

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Российская академия наук  
Российская академия архитектуры и строительных наук  
Администрация Белгородской области  
ФГБОУ ВО Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова  
Международное общественное движение инноваторов  
«Технопарк БГТУ им. В.Г. Шухова»  
Всероссийский фестиваль науки  
Областной фестиваль науки



**Сборник докладов**

**Часть 7**

**Высокоэффективные технологические процессы  
машиностроительных производств, технологическая  
робототехника**

**Белгород**

**23-24 октября 2023 г.**

УДК 005.745  
ББК 72.5  
М 43

**XV Международный молодежный форум  
«Образование. Наука. Производство»  
[Электронный ресурс]:** Белгород:  
БГТУ им. В.Г. Шухова, 2023. – Ч. 7. – 52 с.

ISBN 978-5-361-01214-5

В сборнике опубликованы доклады студентов, аспирантов и молодых ученых, представленные по результатам проведения XV Международного молодежного форума «Образование. Наука. Производство»

Материалы статей могут быть использованы студентами, магистрантами, аспирантами и молодыми учеными, занимающимися вопросами энергоснабжения и управления в производстве строительных материалов, архитектурных конструкций, электротехники, экономики и менеджмента, гуманитарных и социальных исследований, а также в учебном процессе университета.

УДК 005.745  
ББК 72.5

**ISBN 978-5-361-01214-5**

©Белгородский государственный  
технологический университет  
(БГТУ) им. В.Г. Шухова, 2023

## Оглавление

Бонадренко Н.В.

ИССЛЕДОВАНИЕ НАГРУЖЕНИЯ КОНСТРУКЦИИ УЗЛА  
ПЕРЕМЕЩЕНИЯ СХВАТОВ ПОРТАЛЬНОГО МАНИПУЛЯТОРА  
ТРАНСПОРТИРОВКИ КОНТЕЙНЕРОВ ..... 5

Горохов П.С., Коротков Д.С., Воронков И.Е.

ПОВЫШЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ  
ИЗДЕЛИЙ ..... 9

Катаев А.В., Свиридов А.С., Долгова А.А.

3D-ПЕЧАТЬ КАК ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЙ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС В МАШИНОСТРОЕНИИ ..... 13

Коваленко А. Д., Медведев А. И., Савенкова А.Ю.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТАЛЛ-ПОЛИМЕРОВ ПРИ  
ВОССТАНОВЛЕНИИ ..... 16

Кутоманов Д.Е., Столярова В.В.

ОСОБЕННОСТИ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ  
ГОРОДСКИХ ПАРКОВ..... 19

Мутовалов Э.А., Поляков В.А., Усачёв О.В.

РАЗРАБОТКА ДИСТАНЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ  
УНИВЕРСАЛЬНОГО ФРЕЗЕРНОГО СТАНКА ..... 23

Пахотин А.А., Бондаренко А.А., Волошкин А.А.

ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ  
АППАРАТОВ ..... 26

Перегородов А. А., Резанов П.Н., Давкина Н.А.

ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЕ ОСНАЩЕНИЕ МНОГОбРУСКОВОГО  
СУПЕРФИНИШИРОВАНИЯ ПРЕЦИЗИОННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ  
..... 31

Самуткин Р.Э., Романов А.В.

РАЗРАБОТКА ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ  
МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ..... 36

Черепанов М.А., Тайгин Л.А.

ЭФФЕКТИВНАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ТОКАРНО-ФРЕЗЕРНЫХ  
СТАНКОВ С УЧПУ, ИМЕЮЩИХ 3 ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ  
ГРУППЫ, РАСПОЛОЖЕННЫЕ НА ПЕРЕМЕЩАЮЩЕМСЯ  
ИНСТРУМЕНТАЛЬНОМ СТОЛЕ ..... 41

Чуев К.В.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ РАЗДЕЛКА ИЗНОШЕННЫХ ШИН..... 45

Чуев К.В., Кравченко В.М., Мутовалов Э.А.

ОСНОВНЫЕ ВИДЫ УТИЛИЗАЦИИ РЕЗИНОТЕХНИЧЕСКИХ  
ИЗДЕЛИЙ ..... 49

*УДК 681.184*

*Бонадренко Н.В.*

*Научный руководитель: Чепчуров М.С., д-р техн. наук, проф.*

*Белгородский государственный технологический университет*

*им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ НАГРУЖЕНИЯ КОНСТРУКЦИИ УЗЛА ПЕРЕМЕЩЕНИЯ СХВАТОВ ПОРТАЛЬНОГО МАНИПУЛЯТОРА ТРАНСПОРТИРОВКИ КОНТЕЙНЕРОВ**

Узел перемещения схватов портального манипулятора представляет собой важный компонент системы транспортировки контейнеров. Это устройство разработано для обеспечения эффективного и безопасного перемещения тяжелых грузов, таких как контейнеры, на различных видах территории и в различных отраслях, включая порты, склады и производственные предприятия. Портальный манипулятор – это механическое устройство, состоящее из горизонтальной балки (рельсов), подвесной тележки и схватов, которые являются активными элементами и обеспечивают захват и удержание груза. Узел перемещения схватов отвечает за горизонтальное перемещение схватов вдоль балки с использованием механической или электрической системы передвижения.

Современные узлы перемещения схватов портальных манипуляторов обладают высокой точностью позиционирования и контролем нагрузки. Они могут быть оборудованы системами автоматического управления, датчиками безопасности и системами мониторинга. Благодаря этим технологиям узел перемещения схватов обеспечивает эффективное и безопасное перемещение контейнеров, минимизируя риски повреждения груза и оборудования. Применение узла перемещения схватов в современном мире имеет широкий спектр применений.

Он значительно улучшает процессы транспортировки и логистики, позволяя более эффективно перемещать грузы и ускорять операции погрузки и разгрузки. Это особенно важно в отраслях, связанных с контейнерным транспортом, таких как международная торговля, судостроение и логистика. Узел перемещения схватов снижает физическую нагрузку на работников, а также повышает уровень безопасности на рабочих местах.

Он позволяет автоматизировать процессы перемещения тяжелых грузов, что сокращает риски возникновения травм и ошибок операций. В целом, узел перемещения схватов портального манипулятора

транспортировки контейнеров является важным технологическим решением, улучшающим производительность, эффективность и безопасность в различных отраслях, связанных с транспортировкой и логистикой.

В данной статье будет представлено наглядная схема конструкции портального манипулятора транспортировки контейнеров и схема его узла.

Робот перегружатель характеризуется системой датчиков, они позволяют выполнять роботу поставленные ему задачи только при выполнении определённых требований.

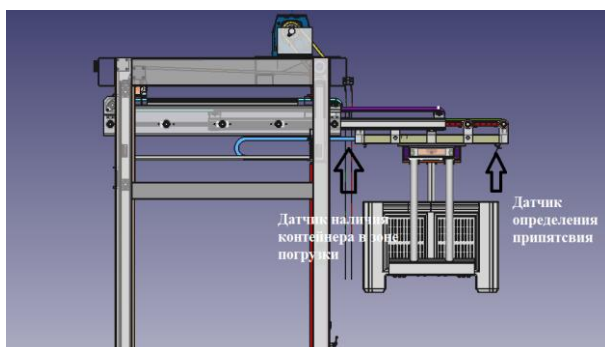


Рис.1 Расположения датчиков на роботе перегружателе

Для начала работы необходимо отрегулировать узлы нагружения схватов манипулятора они бывают нескольких типов

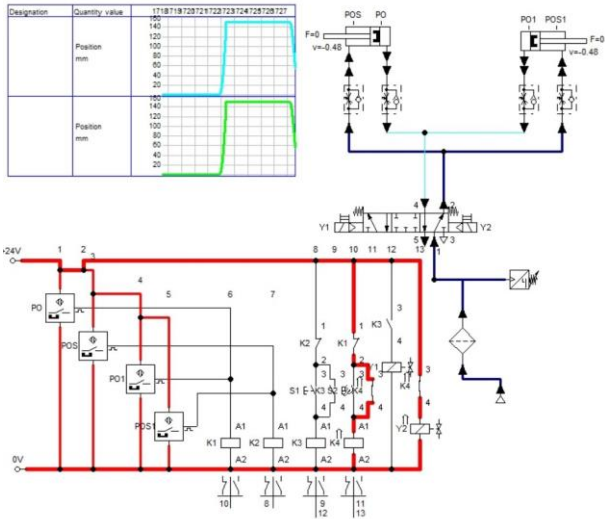


Рис.2 Открытое расположение схватов

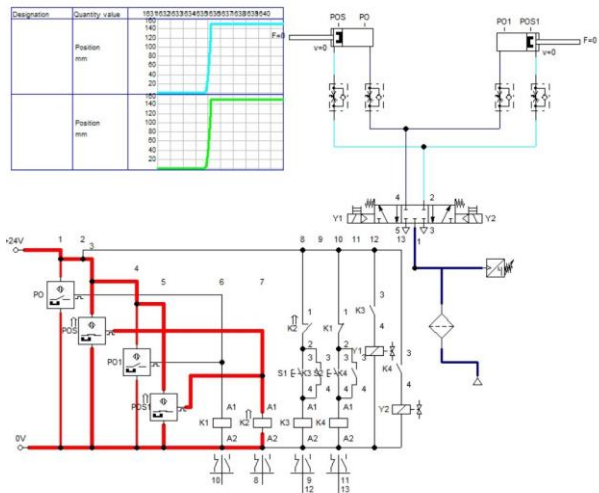


Рис.3 Закрытое расположение схватов

ГОСТ 31360-2007 "Конструктивные и технические требования к узлам и деталям механизмов манипуляторов" устанавливает общие требования к конструкции и параметрам узлов схватов манипуляторных конструкций. Узлы схватов должны обеспечивать надежное захватывание и удержание объектов. Должна быть обеспечена возможность управления схватом с помощью прямого или косвенного действия энергии. Узлы схватов должны быть изготовлены из материалов, обеспечивающих необходимую прочность и долговечность. Допускается использование стандартных размеров и типоразмеров для узлов схватов. Предусматриваются требования к габаритным и массовым параметрам узлов схватов. Узлы схватов должны быть устойчивы к воздействию различных факторов, таких как вибрации, температурные и атмосферные условия, агрессивные среды и т. д. Должны быть предусмотрены требования для обеспечения безопасности эксплуатации узлов схватов и предупреждения аварийных ситуаций. Узлы схватов должны соответствовать стандартным требованиям по маркировке, монтажу и эксплуатации.

Созданный узел нагружен конструкции, перемещения схватов играет определяющую роль в ее долговечности и надежности. Правильное учет нагрузок и конструктивные решения должны быть приняты для обеспечения безопасности и эффективности работы портального манипулятора для транспортировки контейнеров. Влияние нагрузок на конструкцию узла перемещения схватов включает в себя такие аспекты, как деформации элементов, напряженное состояние материалов, устойчивость и прочность конструкции.

*Исследование выполнено в рамках реализации федеральной программы поддержки университетов «Приоритет 2030» с использованием оборудования на базе Центра высоких технологий БГТУ им. В. Г. Шухова.*

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Чепчуров М.С. Структура автоматизированного комплекса сортировки плодоовощной продукции / Четвериков Б.С., Любимый Н.С., Лукьянов А.С. Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 4: Промышленные технологии. 2022. №4. С. 31-35.

2. Четвериков Б.С. Линия сортировки плодоовощной продукции / Чепчуров М.С., Любимый Н.С., Лукьянов А.С. Патент на изобретение 2799855 С1, 12.07.2023. Заявка № 2023109100 от 15.11.2022.



3.Чепчуров М.С., Программа управления роботом-перегрузателем /Четвериков Б.С., Крутиков А.Н., Мамбетов Э.Б., Прокопов М.В., Тетерина И.А., Миасова В.Е. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2022685652, 26.12.2022. Заявка № 2022684895 от 14.12.2022.

4. Chepchurov M.S. from path models to commands during additive printing of large-scale architectural designs Zhukov E.M., Yakovlev E.A., Matveykin V.G. Journal of Physics: Conference Series. 2020. T. 1015. № 3. С. 110.

5.Sugesti A., Mukid A., Tarno T. Perbandingan kinerja mutual k-nearest neighbor (MKNN) dan k-nearest neighbor (KNN) dalam analisis klasifikasi kelayakan kredit // Jurnal Gaussian. 2019. Vol. 8. No 3. 366-376 pp.

**УДК 621.914**

***Горохов П.С., Коротков Д.С., Воронков И.Е.***

***Научный руководитель: Блинова Т.А., канд. техн. наук, доц.***

***Белгородский государственный технологический университет***

***им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия***

## **ПОВЫШЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ**

Непрерывное развитие машиностроения характеризуется рядом факторов: повышением быстроходности и мощности, надежности и долговечности машин и агрегатов. Оно тесно связано с требованиями к повышению качественных показателей готовой продукции.

По мере развития техники вопросы повышения долговечности современных изделий приобретают все большее значение. На величину данного показателя надежности оказывают влияние разнообразные факторы, которые проявляются на разных этапах создания и эксплуатации машиностроительной продукции. Долговечность готового изделия в целом и долговечность отдельных его деталей существенно могут отличаться. Конструктором, в процессе разработки станка, машины, агрегата, закладываются фундаментальные основы долговечности и надежности отдельных узлов и деталей машин. Поэтому ошибки, допущенные специалистом, на этой стадии создания машины могут привести к недостаточной долговечности отдельных ее деталей, а, следовательно, неэкономичности или неработоспособности готового изделия. В процессе изготовления готовых машиностроительных изделий на качество и долговечность большое влияние оказывают различные технологические факторы. Надежность

и долговечность наиболее нагруженных сопряженных деталей, рабочих органов машины во многом зависят от правильного выбора метода изготовления, назначения соответствующей обработки металла, качества сборки. Таким образом, при создании машины или другого вида машиностроительной продукции используются разнообразные приемы повышения срока службы деталей и узлов.

Механическая обработка оказывает большое влияние на свойства деталей, так как происходящие физические процессы вызывают определенные изменения обрабатываемой поверхности. На точность и качество деталей большое влияние оказывает режущий инструмент. Правильный выбор конструктивных и геометрических параметров инструмента может обеспечить или улучшить качество продукции.

Одним из наиболее распространенных методов механической обработки является фрезерование. По уровню производительности оно превосходит строгание, а в условиях крупносерийного производства уступает лишь наружному протягиванию. Кинематика процесса фрезерования характеризуется быстрым вращением инструмента вокруг его оси и медленным движением подачи. В качестве инструмента используются фрезы. Они представляют собой исходные тела вращения, которые в процессе обработки касаются поверхности детали. Форма исходного тела вращения зависит от формы обработанной поверхности и расположения поверхности, от расположения оси фрезы относительно детали. При изменении оси инструмента относительно обработанной поверхности можно спроектировать различные типы фрез, при помощи которых можно изготовить заданные детали и обеспечить необходимые технические требования.

Некоторые основные типы фрез предусмотрены стандартами и нормативами машиностроения, например, фрезы дисковые пазовые, фрезы дисковые угловые, фрезы прорезные и отрезные и др. [1, 2]. Многообразие механических операций, которые выполняются на фрезерных станках, обеспечивает разнообразие типов, форм и размеров фрез. Рассмотрим некоторые из них.

На рис. 1. представлены шаровые фрезы для обработки заготовок из металлов. Кроме этого шаровыми фрезами можно обрабатывать изделия из меди, пластмасс и дерева. Они имеют полусферические режущие наконечники. В процессе обработки поверхностей инструмент сохраняет угловой радиус между перпендикулярными гранями детали [3].



Рис. 1. Шаровые фрезы

По мере развития технологий, для фрезерования на предприятиях используют улучшенные конструкции фрез.

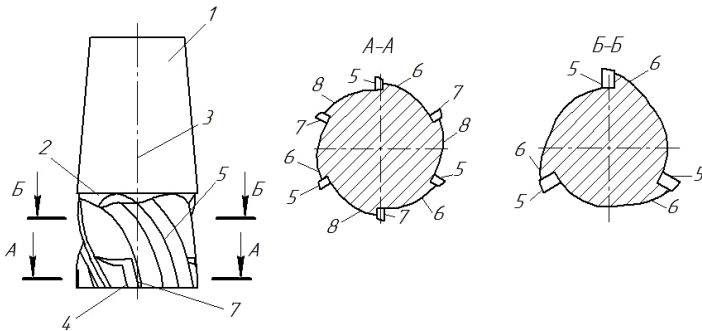


Рис. 2. Эскиз концевой фрезы: 1 – хвостовик, 2 – тело, 3 – ось, 4 – торцевая плоскость, 5 – основные винтовые режущие зубья, 6 – затылки основных режущих зубьев, 7 – дополнительные режущие зубья, 8 – затылки дополнительных режущих зубьев

Концевая фреза (рис. 2) может осуществлять врезание в изделие в осевом направлении, что важно при фрезеровании шпоночных пазов. Это стало возможно, так как дополнительно к имеющимся зубьям с боковыми цилиндрическими режущими лезвиями и торцовыми режущими лезвиями, пересечением которых являются вершины зубьев, находящиеся на боковой поверхности фрезы, выполнены два дополнительных торцовых режущих лезвия. При этом дополнительные торцовые лезвия короткие и не могут соприкасаться с боковой цилиндрической поверхностью фрезы [4].

В настоящее время повышение показателей качества при обработке резанием, так же связано с автоматизацией производства и широким применением труднообрабатываемых материалов. В связи с этим, большой резерв увеличения стойкости инструмента, повышения производительности процесса, повышения качества обработанных

поверхностей, а следовательно, увеличения долговечности деталей, заложен в ротационном резании. Его особенность заключается в частичной замене трения скольжения на трение качения при взаимодействии рабочих поверхностей инструмента с обрабатываемым материалом. Представителем применяемых режущих инструментов является фреза ротационная, которая предназначена для обработки плоских поверхностей методом торцевого фрезерования. Конструкция фрезы сборная. Данным инструментом осуществляется ступенчатое фрезерование. При этом припуск делится между резцами по глубине резания. Можно снимать слой материала до 2 мм. Особенностью конструкции данной фрезы является возможность широкой настройки и регулирования углов установки резца относительно обрабатываемой поверхности, что позволяет одним инструментом выполнять фрезерование по прямой и по обратной схеме (рис. 3).

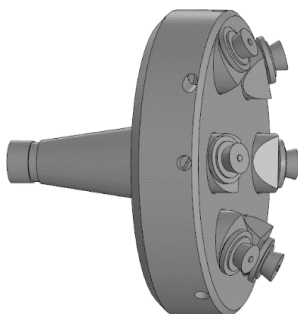


Рис. 3. Модель фрезы ротационной

Повышая долговечность деталей машиностроительных изделий, происходит сокращение расхода запасных частей, а также материалов на их изготовление, происходит снижение затрат труда при эксплуатации и ремонте машин. При этом увеличение срока службы продукции приравнивается к увеличению ее выпуска на тех же производственных площадях. Поэтому при решении задачи повышения долговечности изделий происходит увеличение мощности машиностроительных предприятий.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шатин, В. П. Справочник конструктора-инструментальщика / В.П. Шатин, Ю. В. Шатин. – М.: Машиностроение, 1975. – 456 с.
2. Зозулева, Л. А. Режущий инструмент: конспект лекций / Л. А. Зозулева, М. Н. Воронкова. – Белгород: Изд-во БГТУ: БИЭИ, 2007. – 332с.
3. <https://stal-kom.ru/freza-sharovaya-po-metallu-dlya-chego/>
4. Патент № 192840 Российская Федерация, МПК В23С 5/10 (2006.01). Концевая фреза: заявл. 18.02.2019; опубли. 02.10.2019 / Володин А. В., Черкашин В. П.

УДК 621.7

*Катаев А.В., Свиридов А.С., Долгова А.А.  
Научный руководитель: Малыха Е.Ф., канд. экон. наук, доц.  
Российский государственный аграрный университет  
имени К.А. Тимирязева*

### **3D-ПЕЧАТЬ КАК ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС В МАШИНОСТРОЕНИИ**

На сегодняшний день аддитивная технология получает все большее применение в различных областях народного хозяйства. Данный вид технологии позволяет автоматизировать и оптимизировать некоторые технологические процессы, а именно: получение новых изделий или нанесение покрытий. К аддитивным технологиям относится процесс 3D-печати. В качестве 3D-печати рассматривается процесс получения изделий путём послойного нанесения материала под воздействием высоких температур или светового излучения. При этом используется специальное оборудование: 3D-принтеры; и специальное программное обеспечение для получения и преобразования цифровой модели изделия. Стоит отметить, что 3D-печать позволяет получать изделия из разных материалов: пластмасс, композитов или металлов.

В зависимости от вида 3D-печати существует несколько разновидностей 3D-принтеров:

1. FDM и FFM
2. SLA, LCD и DLP
3. SLS и SLM

Наиболее широко используемый на сегодня тип принтеров - FDM и FFM. Данный вид принтеров основывается на следующем принципе печати: филамент (пластиковый или композитный материал) подаётся в

специальный экструдер, который обеспечивает температуру плавления филамента, укладывается слоями сначала на адгезионный стол, затем на предыдущие слои материала. Необходимую толщину слоя обеспечивает сопло экструдера.



Рис. 1 «FDM печать»

Данный вид печати является наиболее простым в технологическом плане, что влияет на низкую стоимость оборудования, процесс печати легко проконтролировать визуально, а филаменты находятся в свободной доступности на рынке.

FDM и FFM печать в машиностроении используется для получения пластмассовых и композитных готовых изделий, изготовления технических прототипов для отработки конструкции изделий, создания мастер-моделей для последующего литья.

SLA, LCD и DLP принтеры используют в своей работе ультрафиолетовое или лазерное излучение, энергия которых направлена на затвердевание материала печати. Здесь материалом печати являются жидкие фотополимерные смолы. Для создания необходимой формы изделия принтер оборудуется жидкокристаллическим экраном, устанавливаемом после ультрафиолетовых или лазерных источников, при этом материал заливается в специальную ванну, находящуюся над экраном. Такой вид печати более трудоёмкий и дорогостоящий. В оборудовании используются дорогие компоненты, что влияет на цену, а фотополимерные смолы требуют длительной постобработки после печати, они также являются ядовитыми материалами, что требует соблюдения техники безопасности. Данный вид печати позволяет получать более детализированные изделия, со сложной геометрической формой, он может быть использован для получения мастер-модели в литье.

SLS и SLM или селективное лазерное спекание в своей работе использует энергию лазера, который воздействует на порошковые материалы, спекая их. Порошковые материалы могут быть как металлическими, так и композитными. С помощью такой печати можно выполнять изделия со сложной геометрической формой, недоступной при традиционных методах обработки. Она широко применяется в авиационном и ракетостроении, где данный аспект является наиболее актуальным. Например, «ОДК Авиадвигатель» использует АТ для производства лопаток для перспективных турбореактивных двигателей ПД-35 и для изготовления кольца центробежного колеса, корпуса подшипника и корпуса уплотнителя для двигателя ВК-650В [1].

Для всех видов печати необходимо программное обеспечение: программы САПР или среда трёхмерной графики, с помощью которой цифровую модель можно преобразовать в G-code. G-code является исполняемым программным кодом для 3D-принтеров.

3D-печать позволяет машиностроителям решать широкий спектр задач невероятно быстро, качественно и точно:

1. Разработка новых деталей и механизмов (создание концептмоделей, тестовых образцов);
2. Модернизация имеющихся систем и отдельных элементов;
3. Ремонт и замена вышедших из строя деталей [2].
4. В качестве преимуществ использования 3D-печати в производстве можно выделить следующее:
5. Получение геометрически сложных изделий;
6. Сокращение сроков производства за счет полностью автоматизированного процесса печати;
7. Быстрое получение прототипов изделий;
8. Возможность управлять физико-механическими свойствами деталей.

Таким образом, 3D-печать, являясь высокоэффективным технологическим процессом, уже сегодня позволяет значительно оптимизировать и автоматизировать процессы машиностроения. Использование 3D-принтеров в производстве позволяет снизить экономические затраты, так как эти устройства существенно ускоряют процесс разработки новой продукции, в значительной степени уменьшают риски ошибки проектирования, снижают затраты на получение макета, и уже сейчас по своим ценам доступны большинству российских предприятий [2]. При этом стоит учитывать, что сегодня 3D-печать не может полностью заменить традиционные методы получения изделий, целесообразно применять данную технологию для уникальных изделий, как правило, сложной геометрической формы. При таком

использовании разработка аддитивных технологий дает предприятию большой экономический эффект за счет снижения затрат на изготовление продукции и рабочую силу, а также существенной экономии времени производства [3].

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Кирюхина, Е. А. Применение аддитивных технологий в авиационной промышленности: технологии, материалы и перспективы / Е. А. Кирюхина, М. С. Валюх // Организационно-экономические и инновационно-технологические проблемы модернизации экономики России : Сборник статей XIII Международной научно-практической конференции, Пенза, 19–20 июня 2023 года / Под научной редакцией В.Н. Лазарева, Б.Я. Тарских. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2023. – С. 58-61. – EDN LRHYED.

2. Буркова, Т. А. Особенности применения 3D печати в машиностроении / Т. А. Буркова, А. А. Перельгина // Мировая наука. – 2018. – № 11(20). – С. 50-53. – EDN YVOIWT.

3. Эттель, В. А. Исследование технологии производства деталей сложной конфигурации с помощью аддитивных технологий / В. А. Эттель, А. А. Берг, С. С. Иванов // Академическая наука - проблемы и достижения: Материалы XV международной научно-практической конференции, North Charleston, USA, 26–27 марта 2018 года. Том 2. – North Charleston, USA: CreateSpace, 2018. – С. 41-43. – EDN XQBBRZ.

*УДК 621.793.7*

*Коваленко А. Д., Медведев А. И., Савенкова А.Ю.*

*Научный руководитель: Архипова Н. А. доц.*

*Белгородский государственный технологический университет  
им. В. Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТАЛЛ-ПОЛИМЕРОВ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ**

Металл-полимеры — это многокомпонентный композиционный состав с наполнением разных металлических наполнителей, в виде порошка, волокон, ленты из разнообразных металлов (Fe, Cu, Ni, Ag, Al, Pb и др.) или их сплавов, а также волокон органической или неорганической природы. Металл-полимеры применяются в производстве моделей, форм, инструментов, в ремонте корпусов и



деталей, в заполнение различных трещин и отверстий, и даже в точечной ликвидации коррозии и во многом другом.

Металл-полимером или металл-пластиком называют материал, состоящий из двух компонентов: пластические массы и металлический порошкообразный или волокнистый наполнитель.

Наполнитель получают из Fe, Cu, Ni, Ag, Al, Pb. Вместе с двумя основными компонентами в состав металл-полимерных композиций могут также входить неметаллические минеральные вещества. Количество и вид добавок приведен химической природой полимерного связующего. Высокая прочность определяется - прилипанием металла к связующему полимеру. Так же прочность зависит от способа изготовления металл-полимера. Очень высокая прочность, термостойкость и теплопроводность – вот что отличает металл-пластик от аналогичных материалов. Электропроводимость зависит от типа металла, степени наполнения и условий переработки. Металл-полимеры применяются в условиях повышенных температурах, в жидкости, и в условиях наличия электрических и электромагнитных полей.

Металл-полимеры в машиностроение используются при восстановлении деталей машин, защитных покрытий, для создания моделей в песчано-глинистую форму, для склеивания неоднородных материалов, металлов и неметаллов (холодная сварка)

В последнее время в разных отраслях промышленности, используют технологию ремонта оборудования с помощью металл-полимерных материалов. В некоторых случаях они конкурируют с устоявшимися технологиями сварки и наплавки, и их применение становится экономически оправданным, несмотря на большую стоимость материалов.

Преимуществами использования металл-полимеров являются:

- отсутствие монтажного и температурного напряжений после ремонта;
- склеивание разнородных материалов, (металлов с неметаллами);
- восстановления деталей из разных материалов (черновые и цветные металлы, неметаллы);
- после отвердевания, их можно подвергать механической обработке;
- огромная химическая стойкость к солям, щелочам, нефтепродуктам и к другим различным агрессивным средам;

Заметим, что выгоднее выполнять обработку металл-полимерами не только отработанных, но и вновь изготовленных деталей. Расходы на металл-полимерные материалы и физические затраты на выполнение

операции нанесения минимальны, а эффект превосходит все ожидания стойкость и долговечность деталей очень сильно возрастают.

Металл-полимерные материалы хорошо работают на сжатие, разрешает их использовать в суровых условиях, даже для восстановления проектных размеров клеток прокатных станков.

Впервые вопрос об использовании металл-полимеров встал в ФРГ в 1993 году. На центральном компрессорном автотранспортном предприятии попробовали восстановить чугунную корпусную деталь с трещиной с помощью металл-полимера. Трещина составляла более 800 мм. После зачистки, обезжиривания и просушки поврежденной поверхности, на нее был нанесен «мульти-металл-чугун», а в местах где трещина имела максимальный размер, усиливался армирующей стеклотканью. Работы выполняли без демонтажа и разборки компрессора. Через 15 ч компрессор запустили в работу, и он проработал без замечаний к качеству шва более 9 лет.

Опыт восстановления треснувших чугунных блоков цилиндров показал, что такой ремонт можно рассматривать как временную меру, позволяющую без разборки двигателя в кратчайшие сроки запустить двигатель в работу. Наблюдение за починенными двигателями показывает, что в зависимости от расположения проблемного места на блоке, где произошла его разгерметизация, и интенсивности эксплуатации двигателя срок службы шва составляет от 2 до 5 лет.

Использование металл-полимеров очень выгодно в современном мире, т. к. отрасли машиностроения разрастаются с каждым днем все больше и больше, а это значит, что и проблем из-за дефектов корпусных деталей оборудования то же много, и стоит искать новые способы их восстановления. На данный момент использование металл-полимеров при починке и восстановлении корпусных деталей самый лучший и выгодный по многим параметрам вариант. В конечном итоге наибольший эффект от внедрения этих технологий восстановления промышленного оборудования может быть получен при групповом подходе, включающем использование сварочных технологий. Что позволит создавать новые, ранее неизвестные конкурентные технические решения при ремонтных и восстановительных работах в тяжелой промышленности и в металлургии.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Чепчуров М.С. Феофанов А.Н. Управление специальным станочным модулем при восстановительной обработке поверхностей

крупногабаритных деталей. Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2012. №11. С. 09-14.

2. Учебное пособие: “Основы создания композиционных материалов”, авторы Валерий Кулезнёв, Симонов-Емельянов И.Д. 1987г.в.

3. Чепуров М.С., Жуков Е.М., Схиртладзе А.Г., Оборудование с ЧПУ машиностроительного производства / - Старый Оскол: ТНТ, 2018. - 248 с.

4. Материаловедение. От технологии к применению (металлы, керамика, полимеры), авторы У. Д. Каллистер-мл., Д. Дж. Ретвич 2011г.в.

5. Восстановление корпусных деталей с помощью металл-полимеров [Электронный ресурс] <https://www.diamantmsk.ru>

6. Металл-полимеры для ремонта [Электронный ресурс] <https://tze1.ru>

**УДК 528.88**

***Кутومانов Д.Е., Столярова В.В.***

***Научный руководитель: Рябчевский И.С., асс.***

*Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **ОСОБЕННОСТИ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ГОРОДСКИХ ПАРКОВ**

Наземная оценка городских зеленых насаждений является важным шагом для городских властей, по количественной оценке, выгод от управления природоохранной деятельностью на местном уровне. К сожалению, возможность проведения таких оценок часто отсутствует или отсутствует в большинстве парков и зон отдыха из-за финансовых проблем, а также нехватки времени и персонала. Следовательно, города работают над разработкой экономически эффективных стратегий [1, 2] поддержки наземных оценок для характеристики, мониторинга (краткосрочного и долгосрочного) и управления городскими зелеными насаждениями. Одной из таких стратегий является использование дистанционного зондирования с помощью дронов. [3].

В дистанционном зондировании с помощью дронов используются беспилотные летательные аппараты (БПЛА) для преодоления многих ограничений традиционных подходов дистанционного зондирования. Традиционные методы дистанционного зондирования (например,

аэрофотоснимки или спутниковые данные) используются для оценки и мониторинга естественной среды обитания. Однако эти методы могут привести к пробелам в данных и часто недостаточны во временном и пространственном разрешении для использования в управлении сохранением масштаба участка, что часто является уровнем управления городскими лесами [4-6]. Дроны обеспечивают временную гибкость, высокое пространственное разрешение и относительно низкую стоимость материалов и эксплуатации, что делает их хорошо подходящими для дополнения методов дистанционного зондирования на уровне ландшафта и для управления отдельными городскими зелеными насаждениями в масштабе объекта [7].

Сенсорные инструменты различаются в зависимости от желаемого продукта данных и ограничений по весу дрона. Мультиспектральные датчики, которые собирают данные об отражении в различных диапазонах электромагнитного спектра, являются мощными инструментами для оценки и мониторинга состояния растительности, поскольку уникальная спектральная характеристика растительности раскрывает ценную информацию о ее биофизических свойствах и состоянии, от отдельных листьев до древостоев. Эти свойства количественно оцениваются с использованием спектральных индексов растительности (VI). Практическое использование VI для решения многих задач управления природоохранной деятельностью на местном уровне требует более высокого временного и пространственного разрешения, чем традиционные методы дистанционного зондирования, что делает дроны, оснащенные мультиспектральными датчиками, полезными и гибкими альтернативами для удовлетворения этих потребностей. Спектральные VI обычно применяются в точном земледелии, подходе к урожайности и мониторингу сельскохозяйственных культур, который использует дроны для повышения урожайности и прибыли при одновременном снижении уровня традиционных ресурсов, таких как удобрения, гербициды и инсектициды, воды и земли.

Данные о различных экологических переменных собираются на каждом участке в соответствии с протоколами. Затем необработанные данные были суммируются для каждой переменной, чтобы описать показатели здоровья леса для каждого участка. Чтобы охарактеризовать состав городских лесов, определяются все древесные, вьющиеся и травянистые породы в верхнем и среднем ярусе каждого участка и рассчитываются показатели разнообразия на уровне участка. Состояние леса обобщается для каждого участка на основе полевых измерений всей соответствующей растительности в кадастрах растительности

верхнего и среднего яруса (например, состояние деревьев верхнего яруса, виноградных лоз, площади у основания), а также воздействия на участок. Деревьям с перерастанием присваивается рейтинг жизнеспособности по 5-балльной шкале (1 = здоровый, 5 = мертвый), которая кумулятивно оценивала отмирание деревьев, дефолиацию, отмирание ветвей и ветвей, а также участки с отсутствующей кроной.

Визуальная оценка доли каждого участка, покрытого инвазивными видами растений, используется для количественной оценки воздействия инвазивных видов (среднее значение независимых оценок полевой бригады из двух человек) с целью улавливания инвазивной растительности, которая не подходила для верхнего и среднего этажа. Повреждение деревьев (крупный древесный мусор на лесной подстилке и/или стволах, мертвые коряги), модификация почвы (нарушения, ямы и/или насыпи), мелкий древесный мусор, а также воздействие антропогенных свалок (мусор, строительные материалы, мусор) в пределах каждого график был определен количественно с использованием того же метода визуальной оценки.

Крутой рельеф и высокие лесные пологи создают проблемы с прямой видимостью, которые относительно невелики по сравнению с сельскохозяйственными применениями дистанционного зондирования с дронов с низким пологом. Сшивка изображений также может создавать проблемы при обработке изображений на крутых склонах и густых пологах. Одним из преимуществ подхода является получение статических изображений с участков, что устраняло необходимость объединения изображений с дронов. Одним из существенных недостатков такого подхода является объединение значений коэффициента отражения пикселей по всему объекту в одно значение VI, что ставит под угрозу преимущества изображений с дронов в высоком разрешении. Альтернативные подходы, которые могли бы сохранить эти преимущества, включают в себя картографирование отдельных деревьев или небольших участков растительности с недостатком, заключающимся в необходимости сбора дополнительных полевых данных для определения точного местоположения отдельных деревьев и/или растительности среднего яруса и подлеска.

Эффективное управление сохранением городских зеленых насаждений требует проведения комплексной экологической инвентаризации в районах с высоким природоохранным потенциалом, чтобы установить основу для долгосрочного управления. Для многочисленных агентств, участвующих в управлении городскими зелеными насаждениями, крайне важны эффективные и экономически выгодные стратегии по заполнению пробелов в данных. Эффективное

сочетание методов отбора проб с земли и дистанционного зондирования с помощью дронов может помочь в этих усилиях и улучшить управление природоохранной деятельностью. Необходимо изучить взаимосвязь между сбором полевых данных и индексами растительности, чтобы протестировать новое применение дистанционного зондирования с помощью дронов в городском лесу.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рябчевский И.С., Феодосов С.В. Нормативное регулирование экологического планирования городской среды // В сборнике: Наука и инновации в строительстве. Сборник докладов VI Международной научно-практической конференции, посвященной 50-летию кафедры строительства и городского хозяйства. Белгород, 2022. С. 261-264.

2. Рябчевский И.С., Феодосов С.В. Экологическое нормирование транспортной и городской инфраструктуры // В сборнике: Наука и инновации в строительстве. Сборник докладов VI Международной научно-практической конференции, посвященной 50-летию кафедры строительства и городского хозяйства. Белгород, 2022. С. 264-267.

3. Рябчевский И.С. Информационное моделирование зеленого строительства // В сборнике: Образование. Наука. Производство. XIII Международный молодежный форум. Белгород, 2021. С. 894-898.

4. Alonzo M., McFadden J.P., Nowak D.J., Roberts D.A. Mapping urban forest structure and function using hyperspectral imagery and lidar data // *Urban For. Urban Green.*, 17 (2016), pp. 135-147.

5. Anderson K., Gaston K.J. Lightweight unmanned aerial vehicles will revolutionize spatial ecology // *Front. Ecol. Environ.*, 11 (3) (2013), pp. 138-146.

6. Banu T.P., Borlea G.F., Vanu C. The use of drones in forestry // *J. Environ. Sci. Eng. B*, 5 (11) (2016), pp. 557-562.

7. Орехова А. В. Использование материалов дистанционного зондирования для мониторинга объектов населенного пункта // *Экономика и экология территориальных образований.* – 2017. – №3. – 129–133.

*Мутвалов Э.А., Поляков В.А., Усачёв О.В.*  
*Научный руководитель: Чепчуров М.С., д-р техн. наук, проф.*  
*Белгородский государственный технологический университет*  
*им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## РАЗРАБОТКА ДИСТАНЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ УНИВЕРСАЛЬНОГО ФРЕЗЕРНОГО СТАНКА

Научно-технический прогресс в области машиностроения прямо влияет на развитие всех отраслей в стране, являясь ключевым сектором экономики. Качество и объем производства, производимого в различных областях, которые формируют функционирование рыночной экономики, в значительной степени зависят от состояния машиностроения.

В современных условиях развитию машиностроения уделяется значительное внимание. Одним из существенных факторов, оказывающих влияние на развитие данной области в настоящее время, является прогресс в области вычислительной техники (ЭВМ).

Развитие высшей техники в машиностроении привело к появлению станков с ЧПУ и автоматизации систем. Однако развитие малых предприятий, неспособных приобрести дорогостоящее автоматизированное оборудование, требовало модернизации технологического оборудования, такого, как фрезерный станок 675П

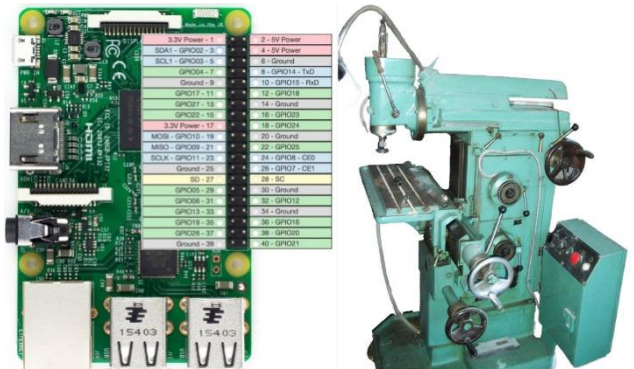


Рис. 1 Универсально-фрезерный станок и Raspberry Pi 4 Model B

Станок 675П является универсально фрезерным станком (рис. 1а). Для модернизации универсального фрезерного станка в ЧПУ

фрезерный станок с помощью микро-ЭВМ необходимо выбрать подходящую микро-ЭВМ, на базе микроконтроллера Raspberry Pi 4 Model B (рис. 16). Сама модернизация происходит следующим образом: на пульт управления станка устанавливается одноплатный компьютер Raspberry Pi 4 и с помощью планшета осуществляется дистанционное управления станком. Raspberry Pi – это сверхбюджетные микрокомпьютеры с центральным процессором на ARM-архитектуре и аппаратными портами ввода-вывода GPIO (General Purpose Input/Output, англ. входы/выходы общего назначения) на плате, что определяет универсальность его использования (в т.ч. в качестве УЧПУ). Рекомендуемой ОС является Linux-дистрибутив Raspbian (на базе Debian).

Для вывода видеосигнала на внешнее устройство производителем в зависимости от конкретной модели могут быть предусмотрены разъемы форматов HDMI, microHDM и RCA. Соответственно, подключать можно любое устройство, доступное для приёма видеосигнала. Также можно использовать планшет на базе ОС Android в качестве дистанционного монитора при условии подключения обоих устройств к одной сети Wi-Fi.

Она должна иметь достаточную вычислительную мощность для управления станком в реальном времени, с помощью планшета осуществляется дистанционное управления станком.

Схема подключения микро-ЭВМ к станку показана на схеме (рис.2).

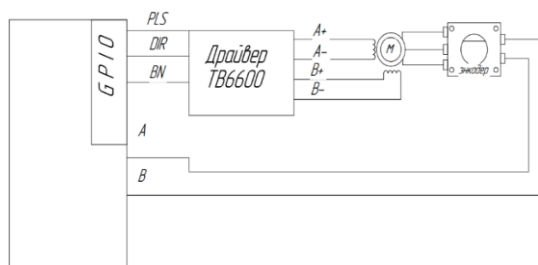


Рис.2 Электрическая схема соединения станка 675Pi и Raspberry Pi 4

Устанавливаем шаговые двигатели на оси X, Y и Z вместо существующих двигателей. Шаговые двигатели позволяют точно контролировать перемещение по осям.

Используем драйверы на базе микросхем для управления шаговыми двигателями с Raspberry Pi 4. Для этого подбираем драйверы



модели ТВ6600. Это мощные драйверы шагового двигателя, способные управлять биполярными шаговыми двигателями.

Выбор драйвера зависит от требуемой мощности, типа и настроек управления для конкретного применения.

Подключаем блок питания 12V к клеммам VMOT и GND на модулях ТВ6600. Это обеспечит питание для двигателей.

Подключаем оба двигателя к выходам A+, A-, B+, B- на соответствующих драйверах ТВ6600.

Подсоединяем драйвер к GPIO портам Raspberry Pi 4. Например, используйте пины GPIO 14, 15, 18 для одного драйвера и пины 23, 24, 25 для второго.

Установим библиотеку RPi.GPIO для управления GPIO портами из Python кода.

Напишем программу на Python для генерации широтно-импульсной модуляции (ШИМ) сигналов, чтобы управлять скоростью и направлением вращения двигателей.

Для управления направлением вращения каждого двигателя используем 4 пина (IN1, IN2, IN3, IN4).

Для плавного вращения пользуемся ШИМ на пинах ENABLE для каждого драйвера. Далее нужно установить датчики обратной связи, например, оптические или магнитные энкодеры (рис.3).



Рис. 3 Драйвер ТВ6600

Чтобы определять текущее положение осей, обычно идут вместе с шаговыми двигателями.

Ключевой этап – написать программу для микро-ЭВМ на языке программирования, например, Python, которая будет принимать G-код, переводить его в сигналы для двигателей и контролировать их позицию по датчикам обратной связи.

Устанавливаем пульт ручного управления с джойстиком или кнопками для возможности управления станком вручную.

Осталось протестировать работу станка, отладить программу управления и механику перемещения осей.

Для соблюдения ТБ установить защитные ограждения, кнопки аварийной остановки для безопасной работы.

Таким образом, используя доступные компоненты автоматизации и программируя управление, можно сравнительно недорого преобразовать универсальный станок в станок с ЧПУ.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. А. И. Голембиевский. / Системы управления технологического оборудования : учеб.-метод. комплекс для студентов спец. 1-36 01 03 «Технологическое оборудование машиностроительного производства» – Новополоцк : ПГУ, 2009. – 308 с. ISBN 978-985-418-950-5.

2. Чепчуров М.С. / Модернизация управления приводом фрезерного станка с чпу при использовании пк . Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2008. № 7. С. 13-15.

3. Чепчуров М.С., Тюрин А.В. / Модернизация токарных автоматов продольного сечения с использованием мехатронных модулей Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2012. № 7. С. 10-13.

4. Чепчуров М.С., Воронкова М.Н. / Модернизация координатно-расточного станка с использованием датчиков линейных перемещений Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2011. № 6. С. 17-19.

*УДК 533.65.013.622*

*Пахотин А.А., Бондаренко А.А., Волошкин А.А.  
Научный руководитель: Рыбак Л.А., д-р техн. наук, проф.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Отмечается прогресс в широком спектре технологий, создание беспилотников, от малозаметных планеров до высокотехнологичных аэродинамических конструкций. Топливные элементы и механизмы, работающие на тяжелом топливе. [1]

Современные технологии в аэродинамике, композиционных материалах, навигационных системах, компьютерной технике и

робототехнике позволили создать новые беспилотные авиационные системы. В настоящее время беспилотный летательный аппарат (БЛА) занимает важное место в деятельности современных компаний. Наиболее приоритетными направлениями являются: оборона, спасательные и поисковые операции, экологическая деятельность, научно-исследовательские и экологические исследования. В Арктике все более актуальным становится освоение и охрана природных ресурсов. Роботы-беспилотники входят в реакторы аварийных ядерных реакторов и спускаются на вулканы, чтобы патрулировать морские границы. Иными словами, развитие технологий, новые возможности в области безопасности позволяют человеку все активнее отправлять беспилотные аппараты-роботы вместо себя в самые труднодоступные места.

В целом, беспилотные летательные аппараты играют все большую роль в мире обороны и стратегии, предлагая новые возможности для военных операций и других отраслей. Однако, они также вызывают различные вызовы и требуют более глубокого обсуждения и регулирования. [2]

По разнообразию конструкции существует 4 основных типа беспилотных летательных аппаратов (Рис. 1):

1. Мультироторные БПЛА: Это самые распространенные беспилотные системы, которые используют несколько маленьких роторов для вертикального взлета и посадки. Они обычно имеют компактные размеры и могут выполнять широкий спектр задач, таких как наблюдение, патрулирование и доставка грузов.

2. Планеры: Эти БПЛА имеют крыло, похожее на крылья самолета, и могут использоваться для длительных полетов на большие расстояния. Они обычно оснащены электрическими или гибридными двигателями, что делает их более эффективными по сравнению с мультироторными системами.

3. Самолеты-беспилотники: Эти БПЛА имеют традиционную конструкцию самолета с фиксированным крылом и обычно используются для более сложных миссий, таких как разведка, боевые операции и научные исследования. Они могут быть оснащены различными датчиками и оружием.

4. Вертолеты: Это БПЛА, которые используют вертикальный взлет и посадку, как у обычных вертолетов. Они могут летать в низкой скорости и подниматься на высоту, что делает их идеальными для задач, требующих точности и маневренности, таких как поисково-спасательные операции и обслуживание линий электропередач.

Развитие каждого из этих типов БПЛА продолжается, с улучшением навигационных систем, увеличением автономности и расширением функциональности. Это открывает новые возможности для применения беспилотных систем в различных областях деятельности.



Рис.1. 4 основных типа беспилотных летательных аппаратов:  
а – мультироторные; б – с неподвижным крылом,  
в – однороторный; г – гибридный тип.

Благодаря анализу работ, посвященных вопросам управления БПЛА, стало ясно что в практическом применении не используются современные методы управляющие БПЛА: теории обратных задач динамики управляющих систем с вариационным исчислением и оптимального регулирования. Применение таких методов дает возможность применять траекторный подход вместо координатного и временных графиков движения БПЛА, которые в настоящий момент используются для целей программирования полетов летательных аппаратов. Такой подход позволяет эксплуатантам БПЛА при получении полетного задания выбрать наиболее подходящую под конкретную ситуацию траекторию полета БПЛА. При этом будет учитываться, как желание эксплуатантов наиболее эффективно выполнить полученное задание, так и опыт выполнения предыдущих полетов БПЛА. После формирования требуемой траектории полета БПЛА методами теории обратных задач определяется управление, обеспечивающее движение БПЛА по этой траектории. Последнее проверяется путем моделирования полета БПЛА при найденном управлении.

Основными характеристиками, отличающими БПЛА самолетного и вертолетного типа от пилотируемых самолетов и вертолетов их пользу, являются:

- Малозаметность БПЛА во всех диапазонах радиоволн, что делает их весьма живучими в условиях противовоздушной обороны противника

- Способность взлетать практически над любой местностью и без подготовительных работ;

- Возможность поддерживать высокий уровень готовности практически неограниченное время;

- Сокращение времени обучения и снижение затрат на подготовку операторов наземных центров управления БПЛА по сравнению с подготовкой экипажей пилотируемых БПЛА;

- Значительно меньшая стоимость (на порядок или два, в зависимости от назначения и параметров БПЛА) и непрерывность производства;

- Возможность предоставления потребителями информации практически в режиме реального времени;[3]

Также БПЛА используется при строительстве. Съёмка беспилотным летающим аппаратом выполняется посредством определения координат базовых точек и привязки к ним квадрокоптера, создание траектории полета на основе полученных координат. Далее квадрокоптер собирается, включается и происходит его запуск. По завершению съёмки, с квадрокоптера на компьютер оператора передается ведомость координат. Далее происходит дальнейшая обработка координат и привязанных к ним снимков, отрисовка ортофотоплана, плотного облака точек, трехмерной карты высот в программном комплексе.

Программно-аппаратный комплекс, состоящий из БПЛА решает задачи не только по построению актуальной пространственной модели строительной площадки, но и по расчету оптимальных маршрутов движения бульдозеров и скреперов с учетом модели техники, ее технических характеристик и актуального рельефа площадки. Система способна предлагать оптимальную модель техники, оптимальную траекторию движения, что обеспечивает существенное снижение затрат на топливо и обслуживание техники. [4]

**БПЛА самолетного типа.** Этот тип аппаратов известен также как БПЛА с жестким крылом. Подъемная сила этих аппаратов создается аэродинамически за счет потока воздуха, протекающего через неподвижное крыло. Устройства этого типа обычно характеризуются большим временем полета, большой высотой полета и высокими скоростями. Существует множество подтипов БПЛА авиационного типа, отличающихся формой крыла и фюзеляжа. Почти все типы

планеров и фюзеляжей пилотируемых самолетов применимы и к беспилотным самолетам.

**БПЛА вертолетного типа.** Данный тип самолетов имеет один или несколько винтов и является классическим вертолетом. Сила подъема у подобных аппаратов также создается за счет аэродинамических сил, но только в отличие от крыльев это происходит вращением лопастей несущего винта (винтов). Данный тип БПЛА имеет как правило один или несколько винтов, что является классическим вертолетом. Такие аппараты имеют подъемную силу, которая создается за счёт аэродинамических сил. Однако в отличие от крыльев сила подъема происходит вращением лопастей несущего винта (винтов).

Практический выбор того или иного БПЛА зависит, в первую очередь, от предполагаемых целей его использования, от наличия квалифицированных специалистов, обладающих компетенциями, знаниями, навыками по управлению БПЛА и, конечно, стоимостью самого аппарата. Для картографирования местности наиболее эффективно использовать БПЛА самолетного типа, ввиду возможности полета на большей высоте и скорости. Для обработки почвы или мониторинга местности, более предпочтительны БПЛА вертолетного типа, которые имеют возможность зависать над наблюдаемым объектом. В аспекте их применения и потенциала БПЛА показывают невероятный вектор устремленного в будущее развития.

*Работа выполнена при поддержке государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по гранту FZWN-2023-0009.*

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Крамарь В. А. Беспилотные летательные аппараты, их электромагнитная стойкость и математические модели систем стабилизации: монография / А. Н. Володин, Е. В. Евтушенко, В. П. Макогон, А. И. Харланов. — Москва : ИНФРАМ, 2021. — 180 с.

2. Мячкина, Н. Область применения беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в современном мире // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В. Г. Шухова: сборник трудов конференции 01-20 мая. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова, 2017. – С. 4736 – 4739.

3. Моделирование и исследование процессов управления квадрокоптером / В. Е. Павловский, С. Ф. Яцун, О. В. Емельянова, А. В.

Савицкий // Робототехника и техническая кибернетика. – 2014. - № 4 (5). – С. 49-57.

4. Dubova, A.A. Virtual Prototype of AGV-Based Warehouse System. / Bushuev, D.A., Rubanov, V.G. // 2020 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies FarEastCon, 2020.

*УДК 621.923*

*Перегородов А. А., Резанов П.Н., Давкина Н.А.  
Научный руководитель: Давиденко О.Ю., д-р техн. наук, проф.  
Саратовский государственный технический университет  
имени Гагарина Ю.А., г. Саратов, Россия*

## **ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЕ ОСНАЩЕНИЕ МНОГОбРУСКОВОГО СУПЕРФИНИШИРОВАНИЯ ПРЕЦИЗИОННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ**

В современных рыночных реалиях базисной материальной основой повышения эффективности отечественного производства выступает внедрение инновационных подходов к изготовлению и выпуску конкурентоспособной на международной арене продукции. Ключевой отраслью, обеспечивающей экономическую независимость и безопасность государства, безусловно, является машиностроение, ведь именно технический потенциал – основная метрика оценки научного, экономического и военного уровня развития страны. Поэтому от инноваций в машиностроении в первую очередь зависит успех развития прогрессивных технологий, масштабы и темпы внедрения современного оборудования, уровень механизации и автоматизации всех остальных отраслей промышленности народного хозяйства.

Одним из наукоемких и вместе с тем наиболее чувствительных к необходимости внедрения инноваций направлений машиностроительной отрасли является подшипниковостроение. Это объясняется постоянным ростом объемов производства в военной промышленности, на предприятиях автомобилестроения, станкостроения, атомной энергетики, космонавтики и авиастроения [1,2]. И подшипник представляет собой незаменимое устройство во вращающихся узлах самых разных машин, механизмов, приборов. Именно общая потребность в производстве этого продукта на принципиально качественно новом техническом уровне дает дополнительные векторы развития научному сообществу. Работы ведутся в направлениях модифицирования структур материалов, из которых производятся конструктивные элементы подшипников [3,6],

внедрения новых конструкций [7], улучшения методов и способов обработки, как тел качения, так и колец [8-11], а также разработки более точного и совершенного обрабатывающего инструмента [12]. Данная работа посвящена рекомендациям по выбору брусков, краткому обзору используемых современных абразивных композиций, а также исследований в области разработок брусков рациональных конструкций для одной из наиболее важных стадий достижения точностных параметров в процессе механической обработки колец роликовых подшипников – суперфиниширования.

Суперфиниширование представляет собой современный метод, позволяющий эффективно обеспечивать исправление погрешностей геометрической формы дорожек качения колец подшипников в поперечном и продольном сечении, а также формировать рациональный профиль с высоким качеством. Главным формообразующим инструментом является брусок, закрепленный в инструментальной головке или брускодержателе в зависимости от особенностей конструкции обрабатывающего оснащения. В качестве метода изготовления заготовки бруска для суперфиниширования применяется литье, реже – прессование [4,5].

Первым шагом при выборе инструмента является определение формы и размеров бруска, применимой к тому или иному виду суперфиниширования. Выбор осуществляется на основании размерного ряда, регламентированного в ГОСТ 33534-2015 «Бруски и сегменты шлифовальные. Технические условия» [13]. При многобрусковой обработке колец роликовых подшипников наблюдается схема с вращением детали, вокруг которой вращаются и бруски, закрепленные в инструментальной головке, что обуславливает выбор брусков с квадратным поперечным сечением типа «БКв».

Вторым шагом является определение материала абразивного материала, который в большинстве случаев представлен корундом или карбидом кремния. Корунд представляет собой кристаллический оксид алюминия ( $Al_2O_3$ ) и в зависимости от его чистоты его состава он подразделяется на нормальный, электрокорунд титанистый и электрокорунд белый. Нормальный и титанистый корунд выплавляются из кальцинированного боксита, а электрокорунд белый – из чистого глинозема при температуре около 2000 °С. Карбид кремния ( $SiC$ ) – это синтетическое изделие, производимое из кварцевого песка и кокса при температуре около 2200 °С. Различают зеленый и черный карбид кремния с немного большей вязкостью. Карбид кремния тверже, более хрупкий и имеет более острые кромки, чем корунд. Карбид кремния применяют главным образом для обработки твердых и хрупких



материалов, таких как серый чугун и высокопрочные металлы, а также цветные металлы. Для инструментов, используемых при суперфинишировании, в качестве абразивов применяются кристаллические высокопрочные материалы синтетического изготовления, такие как белый электрокорунд (оксид алюминия) марок 23А, 24А, 25А и зеленый карбид кремния марок 63С, 64С.

Современные достижения в материаловедении позволили изготавливать бруски из синтетических алмазных порошков высокой прочности марок АС4, АС6, АС15 и др., а также из кубического нитрида бора.

Третьим шагом выбора параметров инструмента является определение зернистости бруска. Для суперфиниширования принято выбирать зернистость в диапазоне от М28 до М7 единиц. Выбор зернистости зависит от технических требований, предъявляемых к шероховатости обработанной поверхности. Например, для достижения параметра микрорельефа поверхности по показателю Ra от 1,0 до 0,63 мкм применяют бруски с зернистостью М28-М14, при шероховатости поверхности Ra от 0,63 до 0,32 мкм применяют бруски уже с зернистостями М14-М10.

Четвертым шагом является определение твердости бруска – характеристики прочности, с которой абразивное зерно удерживается в объеме связки. Бруски для суперфиниширования выполняются на основе керамической связки - специальной смеси из таких сыпучих измельченных компонентов, как огнеупорная глина, пламень (полево шпат, борное стекло), тальк и др с пропитками из бакелита или серы для повышения износостойкости. В зависимости от количества компонентов в составе имеется градация твердости: ВМ1 и ВМ2 – весьма мягкий брусок, М1, М2 и М3 – мягкий, СМ1 и СМ2 – среднемягкий. Именно бруски с твердостью от ВМ1 до СМ2 наиболее часто используются при суперфинишировании колец подшипников.

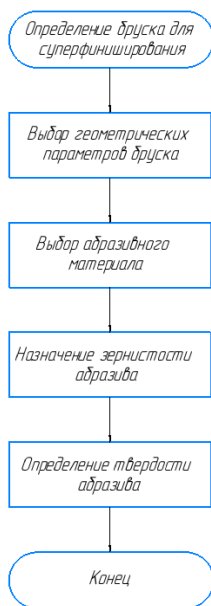


Рис. 1. Линейный алгоритм определения бруска для суперфиниширования колец подшипников

Таким образом, на основании приведенных данных сформирована алгоритмическая линейная блок-схема для выбора наиболее оптимального абразивного инструмента (рис.1). В связи с активной работой научного сообщества по преобразованию абразивных составов и внедрению новых классификаций данная последовательность выбора параметров инструмента может быть полезна для специалистов, работающих в области суперфинишной обработки.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. URL:<https://roif-expert.ru> (дата обращения 27.09.2023)
2. URL:<https://vc.ru> (дата обращения 27.09.2023)
3. Абразивная и алмазная обработка материалов: справочник / под ред. А.Н. Резникова. М.: Машиностроение, 1977. 391 с
4. Тюрин А.Н., Королев А.В., Королев А.А. Энергия взаимодействия инструмента и заготовки при суперфинишировании //

Вестник Саратовского государственного технического университета. 2007. № 4 (28). С. 71-81.

5. Кремень, З. И. Хонингование и суперфиниширование деталей / З. И. Кремень, И. Х. Стратиевский; Под ред. Л. Н. Филимонова. - 3-е изд., перераб. и доп. - Ленинград : Машиностроение : Ленингр. отд-ние, 1988. С. 134

6. Перегородов, А. А. Особенности использования полимерных материалов для неметаллических подшипников качения / А. А. Перегородов // Вестник Саратовского государственного технического университета. – 2020. – № 3(86). – С. 57-62.

7. Перегородов, А. А. Экспериментальные исследования механических характеристик тел качения нормируемой жесткости / А. А. Перегородов, О. П. Решетникова, Б. М. Изнаиров [и др.] // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2021. – № 10. – С. 561-569.

8. Перегородов А.А., Одайник М.В., Современные методы суперфиниширования рабочих поверхностей колец подшипников качения. Сборник материалов III Международной научно-практической конференции «Развитие современной науки и технологий в условиях трансформационных процессов». 2022. С. 79-86.

9. Давиденко, О. Ю. Имитационная совместная доработка деталей подшипников качения / О. Ю. Давиденко, Н. В. Белоусова // EUROPEAN RESEARCH : сборник статей XXI Международной научно-практической конференции: Часть 1. – Пенза, 2019. – С. 165-167.

10. Патент № 2 070 850 В24В 19/06. Устройство для абразивной обработки беговых дорожек колец подшипников/ Королев А.В, Рабинович Л.Д., Бржозовский Б.М.; Патентообладатель: Товарищество с ограниченной ответственностью "Научно-производственное предприятие нестандартных изделий машиностроения". – № 93010629/08; заявл. 01.03.1993. опубл. 27.12.1996.

11. Королев А.В., Давиденко О.Ю., Решетников М.К. Кинематические особенности криволинейного суперфиниширования // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2011. № 4 (59). Вып. 1. С. 155-160

12. Коршунов, В. Я. Выбор оптимальных характеристик абразивных брусков для процесса суперфиниширования деталей из термообработанных сталей / В. Я. Коршунов // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. – № 6(64). – С. 52-56.

13. ГОСТ 33534-2015. Бруски и сегменты шлифовальные. Технические условия. М., 2020. С. 20.

*Самуткин Р.Э., Романов А.В.*

*Научный руководитель: Хусаинов Р.М., канд. техн. наук, доц.  
Набережночелнинский институт КФУ, г. Набережные Челны, Россия*

## **РАЗРАБОТКА ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ**

Одним из основных факторов перехода к «умному производству» (smart factory) в рамках концепции является разработка и внедрение цифровых двойников производства [1]. Цифровой двойник производства есть совокупность цифровой модели производственных процессов. Одним из важных компонентов цифрового двойника является цифровая модель технологической оснастки, в частности, зажимных приспособлений для станков с ЧПУ [2]. Цифровую модель этого объекта можно создать в САД – системе, однако существует определенная специфика в их проектировании.

Перспективным методом проектирования технологической оснастки, в частности, приспособлений, является метод «сверху вниз», при этом узлы, компоненты, элементы приспособления проектируются в контексте сборки. Такой метод предполагает следующую последовательность процедур:

1. Определение схемы базирования и закрепления заготовки.

2. Создание модели сборки. Применение метода проектирования сверху вниз предполагает наличие базового компонента, относительно которого будут размещаться все остальные, а также геометрия которого будет являться опорной при выполнении других геометрических операций. Для конструкции приспособления таким базовым компонентом должна быть модель заготовки.



Рис. 1 Связи между компонентами приспособления

3. Остальные компоненты будут проектироваться в контексте сборки. Создание компонентов необходимо вести, придерживаясь принципа иерархичности компонент приспособления, а также связей между ними, на основе следующей схемы (рис. 1).

Рассмотрим процесс приспособления на примере зажима заготовки детали типа вал (рис. 2).

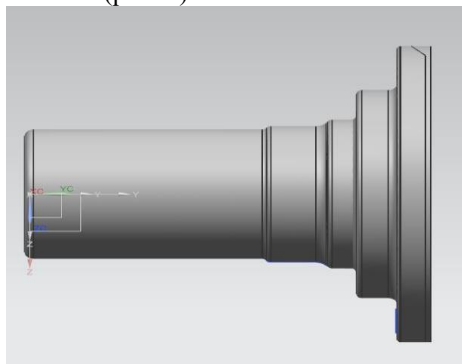


Рис. 2 Заготовка, подлежащая обработке

При обработке заготовки на горизонтальном обрабатывающем центре необходимо отфрезеровать оба торца заготовки и обработать отверстия. Базироваться и зажиматься заготовка будет по двойной направляющей базе – наружным цилиндрическим поверхностям, и опорной базе – внутреннему торцу фланца, с использованием призм [3]. Непосредственно контактировать заготовка будет с опорными пластинами этих призм. Далее создается файл нового компонента, компонент делается рабочим, выбирается функция создания

ассоциативной геометрической связи. В качестве исходной геометрии выбирается грань – наружная цилиндрическая поверхность (рис. 3)

С применением этой исходной геометрии удобно создавать эскизы и вспомогательные линии для дальнейших построений. Таким образом, новая плоскость строится на основе ребра выбранной исходной грани (рис. 4).

На этом эскизе построим вспомогательную кривую для ориентации и привязки основных линий эскиза. Этой кривой является окружность, построенная из исходной грани с применением функции проецирования кривой. При выполнении такого построения она создается как основная, что может помешать при создании трехмерной геометрии, поэтому ее преобразуем во вспомогательную.

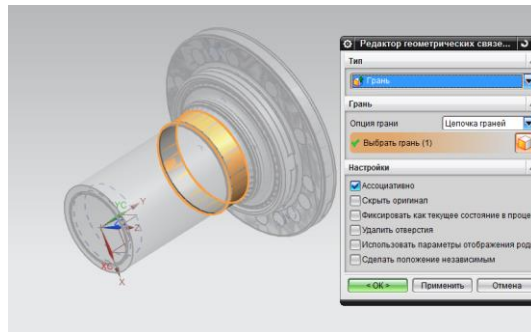


Рис. 3 Выбор исходной геометрии для создания ассоциативной связи

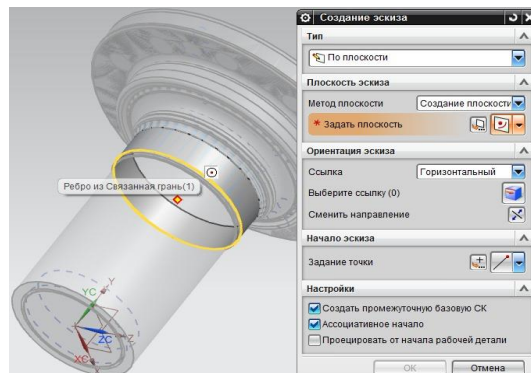


Рис.4 Создание эскиза по исходной геометрии

Строим еще одну вспомогательную прямую – отрезок под углом  $210^{\circ}$  – нормаль к поверхности пластины. С использованием условия

перпендикулярности к этому отрезку строится прямоугольник с размерами, соответствующими сечению проектируемой пластины (рис.5).

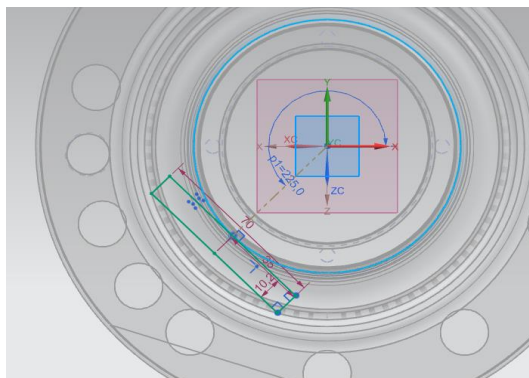


Рис. 5 Создание сечения пластины

Далее, с применением операции вытягивания создается трехмерная модель пластины (рис. 7).

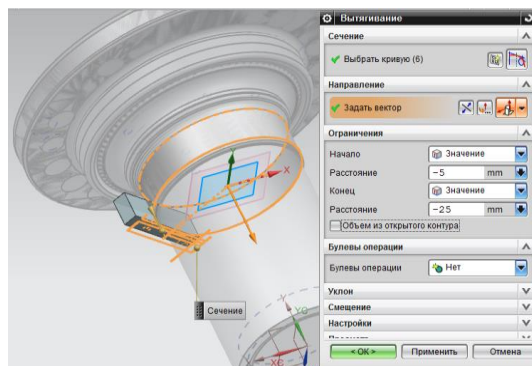


Рис. 6 Создание трехмерной модели пластины

С использованием аналогичных функций и связей между компонентами по рис.1 создаются все элементы приспособления в контексте сборки. С применением трехмерной модели приспособления можно создать его сборочный чертеж, детализовки его элементов, схему сборки приспособления (взрыв-схему), выполнить инженерные расчеты.

Полученная модель приспособления может использоваться для разработки операционных технологических процессов в САМ-системах [4. 5].

Таким образом, при создании цифрового двойника производства, важное значение приобретает разработка приспособления с применением трехмерной геометрии.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Говорков А.С., Лаврентьева М.В. Производственная среда, как основа цифрового предприятия // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. 2022. № 5. С. 42-48.

2. Рябова Ю.В., Рябов Е.А. Цифровые двойники механосборочных производств: необходимость и перспективы внедрения // В сборнике: XIII Камские чтения. сборник докладов Всероссийской научно-практической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых. Набережные Челны, 2021. С. 42-45.

3. Андреев И.Г., Пономарев М.Д., Балабанов И.П. Анализ существующих технологий производства кронштейнов для грузовых автомобилей // В сборнике: «Автомобилестроение: проектирование, конструирование, расчет и технологии ремонта и производства.» Материалы VII Всероссийской научно-практической конференции. Ижевск, 2023. С. 36-40.

4. Аввакумов И.И., Савин И.А., Гавариев Р.В. Повышение физико-механических свойств режущего инструмента // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. 2023. Т. 79. № 2. С. 3-18.

5. Сафаров Д.Т., Глинина Г.Ф., Кондрашов А.Г. Получение экспериментальных данных для моделирования геометрической точности гравюр штампов горячей объемной штамповки поковок // Вестник машиностроения. 2023. № 9. С. 770-775.



*Черепанов М.А., Тайгин Л.А.*

*Научный руководитель: Мороз А.В., канд. техн. наук, доц.  
Поволжский государственный технологический университет  
г. Йошкар - Ола, Россия*

## **ЭФФЕКТИВНАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ТОКАРНО-ФРЕЗЕРНЫХ СТАНКОВ С УЧПУ, ИМЕЮЩИХ 3 ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ ГРУППЫ, РАСПОЛОЖЕННЫЕ НА ПЕРЕМЕЩАЮЩЕМСЯ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОМ СТОЛЕ**

На современном рынке станочного оборудования Российской Федерации, в связи с санкционными ограничениями, набирают популярность станки китайских производителей, которые, в свою очередь, все чаще предлагают к приобретению токарно-фрезерные обрабатывающие центры с ЧПУ, механика которых строится на использовании 3-ех инструментальных групп, расположенных на перемещающемся инструментальном столе. Данный фактор влияет на число эксплуатируемых предприятиями станков рассматриваемой кинематической схемы, что в свою очередь вносит необходимость в увеличении числа специалистов имеющих навыки в эксплуатации данных систем. Перечисленные выше доводы отражают актуальность и необходимость проводимого исследования.

Цель работы — исследовать методы эксплуатации данного оборудования, выявить наиболее эффективные, документально отразить результаты проделанной работы, применить для дальнейшего использования материалов, в качестве вводной информации для действующих специалистов, с целью принятия за основу при получении профессиональных компетенций на данный тип оборудования.

Методами исследования являются эксперимент и анализ. Суть эксперимента заключается в непосредственной эксплуатации исследуемого оборудования экспериментатором на протяжении более 850 часов. Анализ объекта исследования заключался в изучении технологической документации на станочное оборудование и УЧПУ, установленного на оборудование, участвующее в эксперименте, так и на аналогичное оборудование, а также исследование математической модели станка участвующего в эксперименте, подготовленной сертифицированным специалистом SolidCAM Russia, используемой для программирования станка в CAM (Computer-aided manufacturing) системе SolidCAM. Объектом эксперимента является токарный станок

производителя JINN FA, марки Smart-ECOLine, модель YK328Y, оснащённый УЧПУ Syntec 22ТВ.

Механика инструментальной системы построена на использовании отдельных инструментальных постов для токарного и приводного инструмента. Рассматриваемое оборудование имеет в своем составе 3 инструментальных поста расположенных и закрепленных на перемещающемся столе: инструментальный барабан, радиальный приводной блок, осевой приводной блок. Если принять ось вращения шпинделя осью Z декартовой системы то, при нахождении инструментального стола в машинных нулях, токарный барабан будет расположен в отрицательных координатах оси X, а приводные блоки расположены в положительных координатах оси X [1]. Фактор расположения инструментальных постов в противоположных по знаку координатах оси X вносит определённые особенности в эксплуатацию, которые описаны по ходу статьи.

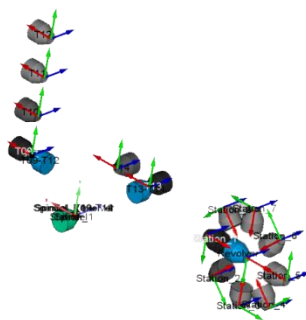


Рис. 1 Модель инструментальной системы станка JINN Рис FA Smart-ECOLine YK328Y.

Токарная голова исследуемого оборудования имеет в своём составе 8 мест крепления резцов или осевых блоков. Во время исследования выявлено, что для такого расположения данного элемента системы наиболее предпочтительно использовать левые резцы и державки, расположенные пластиной вверх, и прямое вращение шпинделя по коду M3 (по часовой стрелке). Данное решение позволяет наиболее информативно зрительно контролировать траекторию режущей кромки инструмента, стружкообразование в процессе точения и осуществлять визуальный и тактильный контроль состояния режущих элементов резцов во время эксплуатации.

На объекте эксперимента такое распоряжение инструментальной головы вносит особенности в программирование, а именно

необходимость программирования перемещений при токарных операциях в отрицательных координатах X (X-[координата]). Однако не все станки исследуемой системы придерживаются такого подхода, определённые модели требуют программирования в положительных координатах X (X[координата]). При этом для описания круговых интерполяций, при работе с данным инструментальным постом, следует применять систему координат декартовой системы X,Y(G18).

Крайне не рекомендовано переключение инструмента вне домашней точки машинных координат станка, в связи с плотным расположением элементов механики станка. Пренебрежение данной рекомендацией кратно увеличивает вероятность аварийной ситуации.

Приводной инструмент исследуемой системы выполнен в виде блоков, несущих в своем составе нескольких мест крепления инструмента, общий корпус и общий привод. При активации инструментального блока происходит единовременное вращение всех инструментов в разных направлениях. Направления вращения инструментов различны в шахматном порядке. Задание необходимого направления вращения инструмента происходит выбором номера инструмента и его корректора T(XXXX) и соответствующего M(M113, M114, M123, M124) кода определяющего направление вращения. Данная возможность реализована настройкой программных зависимостей УЧПУ в LD (Ladder diagram, язык релейных схем). Программирование перемещения по X приводного инструмента осуществляется в положительных координатах.

Осевой приводной инструмент имеет возможность физического перемещаться по оси X и Z, позиционирование по оси Y мнимо и задаётся посредством позиционирования оси C. При этом для описания интерполяций и перемещений применяется система координат полярной системы X, C(G12.1) и декартовая система X,Y(G17), до её включения.

Необходимо обратить особое внимание на цикл нарезания резьбы приводным инструментом. На объекте эксперимента в осевом блоке два места установки инструмента, при этом в T13 доступно только правое нарезание резьбы, а для T14 только левое.

Радиальный приводной инструмент исследуемой системы имеет физическую свободу перемещений в осях X, Y, Z и возможность перемещения по развертке поверхности заготовки вращением оси C. Привязка центров инструмента по Y обусловлена межцентровым расстоянием между посадочными отверстиями инструментов и внесена в стойку производителем по умолчанию. При этом для описания

круговых интерполяций применяется система координат декартовой системы Y, Z(G19).

Подвод и отвод инструмента следует осуществлять от плоскости безопасности в определенной последовательности. Подвод необходимо осуществить сначала по X, потом по Z. После завершения обработки сместить инструмент до плоскости безопасности, после чего производить возврат в домашнюю позицию сначала по Z, после по X (G28 W0. G28 U0). Иначе высока вероятность допустить столкновение инструментов, закрепленных в инструментальных базах с заготовкой. Вероятность на столкновении кратно увеличивается при использовании в цикле обработки фрезерных операций. При использовании операций токарного сверления стоит использовать подвод инструмента только по оси X.

Обработка изделий. Следует использовать данное оборудование для изготовления изделия технология обработки которых подразумевает преимущественное применение фрезерных операций. Данное требование обусловлено экономическим фактором, так как норма-час данного оборудования значительно выше по стоимости, чем у токарного станка. Максимальная эффективность оборудования достигается при обработке изделий сложной формы, в которых преобладают фрезерные операции. При обработке таких изделий крупными партиями достигается максимальное «размытие» стоимости переналадки. Выявлено что оборудование достигает пика эффективности, на крупных партиях, совместно с применением барфидеров и барпуллеров [2].

Размеры обрабатываемой заготовки, в отличие от большинства станочного оборудования, зависят не только от стандартных параметров, но и от взаимного расположения инструментальных баз. Особенно заметно данный факт выражается при операции отрезки детали, длина которой физически зависит от расстояния между задней поверхностью отрезного резца и торцом приводного осевого блока.

В процессе эксплуатации выявлено, что затруднено использование фрезерных операций, выполняемых радиальным приводным инструментом на заготовках диаметром менее 12 мм. Появляется необходимость устанавливать инструмент с вылетом, превышающим длину зажимной цанги минимум в 1.5 раза. Данная специфика накладывает ограничения на использование инструмента диаметр рабочей части, которого менее 5 мм. Ограничение связано с физической невозможностью перемещения инструмента ближе к поверхности обрабатываемой заготовки. В связи с этим делаем вывод что наибольшая эффективность фрезерных операции на данном

оборудовании достигается при обработке заготовок диаметром от 12 до 32 мм. Верхний придел обусловлен максимальным размером цангового зажима допустимого к установке. Для больших диаметров необходимо применение токарных патронов [3].

В ходе проведения исследования выявлены наиболее эффективные методы эксплуатации, и технологические особенности, на которые стоит обратить внимание. В результате исследования делаю вывод, что данное оборудование наиболее эффективно при обработке сложных тел токарно-фрезерным методом крупными партиями, при необходимости высокой повторяемости изделий с высокой скоростью обработки. При эксплуатации, для обеспечения безопасной работы, особое внимание уделять траекториям подвода, отвода инструмента и направлениям вращения инструмента.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ловыгин А. А., Теверовский Л. В. Лб8 Современный станок с ЧПУ и CAD/CAM-система. – М.: ДМК Пресс, 2012. – 279 с.: ил. ISBN 978-5-94074-560-0

2. Павлов, А.П. П121 Обработка деталей на станках с ЧПУ: учебно-методическое пособие для обучающихся по направлениям подготовки 15.03.01 – «Машиностроение» и 23.05.01 – «Наземные транспортно-технологические средства»/ А.П. Павлов, А.Ю. Коноплин, .И.С. Нефёлов. – М.: МАДИ, 2022. –186 с.

3. Пантелеев В.Н. Основы автоматизации производства: учебник для студ. учреждений сред.проф.образования / Пантелеев В.Н, В.М. Прошин; под редакцией А.Н. Феофанова. – Москва: Издательский центр «Академия» 2020 - 208 с.

*УДК 62-97/98*

*Чув К.В.*

*Научный руководитель: Дуюн Т.А., д-р техн. наук, проф.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ РАЗДЕЛКА ИЗНОШЕННЫХ ШИН

При утилизации изношенных шин посредством переработки в большинстве случаев используется многостадийный технологический процесс, где на первых операциях получают промежуточный продукт, в дальнейшем доводя его до состояния необходимого сырья. Так на

некотором технологическом оборудовании [1, 2, 3, 4] для увеличения эффективности и уменьшения габаритов перерабатываемого материала, необходима предварительная разделка покрышек на части на специализированных устройствах.

К такому устройству можно отнести оборудование (рис. 1), представленное в способе переработки изношенных шин в дисперсный материал [5]. Разделку покрышки осуществляют при помощи двух вращающихся элементов, представляемых собой диск с затупленной конической режущей кромкой и опорное колесо с канавкой. Разрываемая шина поступает в канавку опорного колеса при помощи рисок, находящихся на конических кромках. Разделка на части происходит путем разрыва при погружении изношенной шины в канавку и достижении необходимого давления, которое создается надавливанием дискового вращающегося элемента на поверхность покрышки. Затем полученные путем разрыва части подают на дальнейшую обработку.

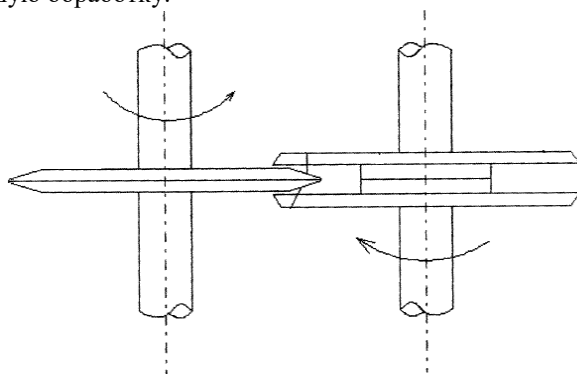


Рис. 1. Оборудование для предварительной разделки шин.

К недостатку данного способа разделки шин можно отнести, что при переработке толстопрофильной части протектора требуются значительные габариты устройства, а, следовательно, и двигатель большей мощности с большими энергозатратами, что может быть не эффективно. Также следует отметить, что усилие необходимое на разрывание резино-ткане-металлического участка превосходит усилие, которое требуется приложить к разрезанию такого же участка.

Известен способ [6], в котором происходит разрезание шины режущим инструментом в поперечном и продольном сечении на одном устройстве с применением одного режущего инструмента – ленточное пилы. Вначале отделяют протекторную часть покрышки, а после сжатия

и фиксации происходит отрезание бортовых колец от боковин. Полученные в процессе разрезания части: протекторная, боковины и бортовые кольца поступают на дальнейшую переработку.

Недостатком данного способа является сложность изготавливаемой конструкции, так как разрезание необходимо производить в двух перпендикулярных плоскостях одним и тем же инструментом. К тому же разрезание по диаметру крепления бортового кольца к шине не обеспечит максимального отделения металлического кольца от резино-текстильного слоя.

Наиболее распространёнными способами предварительной разделки шины являются устройства по разрезанию шин на полосы и кольца, такие как [7] или на сегменты [8].

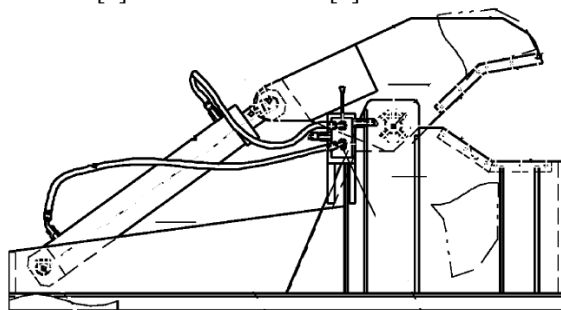


Рис. 2 Гидравлические ножницы для разрезания шин на сегменты

Принцип устройств для нарезания шин на полосы или кольца [7] состоит в следующем: отработанную покрышку надевают на оправку, зажимают, подводят лезвийный инструмент и начинают вращать шину, разрезая её на несколько продольных колец. В дальнейшем резино-ткане-металлические кольца поступают на переработку другим оборудованием в мелкодисперсный материал.

Из-за длительной настройки такого оборудования и заточки режущего инструмента, увеличивается простой оборудования и снижается производительность разделки шин на составные части. Также к недостаткам такого метода можно отнести небольшой типоразмер обрабатываемых покрышек на данном устройстве.

В большинстве линий по утилизации РТИ для предварительной переработки используется оборудование по разрезанию шины на сегменты или части (рис. 2), таким устройством являются «Ножницы гидравлические для резки шин» [8]. Принцип работы такого оборудования достаточно прост: покрышка располагается в рабочей зоне гидравлических ножниц, посредством нагнетания масла в

гидроцилиндре нож опускается в проём рабочего пространства, разрезая покрышку на части. Данное устройство с технологической точки зрения является достаточно простым, но имеет ряд недостатков, а именно низкую скорость работы и высокую степень энергоёмкости при разрезании большемерных шин.

В данной научной статье была рассмотрена технология предварительной разделки изношенных шин. Были проанализированы основные методы и оборудование, используемое при этом процессе. Предварительная разделка является важным этапом переработки шин и позволяет значительно увеличить эффективность дальнейшей переработки и утилизации изношенных РТИ.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Пат. 2188125 С1 Российская Федерация, МПК В29В17/00. Способ переработки покрышек, подлежащих утилизации / Борисов Е.М., Китаров К.С., Антонов В.В., Кузьмин А.В., Борисов И.Е. – Оpubл. 27.08.2002

2. Пат. 2375177 С1 Российская Федерация, МПК В29В17/00. Способ переработки покрышек, подлежащих утилизации / А. А. Вещев, А. В. Васильев, И. Ю. Труфанов. – Оpubл. 10.12.2009

3. Пат. 2504469 С1 Российская Федерация, МПК В29В17/00. Способ и устройство для переработки изношенных покрышек методом деструкции / А. А. Вещев, А. Е. Соколов, К. Г. Пеньков, Р. П. Литвинов. – Оpubл. 20.01.2014

4. Пат. 201698 U1 Российская Федерация, МПК В29В17/00. Установка для удаления троса из боковой части шины при утилизации / В. Я. Дуганов, Н. А. Архипова, К. В. Чуев, Ю. А. Чуева. – Оpubл. 28.12.2020

5. Пат. 2608893 С1 Российская Федерация, МПК В29В17/00. Способ переработки изношенных шин в дисперсный материал / М. Е. Соловьев, Е. М. Соловьев. – Оpubл. 26.01.2017

6. Пат. 2429122 С1 Российская Федерация, МПК В29В17/00. Способ разделки автомобильных и тракторных шин /А. В. Куликов – Оpubл. 20.09.2011

7. Пат. 57669 U1 Российская Федерация, МПК В29В17/00. Станок для резки шины / В. Я. Фольмер. – Оpubл. 27.10.2006

8. Пат. 213116 U1 Российская Федерация, МПК В26D 1/01. Ножницы гидравлические для резки шин. М. В. Швецов, В. Ф. Ситников, А. В. Егошин, Б. Ф. Чернов, М. И. Самохвалова. – Оpubл. 25.08.2022



*Чуев К.В., Кравченко В.М., Мutowалов Э.А.  
Научный руководитель: Дуюн Т. А., д-р техн. наук, проф.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## ОСНОВНЫЕ ВИДЫ УТИЛИЗАЦИИ РЕЗИНОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Развитие автомобильного транспорта и резинотехнической продукции приводит к накоплению большого количества отходов, таких как изношенные шины, резиновые изделия и промышленные отходы.

Шина – упругая оболочка, предназначенная для установки на ободе колеса и заполняемая газом или воздухом под давлением. Именно шина взаимодействует с дорогой и частично поглощает вибрацию и смягчает удары от дорожных неровностей [1].

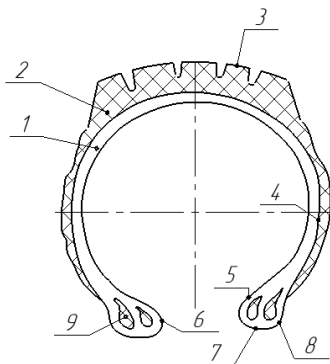


Рис.1. Конструктивные элементы и размеры шины:  
1 – каркас; 2 – брекер; 3 – протектор; 5 – борт; 6 – носок борта;  
7 – основание борта; 8 – пятка борта; 9 – бортовые кольца.

Шина состоит из следующих составных частей:

Каркас (Рис. 1, а) является главным силовым элементом шины, который состоит из одного или нескольких слоев обрешиненного корда, закрепленных, как правило, на бортовых кольцах. Корд представляет собой ткань, состоящую из нитей, изготавливаемых на основе натуральных или синтетических волокон, или тонких стальных нитей (металлокорд);

Брекер (Рис. 1, б) - внутренняя часть шины, расположенная между каркасом и протектором и состоящая из нескольких слоев обрезиненного металлического корда. Брекер предназначен для смягчения ударных нагрузок на шину, возникающих при движении автомобиля по дороге;

Протектор (Рис. 1, в) - наружная резиновая часть покрышки шины, как правило, с рельефным рисунком, обеспечивающая сцепление с дорогой и предохраняющая каркас от повреждений;

Боковина (Рис. 1, г) - слой покровной резины, расположенный на боковой стенке покрышки, предохраняющий каркас от наружных повреждений;

Борт покрышки (Рис. 1, д) - жесткая часть пневматической шины, обеспечивающая ее крепление на ободе колеса.

Использованные шины являются долговременным экологическим риском, так как не разлагаются быстро и могут нанести вред окружающей среде на десятилетия вперед [2, 3]. Изношенные шины и РТИ выбрасываются на свалки, где они занимают большие площади и могут стать источником загрязнения почвы и воды. Кроме того, при сжигании шин выделяются токсичные вещества, которые могут нанести вред здоровью человека и окружающей среде. Для решения этой проблемы разработаны различные технологии переработки, которые позволяют получить новые материалы и снизить влияние отходов на окружающую среду [4].

Наиболее экологичным способом переработки шины является восстановление шины - это позволяет использовать уже существующие материалы и не создавать новые отходы. Восстановленная шина стоит значительно меньше, но имеет те же характеристики и качество, что и новая. При восстановлении шины может обновляться как протектор, так и боковина шины. Но в любом случае при достижении шины неисправимого износа её придётся перерабатывать одним из предложенным ниже способов [5, 6].

Одним из методов переработки шин является физическое измельчение, такой вид утилизации отходов резины признается самым простым и рациональным способом переработки, поскольку позволяет максимально сохранить физико-механические и химические свойства материала. Итоговым продуктом измельчения является резиновая крошка. Также на выходе при использовании отдельных технологий получается кордная ткань и бортовые кольца, которые.

Одним из самых перспективных методов утилизации РТИ является термодеструкция резины или пиролиз. При пиролизе проводится термическое разложение резины без доступа воздуха при высоких

температурах с получением жидких продуктов и смол. В качестве сырья в основном выступают не целые шины, а резиновая крошка и резиновые чипсы.

Ещё одним методом утилизации РТИ является сжигание шин для выработки энергии. Наиболее целесообразно использовать автомобильные шины в качестве топлива для теплоэлектроцентралей и цементной промышленности. Сера и металл находящийся в РТИ связываются и повышают технические характеристики клинкера. Но стоит иметь ввиду негативное воздействие на экологию из-за выделяемых продуктов в атмосферу.

Наиболее распространенным методом является естественное разложение автомобильных шин на свалках, которое имеет ряд значительных недостатков. Во-первых, это приводит к загрязнению окружающей среды, так как шины содержат вредные химические вещества, которые могут попадать в почву и воду. Во-вторых, это неэффективный способ использования ресурсов, так как материалы, из которых изготовлены шины, могут быть переработаны и использованы повторно.

Независимо от способов утилизации автомобильных шин и различных резинотехнических изделий производства всегда стремятся получать продукцию, успешно реализуемую на рынке [7]. В настоящее время к ним относятся:

а) регенерат – это пластичный материал, который может быть подвергнут технологической обработке и вулканизации при добавлении вулканизирующих агентов. Его добавление в резиновые смеси позволяет сократить использование каучука, наполнителей и пластификаторов. Регенерат повышает стойкость к атмосферному старению, окислению, высокой температуре и увеличивает сопротивление трещинам. Это также способствует уменьшению отходов и повышению экологической безопасности производства.

б) резиновая крошка используется в качестве эластичного наполнителя, что позволяет производить покрытия для пола спортивных и промышленных сооружений, различные виды резинотехнических изделий, асфальтобитумные смеси. Применяют крошку с диаметрами частиц от 0,02 до 3 мм.

в) жидкие углеводородные смеси – продукт пиролиза отработанных автомобильных шин

г) пиролизный газ.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шаховец С. Е. О состоянии макромолекулярной структуры протекторных резин в течение эксплуатации и переработки шин / Шаховец С. Е., Курлянд С. К., Сиротинкин Н. В., Рюткянен Е. А. Известия СПбГТИ (ТУ) – 2019 - №51 (77).

2. Вольфсон С. И. Методы утилизации шин и резинотехнических изделий / Вольфсон С. И., Фафурина Е. А., Фафурин А. В. Вестник Казанского технологического университета. - 2011. - №1.

3. Волюнкина Е.Н. Использование отработанных автомобильных покрышек / Волюнкина Е.Н., Кудашкина С.А., Незамаев А.В., Журавлёва Н.В. / Экология и промышленность России. - 2001 - Январь - С. 40-44.

4. В. М. Кравченко Анализ основных технологических схем и линий по переработке и утилизации резинотехнических изделий / С. Ю. Лозовая, В. М. Кравченко, Н. М. Лозвой, Я. П. Топчий // Энергосберегающие технологические комплексы и оборудование для производства строительных материалов: Межвузовский сборник статей. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2021. Том Выпуск XX – С. 104-109.

5. Лозовая, С. Ю. Область применения продуктов вторичной переработки резино-технических изделий в строительстве / С. Ю. Лозовая, В. М. Кравченко, С. А. Сазик // Энергосберегающие технологические комплексы и оборудование для производства строительных материалов : межвузовский сборник статей – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, Том Выпуск XVIII. 2019. – С. 216-220.

6. Э. С. Скорняков Эксплуатация и ремонт крупногабаритных шин / Э. С. Скорняков, Э. Н. Кваша, А. А. Хоменя, В. П. Бойков. – Москва : Химия, 1991. – 128 с. – ISBN 5-7245-0452-9. – EDN HIZQVM.

7. Д. Н. Шостенко Мобильный комплекс по переработке крупногабаритных шин в условиях Арктики / Д. Н. Шостенко, М. В. Витязев, Т. Е. Цехмистрова, Н. О. Ежов АРКТИКА: инновационные технологии, кадры, туризм : Материалы международной научно-практической конференции, Воронеж, 19–21 ноября 2018 года / под общ. ред. В. И. Прядкина. – Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2018. – С. 429-434. – EDN UOPALF.