипирования, которое в последнее время широко используется для тестирования и оценки идей на самой ранней стадии разработки, а в некоторых случаях и для проверки функционирования прототипа устройства. С учетом требований, предъявляемых к качеству корпусов, выбрана технология пошаговой (ступенчатой) гибки, в которой используется множество последовательных V-образных изгибов для получения большого радиуса заготовки. Суть технологии пошаговой гибки заключается в замене одногогиба большого радиуса на несколько гибов с меньшим радиусом и углом. В ходе работы изготовлены корпуса устройства с применением технологии пошаговой гибки и гибки с использованием традиционной оснастки, при этом заданный радиус выдерживался в обоих случаях. Окончательное качество при шаговой формовке зависит от количества изгибов и шага между ними - чем их больше, тем более гладким будет поверхность изделия.

Ключевые слова: тонкостенный корпус, листовая штамповка, прототипирование, гибка, листовой металл.

PROTOTYPING OF STEP BENDING OF SHEET METAL FOR THE MANUFACTURE OF THIN-WALLED ENCLOSURES

A.O. Karfidov¹, N.A. Chichenev², M.V. Vasiliev³, O.N. Chicheneva⁴

¹National University of Science and Technology «MISIS», Moscow, 119049, Russia, a.korf@mail.ru

²National University of Science and Technology «MISIS», Moscow, 119049, Russia, chich38@mail.ru

³National University of Science and Technology «MISIS», Moscow, 119049, Russia, mv@karfidovlab.com

⁴National University of Science and Technology «MISIS», Moscow, 119049, Russia, ch-grafika@mail.ru

Abstract. The issues of manufacturing thin-walled enclosures of small devices of small-scale or single production using the principles of prototyping, which has recently been widely used to test and evaluate ideas at the earliest stage of development, and in some cases to test the functioning of a prototype device, are considered. Taking into account the requirements for the quality of the housings, the technology of step-by-step (step-by-step) bending was chosen, in which many consecutive V-shaped bends are used to obtain a large radius of the workpiece. The essence of step-by-step bending technology is to replace one bend of a large radius with several bends with a smaller radius and angle. During the work, the device housings were manufactured using step-by-step bending and bending technology using traditional tooling, while the specified radius was maintained in both cases. The final quality in step molding depends on the number of bends and the step between them - the more of them, the smoother the surface of the product will be.

Keywords: thin-walled housing, sheet stamping, prototyping, bending, sheet metal.

Производство многочисленных изделий, необходимых в различных отраслях науки и технике, связано с изготовлением большого количества тонкостенных деталей (резервуары и котлы; детали автомобилей, самолетов, вагонов и др.), которые выполнены из листового или профильного металла. Одним из основных классов тонкостенных деталей, выполненных листовой штамповкой, являются детали одинарной кривизны, которые получают с помощью гибки. Гибка – это процесс штамповки, при котором изменяется кривизна листовой заготовки в плоскости изгиба с целью получения деталей пространственной формы [1-4].

Применительно к классу тонкостенных деталей одинарной кривизны в производстве используются ряд способов формоизменения: гибка в инструментальных штампах на кривошипных и эксцентриковых прессах; свободная гибка в универсальных штампах на специальных гибочных прессах; гибка-прокатка на валковых станках; гибка с растяжением на специальных профилегибочных станках и др.

В работе рассматриваются вопросы изготовления тонкостенных корпусов небольших устройств мелкосерийного или единичного производства с использованием принципов прототипирования, которое в последнее время широко используется для тестирования и оценки идей на самой ранней стадии разработки, а в некоторых случаях и для проверки функционирования прототипа устройства [5]. Часто, прототипирование относят к производству индивидуальных изделий, и, исходя из этого, применяют технологии, подходящие для единичного производства. На практике же приходится использовать гораздо более дорогостоящие способы производства, более подходящие для производства мелких серий (до нескольких сотен изделий). Такой подход является нерентабельным с точки зрения расходования ресурсов и экономических затрат.

На наш взгляд, с учетом требований, предъявляемых к качеству корпусов, наиболее подходящим вариантом является технология ступенчатой (пошаговой) гибки, которая представляет собой по сути многократную V-гибку. В этом методе для получения большого радиуса заготовки применяют ряд последовательных V-образных изгибов – от их количества и шага между ними зависит качество готового изделия [6-7].

Суть технологии пошаговой гибки заключается в замене одногогиба большого радиуса на несколько гибов с меньшим радиусом и углом. Данный способ больше подходит для единичного производства, имеет широкую универсальность, не требует применения дополнительного оборудования и оснастки помимо самого листогибочного пресса. При уменьшении радиуса изгиба металла происходит увеличение напряжений в местах деформации, это необходимо принимать во внимание, так как происходит значительное уменьшение радиуса деформации. Частично, это компенсируется меньшим углом изгиба, но следует принимать во внимание особенности материала и минимальные радиусы гибов для листов определенной толщины.

Сравнение технологий производства происходило с привлечением двух различных предприятий, корпуса для которых необходимо было изготовить с применением листов толщиной в 1 мм и 4 мм. При изготовлении использовались листогибочные прессы ЕНТ profipress 130 и Durma AD-R 25100. В обоих случаях станки управляются с помощью ЧПУ, что позволяет производить операции с высокой точностью.

В ходе работы изготовлены корпуса устройства с применением технологии ступенчатой гибки и гибки с использованием традиционной оснастки, при этом заданный радиус выдерживался в обоих случаях (рис. 1). Полученные корпуса полностью соответствовали изначальному дизайну, заложенному при промышленном проектировании. На внутренней стороне изгиба, в случае ступенчатой гибки, наблюдается ряд прямых участков, не подвергающихся деформации, при этом с внешней стороны изгиба данные участки практически не прослеживаются несмотря на малую толщину листа. Для их предотвращения следует увеличить количество пошаговых гибов. Суммарный угол деформации при ступенчатой гибке должен быть равен изначально планируемому углу загиба.

В некоторых случаях поверхность изделия после пошаговой гибки необходимо подвергать дополнительной обработке, что позволяет устранить какие-либо внешние отличия от гибки с применением серийных технологий V-гибки. В случае с корпусом из 4 мм металла, требовалась покраска, для подготовки поверхность подвергалась грубой шлифовке с последующим нанесением грунта. Все эти операции значительно сгладили прямые участки, сделав изделие внешне неотличимым от альтернативных ей технологий.

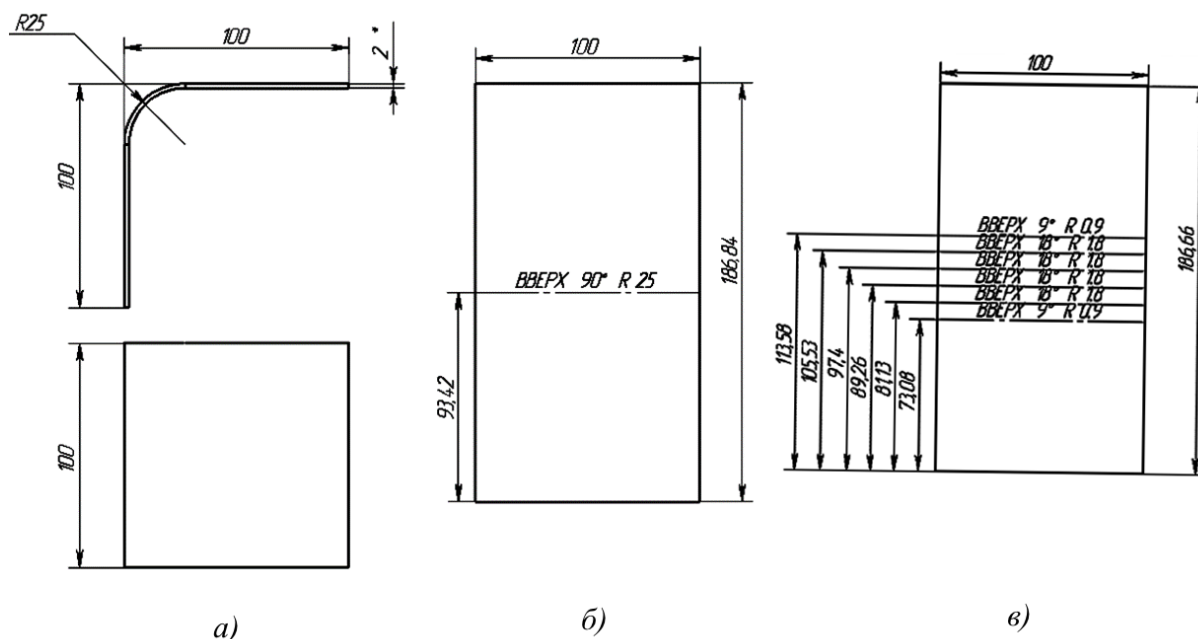


Рис. 1 - Чертеж изделия (а) и схемы гибки листового материала в один (б) или несколько (в) шагов

Экономические затраты на применение технологии ступенчатой гибки выражаются в общем количестве гибов на единицу изделия. При увеличении серии производимых прототипов корпуса стоимость растет прямо пропорционально количеству изделий, это необходимо учитывать при закладывании стоимости производства тестовых образцов. Поэтому технологию пошаговой гибки можно рассматривать как конкурентоспособную в случае производства прототипов тонкостенных корпусов различных изделий.

Рассмотрены вопросы изготовления тонкостенных корпусов небольших устройств мелкосерийного или единичного производства с использованием принципов прототипирования. С учетом требований, предъявляемых к качеству корпусов, выбрана технология ступенчатой (пошаговой) гибки, в которой используется множество последовательных V-образных изгибов для получения большого радиуса заготовки. В ходе работы изготовлены корпуса устройства с применением технологии ступенчатой гибки и гибки с использованием традиционной оснастки, при этом заданный радиус выдерживался в обоих случаях. Показано, что способ ступенчатой гибки больше подходит для единичного производства, имеет широкую универсальность, не требует применения дополнительного оборудования и оснастки помимо самого листогибочного пресса. Приведен пример практического применения данной технологии.

Список литературы

1. Яковлев С. С. Ковка и штамповка. В 4 т. Т. 4. Листовая штамповка / Под общ. ред. С. С. Яковлева; ред. совет: Е. И. Семенов (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 2010. – 732 с.
2. Бурдуковский В. Г. Технология листовой штамповки: учебное пособие. — Екатеринбург: Изд-во УрФУ, 2019. — 224 с.
3. Константинов И. Л., Сидельников С. Б. Кузнечно-штамповочное производство : учебник. – М.: НИИ ИНФРА-М, 2021. – 464 с
4. Lenard J. G. (Ed.). Metal forming science and practice. – Oxford: Elsevier Science, 2002. – 378 p.
5. Варфел Т. З. Прототипирование. Практическое Руководство. - М.: Издательство «Манн, Иванов и Фербер», 2013. - 240 с.
6. Benson S. Bending Basics. – Cincinnati: Fabricators & Manufacturers Association, 2017. - 581 pp.
7. Самусев С. В., Фадеев В. А., Сидорова Т. Ю. Разработка эффективных калибровок формовки листовой заготовки для производства прямошовных электросварных труб малого и среднего диаметров // Металлург. 2020. №7. С. 55-57.

Научное издание

Современные технологии и реверс-инжиниринг

Сборник статей

Всероссийских научно-практических конференций:
«Современные технологии: проблемы и перспективы»,

17 - 20 апреля 2023 г.

«Перспективные технологии реверс-инжиниринга и быстрого прототипирования»,
10 – 12 мая 2023 года

Главный редактор: канд. техн. наук, PhD, доц. О.В. Мухина

Изд. № 155/2023. Объем 28 п.л. Усл. печ. л. 26,04. Уч.-изд. л. 27,44.
РИИЦМ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»