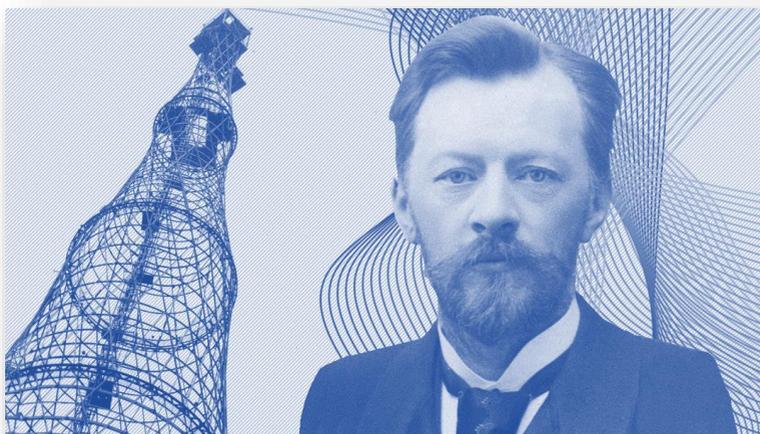


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Российская академия наук
Российская академия архитектуры и строительных наук
Администрация Белгородской области
ФГБОУ ВО Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова
Международное общественное движение инноваторов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

**Международная научно-техническая
конференция молодых ученых
БГТУ им. В.Г. Шухова,
посвященная 170-летию со дня рождения В.Г. Шухова**



Сборник докладов

Часть 7

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

Белгород
16-17 мая 2023 г.

УДК 005.745

ББК 72.5

М 43

М 43

Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, посвященная 170-летию со дня рождения В.Г. Шухова [Электронный ресурс]: Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2023. – Ч. 7. – 165 с.

ISBN 978-5-361-01142-1

В сборнике опубликованы доклады студентов, аспирантов и молодых ученых, представленные по результатам проведения Международной научно-технической конференции молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, посвященной 170-летию со дня рождения В.Г. Шухова.

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 978-5-361-01142-1

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

Оглавление

Ветошкин Е.О.

АНАЛИЗ ОБОРУДОВАНИЯ, ПРИМЕНЯЕМОГО ДЛЯ ВЫВЕРКИ
МОБИЛЬНЫХ СТАНКОВ ОТНОСИТЕЛЬНО ОСНОВНЫХ БАЗ
СУДНА..... 7

Волков В.В., Ткачев И.С.

ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС
ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ «КОРПУС» 10

Ворожейкин М.Ю., Римашевская А.Б.

ТЕХНОЛОГИЯ ПЕЧАТИ ЗДАНИЙ ИЗ БЕТОНА ПРИ ПОМОЩИ
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ..... 14

Гаврилов Д.В., Салихов Д.Д.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИИ РЕМОНТА
ДЕТАЛЕЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ АГРЕГАТОВ С
ПРИМЕНЕНИЕМ МОБИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ..... 18

Гаврилов Р.В.

СПОСОБЫ И ОСОБЕННОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ГОРЛОВИН В
СТАЛЬНЫХ ЗАГОТОВКАХ 22

Григоренко А.А.

СТРОГАЛЬНЫЕ СТАНКИ В МАШИНОСТРОЕНИИ..... 27

Изместьева Е.О.1, Макашин Д.С.

ВЛИЯНИЕ МЕТОДОВ ФОРМИРОВАНИЯ КОЛЁСНЫХ ПАР
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА НА
ПРОЧНОСТЬ СОЕДИНЕНИЙ С НАТЯГОМ «КОЛЕСО–ОСЬ»..... 32

Йесса Лусилен Да Лусия Са Мигель

АНАЛИЗ БУДУЩЕГО МАШИНОСТРОЕНИЯ И 3D-ПРИНТЕР... 38

Коваленко А.Д.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО
ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ШПИНДЕЛЯ РИ1-20.04 43

Козлов С.С., Репина Н.Ю.

УЛЬТРАЗВУКОВАЯ РАЗМЕРНАЯ ОБРАБОТКА КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ	45
Крылова В.А.	
МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ОСНАСТКИ ДЛЯ ВУЛКАНИЗАЦИИ ПРОТИВОГАЗНЫХ МАСОК	48
Крючков Е.С.	
РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ ДЛЯ ЗНАКОМСТВА СО СРЕДОЙ ARDUINO	51
Кустов А.А.	
ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ИНДУСТРИИ 4.0 НА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ	55
Макашин Д.С.	
ИССЛЕДОВАНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ ТИТАНОВОГО СПЛАВА ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ ЧЕТЫРЕХ-ЛЕЗВИЙНЫМ ИНСТРУМЕНТОМ	61
Погудина А.С., Якурнова Л.Н.	
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОБРАБОТКИ ХОЛОДОМ НА СВОЙСТВА КРЕМНИСТО-НИКЕЛЕВОЙ БРОНЗЫ	64
Польшин А.А., Мальцев А.К., Тихонов А.А.	
ПРЕИМУЩЕСТВА АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА.....	67
Польшин А.А., Мальцев А.К., Тихонов А.А.	
МЕТОД МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОЛОСТЕЙ В МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕМ ИНСТРУМЕНТЕ	72
Польшин А.А., Мальцев А.К., Тихонов А.А.	
ПРОБЛЕМЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОНСТРУКЦИИ И ИЗГОТОВЛЕНИЯ СОВРЕМЕННОГО МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА.....	77
Прокопов М.В.	

МЕТОД КОНТАКТНОГО КОНТРОЛЯ ОТВОДОВ ГНУТЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ В КАЧЕСТВЕ ЩУПА РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА.....	81
Резанков А.В.	
БЕСПИЛОТНОЕ КАРАВАННОЕ ВОЖДЕНИЕ: ТЕХНОЛОГИИ, ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ	84
Резанков А.В.	
БЕСПИЛОТНОЕ КАРАВАННОЕ ВОЖДЕНИЕ ГРУЗОВИКОВ	88
Сазонов И.Д., Воробьев Д.А.	
ОБЩИЕ ПОДХОДЫ И МЕТОДЫ РАБОТЫ ПО КАЧЕСТВУ НА ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕМ ПРЕДПРИЯТИИ «ЗАО СТАЙЛИНГ»	92
Сазонов М.Д.	
ГИБРИДНЫЕ УСТАНОВКИ ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН	98
Сазонов М.Д.	
ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ МАШИН И МАШИННЫХ АГРЕГАТОВ	102
Салихов Д.Д., Дьяконов Д.А., Явнюк В.А.	
ЭНЕРГИЯ ВОЛН, КАК АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ ИСТОЧНИК ЭНЕРГИИ.....	106
Салихов Д.Д., Дьяконов Д.А., Явнюк В.А.	
ПРИМЕНЕНИЕ РОБОТОВ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ОТРАСЛИ	112
Сарбаева Я.И.	
ВНЕДРЕНИЕ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ВИДОВ ТОПЛИВА, КАК ФАКТОР, ПОВЫШАЮЩИЙ ЭКОЛОГИЧЕСКУЮ БЕЗОПАСНОСТЬ В ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ.....	116
Сарьян З.Р.	
УЛУЧШЕНИЕ УСЛОВИЙ ТРУДА И КАЧЕСТВА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПУТЕМ ВНЕДРЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ГАЛЬВАНИЧЕСКОЙ ЛИНИИ.....	120

Степанова Е.В.

ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РОБОТИЗИРОВАННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПРОЦЕССЕ ОБУСТРОЙСТВА
МЕСТОРОЖДЕНИЯ..... 122

Ткачев И.С., Архипова Н.А., Игнатъев В.А., Волков В.В.

АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИИ ДЕТАЛИ КОРПУС 7016-4014/001
ЗАЖИМА ТИСОЧНОГО 7016-4014 С ПРИМЕНЕНИЕМ
ИНТЕГРИРОВАННЫХ КОМПЛЕКСОВ 126

Файзулзянов М.Р., Файрузова З.Р.

РАЗРАБОТКА ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ОСНОВ СИНТЕЗА
МОДИФИКАЦИЙ МЕХАНИЗМА БРИКАРА 130

Файзулзянов М.Р., Файрузова З.Р.

ИСКРОБЕЗОПАСНЫЕ СВЕРЛА 134

Фомина К.А., Барсуков А.А.

ROBOTIZATION OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS..... 137

Чуев К.В., Мутовалов Э.А., Немцев А.А.

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА
ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ "ВТУЛКА" ПРИ КРУПНОСЕРИЙНОМ
ПРОИЗВОДСТВЕ..... 140

Чумаченко В.А.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ
ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ «ВАЛ» В САМ-СИСТЕМАХ 145

Чумаченко В.А.

ИНЖЕНЕРНЫЙ АНАЛИЗ ДЕТАЛИ «ВАЛ» С ПРИМЕНЕНИЕМ
ИНТЕГРИРОВАННЫХ ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ..... 153

Чумаченко Я.О.

ВИДЫ И КЛАССИФИКАЦИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ 158

Чумаченко Я.О.

МЕТОДЫ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ
..... 161

УДК 681

Ветошкин Е.О.

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

АНАЛИЗ ОБОРУДОВАНИЯ, ПРИМЕНЯЕМОГО ДЛЯ ВЫВЕРКИ МОБИЛЬНЫХ СТАНКОВ ОТНОСИТЕЛЬНО ОСНОВНЫХ БАЗ СУДНА

Одним из наиболее важных секторов в экономике ряда стран является судостроение. В ходе строительства современных судов, формирование укрупненные секции корпусных конструкций с предварительно установленными в них фундаментами осуществляется с имеющим припуск на обработку, что позволяет устанавливать секции на палубы судна на плаву.

В связи с высоким спросом сроки постройки судов сокращаются, а не модернизированная верфь не позволяет вместить на стапеле все параллельно строящиеся суда, в этом случае возникает необходимость выполнения достройки судна на плаву для освобождения мест на стапеле для закладки нового судна. В связи с этим возникает ряд проблем при обработке фундаментов под высокоточное оборудование.

Существующие технологические процессы выполнения выверки мобильного станочного оборудования и обработки фундаментов не позволяет обеспечить требования конструкторской документации, при нахождении судна на плаву. Возникает необходимость разработки технологии, позволяющей выполнять выверку мобильных станков для обработки фундаментов независимо от нахождения судна на стапеле или на плаву.

Сравним имеющую технологию с использование оптического квадранта КО-10 и электронный уровень BlueCLINO.

Квадрант оптический (рис.1) с ценой деления 10" (угловых секунд) обеспечивает точность установки при помощи микрометрического винта. Винт крепится к оптическому устройству. При точной установке продольного уровня поводок лимба, в который упирается микрометрический винт, фиксируется поворотом маховичка, а тонкая наводка обеспечивается поворотом второго маховичка.

Квадрант состоит из следующих основных частей: оптического устройства, наружного кожуха с окуляром, блока уровней, основания.

Наружный кожух закрывает корпус. С лицевой стороны кожух закрыт фланцем с блоком уровней. Фланец жестко связан с лимбовой частью винтами и вращается вместе с лимбом.

Шкала прикрепленная к наружному кожуху, служит для предварительного ориентирования квадранта. На шкале нанесены деления через 5" (угловых секунд). Ориентирование производится по индексу, нанесенному на стекле, закрепленном на фланце. На задней стенке имеется зеркало для подсветки лимба и шкалы микрометра.

Блок уровней состоит из продольного уровня и поперечного уровня.

Продольный уровень заключен в оправу, имеющую с одной стороны сферическую часть, плотно входящую в корпус блока уровней, а с другой – хвостовик, опирающийся на установочный винт и сверху поджимаемый пружиной. Снизу в хвостовик имеет сферическое углубление, в которое входит головка установочного винта, что исключает осевое перемещение уровня.

Для точной установки продольного уровня служит микрометрический винт комбинированной конструкции. Винт крепится к оптическому устройству.

При точной установке продольного уровня поводок лимба, в который упирается микрометрический винт, фиксируется поворотом маховичка, а тонкая наводка обеспечивается поворотом второго маховичка.

Поперечный уровень в оправе крепится к корпусу блока уровней. Он служит для контролирования правильности положения квадранта на проверяемой или устанавливаемой плоскости.

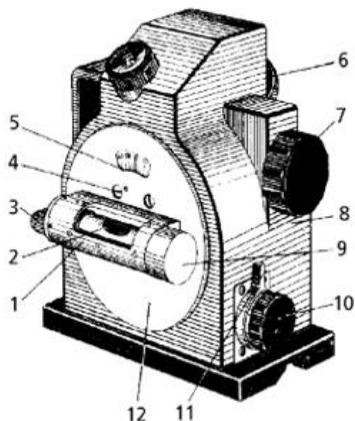


Рис. 1 Общий вид квадранта КО-10

Сложностью при выполнении работ является то, что фиксирование значений осуществляется двумя операторами. Один оператор находится на обрабатываемом объекте, а другого на контрольной базе, относительно которой ведется обработка. Между операторами организована связь, учитывая, что работы выполняются на плаву, то судно меняет своё положение постоянно и крайне сложно снять показание в одно и то же время, что увеличивает процент погрешность.

BlueCLINO High Precision (рис.2) – это электронный уровень в цельнометаллическом корпусе с двумя призматическими основаниями. Этот уровень обладает высокой точностью и стабильность измерений в диапазоне $\pm 60^\circ$ в любой точке земли за счет своих функции установки значения ускорения свободного падения и опции быстрой калибровки по трем точкам.



Рис. 2 Общий вид электронного уровня BlueCLINO

В соответствии с требованиями руководства по эксплуатации и по аналогии работы квадрантом, контроль выверки станка после монтажа осуществляется, установкой двух электронных уровней BlueCLINO: один уровень на контрольную площадку, а второй на суппорт в районе резцедержателя.

При помощи установочных винтов выставить станину станка параллельно относительно контрольной базы в направлениях «нос-орма», «ЛБ-ПрБ» по показаниям электронного уровня.

При нахождении судна на плаву по каждому направлению выполняется по три измерения.

Последовательность и условия выполнения ни чем не отличаются от квадранта КО-10, но за счет возможности синхронизации двух уровней между собой путем беспроводной связи передачи данных или при помощи кабеля, это позволяет минимизировать погрешность и выполнять объективные измерения в любом положении объекта.

В заключение анализа оборудования, хочу отметить, что точность обработки деталей всегда являлась одной из актуальных проблем технологии машиностроения. В современном мире появляются высокотехнологичные инструменты позволяющие повышать качество работ. Считаю необходимым ставить цели и задачи на разработку современных электронных уровней отечественного производства, что позволит сократить зависимость от западного мира.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Паспорт на квадрант оптический КО-10, – АЛ2.787.046 ПС.
2. Технология машиностроения: учеб. пособие / И. В. Шрубченко, Л. В. Лебедев, А. А. Погонин, Т. А. Дуюн. - Белгород : Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2005-Ч.2 : Технология изготовления типовых деталей машин. - 188 с.
3. Технология судостроения. Атомные подводные лодки./В.П. Бородин, Н.П. Власов, А.В. Власова, В.Г. Даценко, Е.А. Добрадеев, В.В. Макаров, Ю.Ю. Щусь, Ф.Н. Шушарин – Северодвинск: Изд-воФГУП «ПО «Севмашпредприятие»; Севмаштуз, 2004.-456с.

УДК 621.81-21

Волков В.В., Ткачев И.С.

Научный руководитель: Архипова Н.А., доц.

Белгородский государственный технологический университет

им. В. Г. Шухова, г. Белгород, Россия

ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ «КОРПУС»

Под основной целью технологического процесса или его элемента обычно понимается обеспечение заданных характеристик качества изделия наиболее производительным путем при минимальных затратах. Отсюда вытекает необходимость в построении двух главных критериев оптимальности: максимальной производительности и минимальной себестоимости.

Тиски применяется для зажима заготовок на фрезерных станках. Основное назначение - неподвижная фиксация заготовки относительно плоскости.

Обратные клапаны применяются, как правило, на промышленных объектах в системах теплоснабжения.

Полученные значения режимов резания необходимо оптимизировать, построив математическую модель: $S = 0,47$ мм/об; $n_1 = 315$ мин⁻¹.

Для расчета оптимальных значений режимов резания с использованием методов линейного программирования вводим технические ограничения и оценочную функцию приводим к линейному виду логарифмированием, воспользовавшись справочной литературой [5].

В качестве оценочной функции при оптимизации по двум параметрам n и S необходимо использовать минимальную себестоимость.

$$f(x,x) = x_1 + x_2; \quad (1)$$

где $x = \ln(n)$, $x = \ln(100S)$

Вводим технические ограничения

1. Ограничение по шероховатости поверхности предусматривает выбор режимов резания, обеспечивающих значение шероховатости поверхности равное или меньшее требуемого. Математическое выражение шероховатости поверхности при сверлении::

$$Ra = 6.3 \cdot D^{0.25} \cdot V^{0.12} \cdot s^{0.41} \quad (2)$$

где D - диаметр обработки, V -скорость резания, s - подача.

Выразим скорость резания через частоту вращения n , вынесем s и n в левую часть выражения и прологарфмируем, умножим подачу на 100

В результате преобразований получим выражение для сверления:

$$0.41 \ln(100s) + 0.12 \ln(n) = \ln\left(\frac{Ra \cdot 1000^{0.12} \cdot 100^{0.41}}{6.3 \cdot D^{0.25} \cdot \pi^{0.12}}\right) \quad (3)$$

После обозначений: $x_1 = \ln(100s)$, $x_2 = \ln(n)$,

$$b_1 = \ln\left(\frac{Ra \cdot 1000^{0.12} \times 100^{0.41}}{6.3 \cdot D^{0.25} \cdot \pi^{0.12}}\right) \quad (4)$$

$b_1 = 6.013$

Получим выражение:

$$0.41 \cdot x_1 + 0.12 \cdot x_2 \leq b_1 \quad (5)$$

2. Ограничение по мощности привода главного движения предусматривает назначение режимов резания, обеспечивающих удовлетворяющие мощности привода главного движения.

Значение мощности резания, зависящей от частоты вращения инструмента и крутящего момента:

$$N = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} \quad (6)$$

Где $M_{кр}$ -крутящий момент, n - частота вращения.

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^{q_m} \cdot s^{y_m} \cdot k_p \quad (7)$$

Где C_m , k_p , q_m , y_m - коэффициенты в формуле крутящего момента [3]

$$C_v := 9.8 \quad k_v := 0.41 \quad q_v := 0.4 \quad y_v := 0.5 \quad m_v := 0.2$$

Прологарифмируя выражение получим следующее:

$$y_m \ln(100s) + \ln(n) = \ln \left[\frac{N \cdot 9750 \cdot 100^{y_m}}{10 \cdot C_m \cdot D^{q_m} \cdot k_p} \right] \quad (8)$$

После замены $x_1 = \ln(100s)$, $x_2 = \ln(n)$ и

$$b_3 := \ln \left(\frac{N \cdot 9750 \cdot 100^{y_m}}{10 \cdot C_m \cdot D^{q_m} \cdot k_p} \right) \quad (9)$$

$$b_3 = 9.71$$

Получим выражение:

$$y_m \cdot x_1 + x_2 \leq b_3 \quad (10)$$

3. Ограничение по стойкости инструмента T предусматривает назначение скорости резания, обеспечивающей заданную стойкость инструмента.

Стойкость инструмента при сверлении связана со скоростью резания следующим выражение:

$$V = \frac{C_v \cdot D^{q_v} \cdot k_v}{T^{m_v} \cdot s^{y_v}} \quad (11)$$

Где C_v , k_v , y_v , q_v , m_v - коэффициенты в формуле для расчета скорости резания [2]; T - стойкость инструмента, D - диаметр обработки, s - подача

$$T_{\min} := 3 \quad q_m := 2 \quad y_m := 0.8 \quad k_p := 0.62 \quad C_m := 0.03$$

Прологарифмируя выражение получим следующее:

$$y_v \ln(100s) + \ln(n) = \ln \left(\frac{1000 \cdot C_v \cdot D^{q_v-1} \cdot k_v \cdot 100^{y_v}}{\pi \cdot T^{m_v}} \right) \quad (12)$$

После замены $x_1 = \ln(100s)$, $x_2 = \ln(n)$ и

$$b_2 := \ln \left(\frac{1000 C_v D^{q_v-1} \cdot k_v 100^{y_v}}{\pi \cdot T^{m_v}} \right) \quad (13)$$

$b_2=7.84$

Получим выражение:

$$y_v \cdot x_1 + x_2 \leq b_2 \quad (14)$$

При аналогичных преобразованиях были получены в линейном виде последующие ограничения: ограничение 4 - по минимальной подаче, ограничение 5 - по максимальной подаче, ограничение 6 - по прочности режущего инструмента, ограничение 7 - по жесткости режущего инструмента, ограничение 8 – ограничения по минимальной частоте вращения шпинделя, 9 – ограничения по максимальной частоте вращения шпинделя. Кроме технических ограничений, представляемых в виде системы неравенств, в состав модели входит оценочная функция f :

Математическая модель для оптимизации

$$\begin{cases} 1104,1x_1 + 0,12x_2 \leq 6,013 \\ 21y_v x_1 + x_2 \leq 9,71 \\ 31y_v x_1 + x_2 \leq 7,84 \\ 41x_2 \geq 2,08 \\ 51x_2 \leq 3,78 \\ 61 - 0,15x_1 + 0,75x_2 \leq 1,84 \\ 71 - 0,15x_1 + 0,75x_2 \leq 7,31 \\ 81x_1 \geq 2,3 \\ 91x_1 \leq 7,38 \end{cases}$$

Рис. 1 Математическая модель для оптимизации

Математическая модель, представленная на рис.2 решается графическим методом.

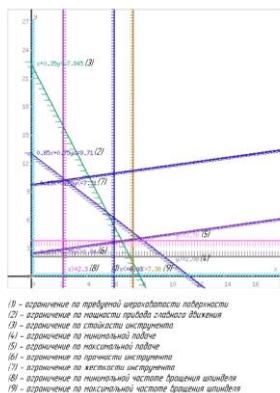


Рис. 2 Графическое построение математической модели определения оптимальных режимов резания

Получим график математической модели, на котором область оптимальных значений представлена многоугольником ABCD.

Численные значения оптимального режима резания вычисляются по следующим зависимостям:

$$n_{\text{опт}} = e^{x_{1\text{опт}}} = e^{6,03} = 415,72 \text{ мин}^{-1} \quad (15)$$

$$S_{\text{опт}} = \frac{1}{100} \cdot e^{x_{2\text{опт}}} = \frac{1}{100} \cdot e^{3,66} = 0,389 \text{ мм/об} \quad (16)$$

Таким образом, по результатам проведенного исследования по повышению эффективности обработки детали «Корпус», определили оптимальные режимы резания, которые обеспечивают максимальную производительность и минимальную себестоимость.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Разработка технологических процессов в машиностроении: Учеб.пособие/ Л.В. Лебедев, И.В. Шрубченко, А.А. Погонин и др. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2004.-177с.
2. Допуски и посадки. Справочник. В 2-х ч. Ч. 1/Под ред. В.Д. Мягкова. 5-е изд., перераб. И доп. Л.: Машиностроение. Ленингр. Отделение, 1979 – с. 544 с., ил.
3. Технология машиностроения. Ч. 1. Основы технологии сборки в машиностроении: Учебное пособие. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2005. – 236 с.
4. Компьютерное моделирование в системе MathCad: Учебное пособие./В. А. Охорзин – М.: Финансы и статистика, 2006. – 144 с.: ил.
5. Задачи принятия решений и оптимизации в машиностроении: учебное пособие / Т. А. Дуюн, Д. С. Баранов. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2018. – 100 с.

УДК 69.002.5

Ворожейкин М.Ю., Римашевская А.Б.

Научный руководитель: Лебедева М.А., преп.

Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж, Россия

ТЕХНОЛОГИЯ ПЕЧАТИ ЗДАНИЙ ИЗ БЕТОНА ПРИ ПОМОЩИ СПЕЦИАЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

С внедрением новых технологий появляются и новые, не всем понятные, слова и выражения. Большинство из них заимствованы из английского языка. Аддитивные технологии – это как раз тот случай.

Означает наращивание объекта по слоям. Если при обычном способе производства, например, стены панельного дома происходит заливка бетоном сразу всей формы, то при 3D печати она возводится постепенно [2].

Впервые о трёхмерной печати заговорили в 80х годах прошлого века, а первый в мире 3D принтер появился в 1986 году. Для строительной отрасли знаковым стал 2014-й, когда китайская компания сообщила о возведении 10 домов за сутки [2].

Принцип работы строительных 3D-принтеров заключается в экструзии — или выдавливании — специальной смеси, слой за слоем, по заданной трехмерной компьютерной модели. Заранее подготовленная смесь, состоящая из цемента, наполнителя и других добавок, загружается в бункер устройства и оттуда подается к головке принтера. Смесь наносится на поверхность площадки или предыдущие напечатанные слои. Именно по такому принципу работает большинство строительных 3D-принтеров [3].

От технологии печати зависят такие важные параметры, как минимальная и максимальная толщина слоя и скорость построения изделия. В зависимости от принципа создания заготовок, выделяют следующие виды 3D-печати:

1. SLA — лазерная стереолитография;
2. SLS (EBM, SLM) — селективное лазерное спекание;
3. FDM — метод последовательного наплавления;
4. DLP — технология цифрового проецирования;
5. MJM — многоструйная укладка полимера.

Суть лазерной стереолитографии (SLA) заключается в использовании жидкого фотополимера и специального реагента, который позволяет исходному материалу застывать под воздействием ультрафиолетового лазера. Фотополимер заливается в ванну и нагревается до рабочей температуры. Затем в смесь погружается подвижная платформа, которая постепенно перемещается вверх. В этот момент ультрафиолетовый лазер производит засветку платформы снизу по заданным координатам, вследствие чего затвердевший полимер вначале прилипает к платформе, а последующие слои к ранее застывшему полимеру. Платформа многократно поднимается и опускается с предварительным перемешиванием фотополимера. Процесс повторяется слоем за слоем, а изделие печатается снизу-вверх.

Метод селективного лазерного спекания (SLS) основан на равномерном распределении специального порошка с последующим его плавлением под воздействием лазера, в соответствии с геометрией сечения каждого слоя изделия. По завершении печати, необходимо

удалить порошок, снять изделие со вспомогательных подпорок и выполнить минимальные доработки по доведению детали до кондиции.

SLS 3D-принтеры также, как и SLA-модели, обладают высокой точностью печати и приемлемым качеством изделий.

Технология последовательного наплавления (FDM) наиболее распространена благодаря своей простоте. В печатающую головку (экструдер) 3D-принтера, подается полимер в виде нити, который подвергается плавлению при воздействии температуры, после чего он наносится на рабочую поверхность в заданную точку координат через специальное сопло. Готовые изделия необходимо подвергать постобработке, чтобы сгладить структуру слоёв. 3D-принтеры, использующие FDM-технологию, позволяют печатать изделия различных цветов. Технология цифрового проецирования (DLP) аналогична лазерной стереолитографии.

Отличие заключается в том, что засветка платформы осуществляется проекциями слоев 3D-модели, в следствие чего смола застывает в нужных областях. Одним из минусов этой технологии является то, что изделие должно остыть после печати, что может привести к возникновению деформаций.

Принцип многоструйной укладки полимера (MJM) заключается в послойном нанесении расплавленного материала через несколько сопел одновременно. При печати модели необходимо использовать поддерживающие элементы (подпорки), что позволяет печатать высокоточные изделия [4].

Основным материалом для 3D-печати домов являются мелкозернистые смеси, которые отличаются от традиционного бетона. Каждая компания разрабатывает свою рецептуру, которая соответствует устройству принтера и его сопла, а также специфике готовых изделий.

Готовые смеси позволяют печатать элементы различной сложности и размеров — от малых архитектурных форм, типа клумб и скамеек, до целых зданий, мостов и даже небоскребов [3].

Есть три принципа работы 3D принтера:

1. Экструдирование послойным методом – через сопло машины давится вязкая смесь из бетона с добавками;
2. Селективное спекание – автомат плавит рабочую смесь (песок) с помощью лазера;
3. Напыление – в сопле происходит смешивание песка и клейкого состава, и полученная смесь напыляется на поверхность.

Печать осуществляется специальной печатающей головкой, оснащённой шнековым экструдером и бункером для смеси.

Специальная мелкозернистая смесь подаётся в бункер вручную или с помощью насоса и послойно выдавливается на участок согласно проектной документации. Таким образом формируются отдельные детали или стены дома (Рис. 1).



Рис. 1 Формирование стен дома

Не зависимо от способа возведения дома по аддитивной технологии первым этапом будет создание проекта будущей постройки. Это касается не только домов, но и других конструкций.

Большинство аддитивных принтеров понимают популярные графические форматы – AutoCAD, Компас-3D, ArchiCAD, и умеют переводить их в визуальные слои для формирования карты рабочего процесса. Так что специальную программу для него использовать не придётся. После подготовки проекта, основным отличием будет то, что после печати строительных элементов их необходимо будет смонтировать на участке. Следующим этапом является установка оборудования и подготовка расходных материалов, в частности мелкодисперсного раствора. В качестве «чернил» строительный 3D принтер может использовать пескобетон, специально подготовленную смесь на основе цемента или гипса (рис. 2). После подготовительных работ, оператор запускает печать и строительный 3D принтер начинает выдавливать раствор по заданной траектории. Слой за слоем создаются внешние и внутренние стены здания или отдельного элемента. Оператор только контролирует процесс экструзии и следит за подачей строительной смеси [2].

К особенностям профессиональных 3D-принтеров приписывают огромный функционал, высокую скорость, а также отличное качество печати. Установки способны работать с широким спектром расходных материалов. При печати используются тонкие слои, поэтому изделия получаются гладкими [4].

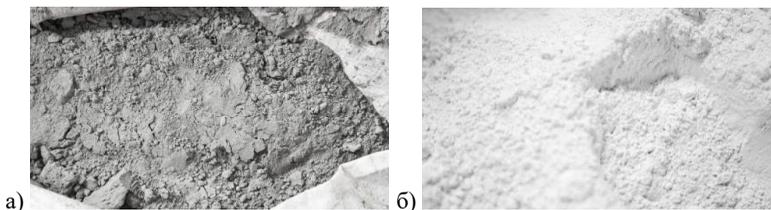


Рис. 2 Цемент и гипс

В заключение отметим, что технология печати построек из смеси на основе гипса или цемента при помощи специального оборудования является современной, поэтому в ней стоит еще многое доработать. Вероятно, в будущем её будут использовать чаще, но на данный момент она не пользуется особой популярностью из-за её стоимости и неудобств возведения дополнительных конструкций на объекте в сфере строительства высотных зданий и сооружений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Симакова Е.А., Селякова К.И., Кравченко Д.А. Применение 3D – печати в строительстве / Е.А. Симакова, К.И. Селякова // Инженерные исследования. – 2021. - №1. – С. 1 – 9.
2. <https://t-magazine.ru/pages/3dprint-house/>
3. <https://top3dshop.ru/blog/3d-printing-of-buildings-technologies-and-3d-printers.html>
4. <https://2hpc-ru.turbopages.org/2hpc.ru/s/3d-принтер-характеристики/>

УДК 62.77

Гаврилов Д.В., Салихов Д.Д.

*Научный руководитель: Хуртасенко А.В., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИИ РЕМОНТА ДЕТАЛЕЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ АГРЕГАТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ МОБИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Повышение эффективности восстановительной ремонтной и предмонтажной обработки крупногабаритных деталей в условиях

неопределённости базирования, таких как бандажи вращающихся печей, возможно на основе разработки новых технологических подходов, учитывающих влияние погрешностей формы на базирование самой детали при обработке [1-3], а также при исследовании и разработке эффективных схем обработки [4].

На Рис. 1 представлена разработанная конструкция мобильного станка для обработки крупногабаритных деталей вращения [5].

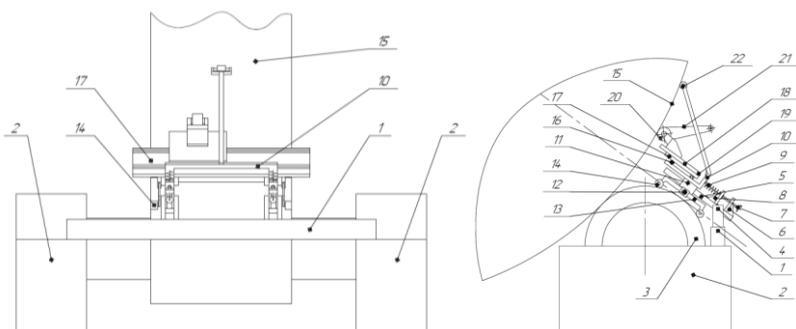


Рис. 1 Конструкция предложенного станка для обработки бандажей: 1 - монтажная рама, 2 - корпус подшипника, 3 - опорный ролик, 4 - шарнир, 5 - поперечные профильные направляющие, 6 - неподвижная пятка, 7 - регулировочный винт, 8 - подвижный упор, 9 - пружина, 10 - кронштейн, 11 - корпус, 12 - шарнир, 13 - подвижная роликовая опора, 14 - ролики, 15 - бандаж, 16 - двоянные продольные рельсовые направляющие качения, 17 - продольный суппорт, 18 - каретка, 19 - регулировочный винт, 20 - обрабатываемый узел, 21 - абразивная лента, 22 - копирующий ролик.

Данная конструкция обеспечивает точность базирования станка на работающем агрегате и его выверку, возможность автоматического отслеживания изменения пространственного положения обрабатываемой поверхности, возможность автоматического обеспечения заданных технологических режимов обработки (глубины резания).

Перечисленные преимущества достигаются за счет конструкции станка, в которой можно условно выделить два модуля: «тележка» и «наездник» (Рис. 2).

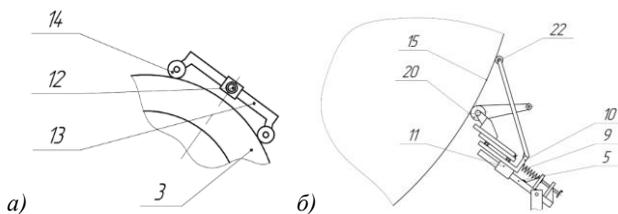


Рис. 2 Модули станка: а - тележка; б - наездник.

Точность базирования и установки станка, а также его выверка, обеспечиваются модулем «тележка» (Рис. 2а) за счет постоянного контакта роликов 14 роликовой опоры 13 станка с опорным роликом 3 бандажа. Это возможно благодаря шарниру 12, который компенсирует радиальные перемещения станка в плоскости сечения обрабатываемой детали. Это решение также обеспечивает параллельность продольной оси станка, оси опорного ролика бандажа и оси обрабатываемой детали.

Автоматическое отслеживание изменений пространственного положения обрабатываемой поверхности и обеспечение постоянства заданных режимов обработки достигается модулем «наездник» (Рис. 2б) за счет постоянного контакта копирующего ролика 22 с обрабатываемой поверхностью бандажа 15. Это обеспечивается благодаря возможности корпуса 11 станка свободно перемещаться по поперечным профильным направляющим 5 и воздействию пружины 9, которая прижимает кронштейн 10, несущий на себе обрабатывающий узел 20. Благодаря конструкции модуля «наездник» все неровности и радиальные перемещения поверхности бандажа передаются на обрабатывающий узел непосредственно во время вращения детали.

Рассматриваемая конструкция мобильного станка может проводить обработку по схеме, представленной на Рис. 3 [4]. В данной схеме базирование также происходит по поверхности катания опорного ролика 2, обеспечивается постоянство технологической базы и возможность угловых перемещений относительно оси опорного ролика.

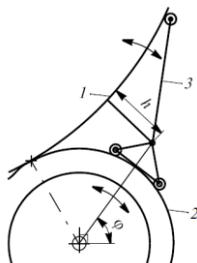


Рис. 3 Технологическая схема обработки: 1 – поверхность бандажа, 2 – опорный ролик, 3 – обрабатывающее устройство.

Обработка по данной схеме позволяет ориентировать движение продольной подачи в направлении параллельном оси ролика и параллельно оси обрабатываемой детали, что упрощает наладку и сокращает подготовительное время. Данная схема подразумевает постоянство контакта обрабатывающего узла с поверхностями банджа и опорного ролика, что конструктивно обеспечивается рассматриваемой моделью мобильного станка.

Таким образом, использование предлагаемых конструкторско-технологических решений позволит добиться повышения точности за счет автоматической поднастройки в момент обработки и более точной установки станка относительно оси обрабатываемой детали, что в целом повысит эффективность восстановительной обработки деталей технологических агрегатов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Разработка и исследование способа восстановления работоспособности насадных и вварных банджей вращающихся цементных печей в условиях эксплуатации: Отчет о НИР заключительный / Белгородский технол. ин-т стр. матер. БТИСМ; Руководитель В.Н. Бондаренко – №ГР 01850061334. – Белгород, 1985-88.: ил. – Отв. исполн. В.И. Рязанов; Соисполн. БТИСМ, А.А. Погонин, И.В. Шрубченко, А.И. Полунин и др. – Библиогр.: 106 с.

2. Хуртасенко, А.В. Технология восстановительной обработки крупногабаритных деталей с использованием методов активного контроля: Дисс. канд. техн. наук /А.В. Хуртасенко; БГТУ им. В.Г.Шухова – Белгород, 2007. – 170с.

3. Шрубченко, И.В. Некоторые особенности реконструкции банджей вращающихся технологических барабанов с использованием мобильных технологий. / И.В. Шрубченко, А.С. Черняев, Л.В. Мuryгина // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. - 2012., №4, С. 96-99.

4. Хуртасенко, А.В. Технологическая схема эффективной обработки крупногабаритных деталей / А. В. Хуртасенко, И. В. Шрубченко, М. Н. Воронкова и др. // СТИН. – 2022. – №3. – С. 13–15.

5. Патент № 212549 Российская Федерация, МПК В24В 5/22 (2006.01). Станок для обработки цилиндрических поверхностей банджей промышленных установок в процессе их технологического вращения: № 2021138468: заявл. 23.12.2021; опубл. 28.07.2022 / Гаврилов Д.В., Хуртасенко А.В., Воронкова М.Н., Шрубченко И.В.; заявитель Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. – 7 с.

УДК 539.374.4

Гаврилов Р.В.

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

СПОСОБЫ И ОСОБЕННОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ГОРЛОВИН В СТАЛЬНЫХ ЗАГОТОВКАХ

Современная промышленность располагает большим количеством способов изготовления заготовок. Это позволяет повысить качество и эксплуатационные характеристики деталей, снизить материальные и трудовые затраты на их изготовление.

Существует два основных метода изготовления заготовок: при помощи литья и обработкой давлением [1, 2].

Применение литых заготовок обусловлено следующими достоинствами данного метода: получение заготовок практически любой формы, размеров и массы; снижение объема механической обработки при изготовлении деталей; изготовление заготовок из сплавов, которые не поддаются пластическому деформированию и из трудно обрабатываемых материалов. К недостаткам метода литья следует отнести: пониженную плотность металла в сравнении с деформированными заготовками и соответственно пониженные прочностные характеристики металла заготовок; наличие внутренних дефектов; низкая, как правило, пластичность металла заготовок.

Все процессы обработки металлов давлением основаны на способности металлических материалов, в твёрдом состоянии устойчиво, изменять форму и размеры под действием приложенных внешних сил, т.е. пластически деформироваться. Обработка давлением позволяет в процессе пластической деформации придавать заготовкам не только заданную форму, но и изменять структуру (форму и размеры зёрен, направленность макроструктуры) и физико-механические свойства.

Метод обработки металлов давлением разделяется на две основные группы-процессы металлургического и машиностроительного производства. К первой группе относятся процессы металлургического производства, в основе которых лежит принцип непрерывности технологического процесса. Сортамент машиностроительных профилей составляет миллионы типоразмеров и его разделяют на четыре основные группы: сортовые профили, листовой металл, трубы и периодические профили. Для изготовления машиностроительных

профилей применяют различные виды обработки металлов давлением: прокатку, прессование, волочение, профилирование листового металла. Поэтому кроме группирования по приведенным геометрическим признакам профили разделяют и по способу их изготовления. Во вторую группу входят такие процессы, как ковка, штамповка (горячая и холодная), листовая штамповка и другие специальные способы изготовления заготовок (калибровка, раскатка и т.д.). Эти способы обеспечивают высокую точность заготовок и в ряде случаев для изготовления деталей не требуют последующей механической обработки.

Обработке давлением могут подвергаться, как правило, те металлы и сплавы, которые обладают запасом пластичности, т.е. обеспечивать деформацию без нарушения сплошности материала. На пластичность оказывает влияние ряд факторов – химический состав материала, температура и скорость деформации, форма очага деформации и т.д. Создавая соответствующие условия формирования, можно получить требуемую технологическую пластичность.

В зависимости от температуры и скорости различают холодную и горячую деформации. Холодная деформация происходит при таких температурно-скоростных условиях, когда в материале протекает только один процесс – упрочнение (или наклеп) металла. В процессе холодной деформации образуется волокнистая структура, повышается прочность и снижается пластичность материала. Горячая деформация осуществляется при таких температурно-скоростных условиях обработки, когда в материале протекают одновременно два процесса: наклеп и рекристаллизация (упрочнение и разупрочнение), причем скорость разупрочнения равна или выше скорости упрочнения. При горячей деформации улучшаются все механические свойства материалов: прочность, пластичность, ударная вязкость. После горячей деформации, как правило, микроструктура равноосная, мелкозернистая, макроструктура волокнистая. Используя определенные операции деформации, можно получить макроструктуру, совпадающую с направлением максимальных напряжений в детали при ее эксплуатации. Это явление особенно важно при изготовлении ответственных, нагруженных деталей типа турбинных дисков, валов, роторов и т.д.

Являясь универсальным изделием, трубы используются в самых разных сферах деятельности человека: в нефтегазовой отрасли, водоснабжении, отоплении и др. [3]

Трубы также являются исходной заготовкой для тройников и коллекторов, которые также широко используются в нефтегазовой

промышленности для распределения технологической жидкости, такой как нефть, газ и вода. Коллекторы предназначены либо для объединения нескольких соединений в один канал, либо для разделения одной входной линии на несколько выходов.

Чаще всего для их получения используют процесс отбортовки отверстий, при котором с помощью пластической деформации исходной заготовки образуют борт по контуру отверстия, полученного пробивкой или сверлением. [4] Этим способом получают горловины с небольшой относительной высотой. Группа процессов, позволяющих получать высокий борт с соотношением $H/D > 0,3$ совмещает обычно несколько операций, например предварительную вытяжку, формовку или выдавливание, или принудительное утонение стенки борта, а также может совмещать нагрев. В этих процессах чаще всего страдает производительность, т. к. горловину чаще всего делают за несколько переходов. Из анализа литературных источников, описывающих процессы отбортовки и их параметры, было установлено, что при каждом методе отбортовки присутствует искривление отбортованной стенки, и ни один из них не обеспечивает равной толщины отбортованной стенки по всей высоте. Получение ровной отбортованной стенки обеспечило бы лучшие механические свойства и долговечность соединения отбортованных изделий сваркой, с помощью резьбы и др. Поэтому обеспечение равной стенки после отбортовки при высокой производительности процесса, является одним из актуальных направлений исследования.

Операцию отбортовки горловины на трубных заготовках применяют в кузнечном производстве при изготовлении различных типоразмеров тройников, а также отдельных элементов химнефтеаппаратуры и котлов. Особенность процесса в том, что вырезаемое в трубной заготовке отверстие имеет, как показывают расчеты, овальную форму, что приводит к неравномерности деформации и соответственно к неравномерности толщины стенки на торцевой поверхности отбортованной горловины. С увеличением отношения диаметра отбортованной горловины к диаметру трубной заготовки d/D неравномерность деформации и неравномерность толщины стенки возрастают. [4] Кроме того, при отбортовке уменьшается толщина стенки в торцевой части горловины и при определенных условиях она может выходить за пределы допустимых значений. На величину утонения стенки при отбортовке влияет высота горловины h_g готового изделия. Для тройников этот размер определяется согласно техническим условиям и ГОСТам из выражения (рис. 1):

$$h_r = H - D/2$$

где H – параметр, регламентируемый ГОСТ или ТУ; D – наружный диаметр корпуса тройника.

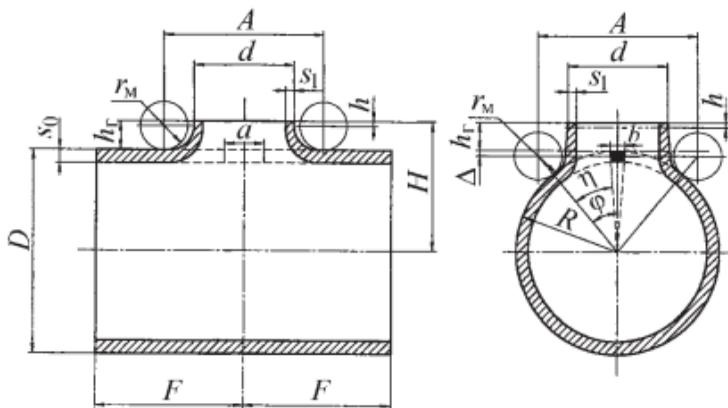


Рис. 1 Геометрические параметры отбортованной горловины переходного тройника

Все тройники по ГОСТ 17376–2001 имеют отношение $d/D > 0.6$ поэтому изготовлять их простой отбортовкой горловины из трубных заготовок не представляется возможным, так как процесс в этом случае сопровождается значительным утонением стенки и неравномерностью деформации в торцевой зоне горловины. Такие тройники изготовляют либо обжимом трубных заготовок с последующей их отбортовкой горловины, либо гидромеханической штамповкой.[3] В отечественной промышленности широко применяют переходные тройники с отношением $d/D > 0.6$ не входящие в ГОСТ 17376–2001.

В условиях мелкосерийного производства такие тройники при определенных условиях можно изготовлять из трубных заготовок, применяя различные способы отбортовки горловины, в том числе многопереходную отбортовку с применением шаровых пуансонов.

Для успешного осуществления процесса отбортовки при изготовлении переходных тройников с отношением $d/D > 0.6$ и получения требуемой толщины стенки s_1 в торцевой зоне отбортованной горловины необходимо прежде всего определить и обосновать для конкретных типоразмеров тройников минимально необходимую высоту горловины h_r (см. рис. 1). При определении соответствующей высоты горловины h_r переходных тройников следует

учитывать толщину стенки s_0 исходной трубной заготовки и радиус r закругления у основания горловины (или радиус r_m закругления протяжной матрицы).

Таким образом одной из основных проблем при получении горловин является искривление отбортованной стенки и обеспечение равной толщины отбортованной стенки по всей высоте, что обеспечило бы лучшие механические свойства и долговечность соединения отбортованных изделий сваркой, с помощью резьбы и др.

Решение данной задачи может лежать в нескольких направлениях – автоматизации проектирования технологических процессов обработки заготовок, проектирование процесса получения горловин на основе морфологического анализа, а также компьютерное моделирование процесса вытяжки горловины для поиска оптимального соотношения параметров скорость-качество.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Калюжный В. Л. Исследование процесса отбортовки круглых отверстий профилированной листовой заготовки / В. Л. Калюжный, А. В. Калюжный, С. А. Пахолко // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 2014. – №5. – С. 22-25.

2. Круглов Е. П. Выбор и способы изготовления заготовок для деталей машиностроения. Учебник для студентов машиностроительных специальностей / Е. П. Круглов, Э. Р. Галимов, А. Г. Аблясова, Н. Я. Галимов, С. Ю. Юрасов, М. М. Ганиев, А. Г. Схиртладзе, Е. А. Рябов – Казань: КНИТУ-КАИ, 2015 – 433с.

3. Юракова Т. Г. Актуальные вопросы обеспечения качества стали как основного материала для производства продукции машиностроения / Т. Г. Юракова, Е. С. Черноситова, К. М. Левицкая // *Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова*. – 2017. – №6. – С. 207-212 .

4. Попов Е. А. Технология и автоматизация листовой штамповки: учеб. для вузов / Е. А. Попов, В. Г. Ковалев, И. Н. Шубин. – Москва: МГТУ, 2000. – 479 с.

5. Лукьянов В.П. Штамповка, гибка деталей для сварных сосудов, аппаратов и котлов / В.П. Лукьянов, И.И. Маткава, В.А. Бойко В.А. // *Заготовительное производство в машиностроении*. – 2009. – №4. – С. 17-22.

УДК 621.912.22

Григоренко А.А.

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

СТРОГАЛЬНЫЕ СТАНКИ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Строгальные станки, обеспечивающие линейное взаимное движение инструмента и детали, использовались человеком еще до нашей эры. В конструкциях середины девятнадцатого века, имеющих подвижный стол и ползун с суппортом, использовался кривошипно-шатунный механизм для придания движению инструменту и храповый механизм для осуществления подачи детали при обратном ходе рис. 1.

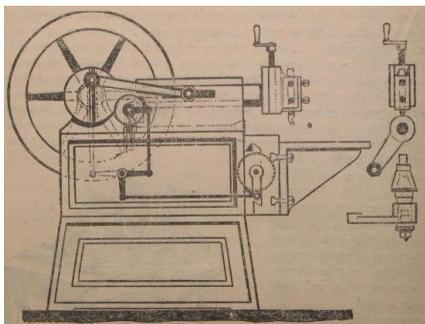


Рис. 1 Горизонтально-строгальный станок Несмита

Кривошипно-шатунный механизм в купе с маховиком обеспечивают примерно равные скорости инструмента при рабочем и возвратном движении. Для предотвращения затирания инструмента, резцедержатель выполняется откидным. При обратном ходе снятие материала не происходит – полезная работа не выполняется, это обуславливает более низкую эффективность этих машин в сравнении, например, с токарными. Сокращение “холостого” хода при механическом приводе можно обеспечить при помощи кулисного механизма. Патенты, описывающие данный механизм, были зарегистрированы еще в начале двадцатого века. Иллюстрация одного из патентов изображена на рис. 2. [1] Движение от кривошипа на зубчатом колесе 3 передается через шарнирно закрепленный камень 1 к шатуну, который шарнирно закреплен на ползуне 4 и через другой камень 2. При обратном ходе плече силы, действующей на шатун со

стороны ползуна 1, меньше, чем при рабочем, но скорость его движения выше. Таким образом достигается сокращение продолжительности холостого хода.

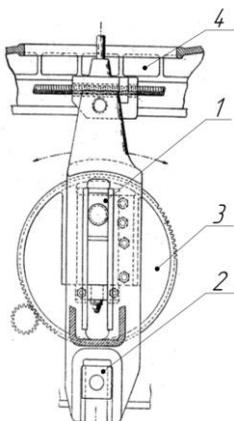


Рис. 2 Кулисный механизм строгального станка: 1 и 2 – камни, 3 – кривошип, 4 – ползун.

Регулировка хода ползуна может выполняться при помощи изменения эксцентриситета кривошипа 3.

Помимо кулисного механизма существуют и другие варианты привода. Передача шестерня – зубчатая рейка крайне редко применяется в поперечно-строгальных станках, но хорошо подходит для продольно-строгальных станков рис. 3, где требуется большой ход стола, на котором закреплена деталь, равное усилие прямого и обратного хода (позволяет выполнять обработку двух поверхностей одновременно.) и относительно невысокая частота смены направления движения.

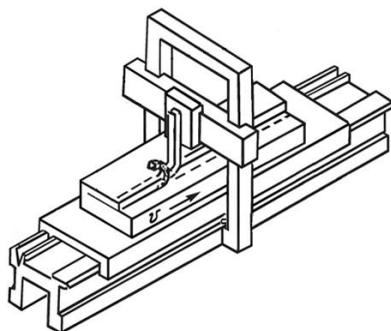


Рис. 3 Схема продольно-строгального станка

Другим вариантом является гидропривод. Применяется чаще в поперечно-строгальных и зубострогальных станках рис. 4. При использовании цилиндра с односторонним штоком обеспечивает разную скорость прямого и обратного хода за счет разной площади поршня даже при равном расходе.

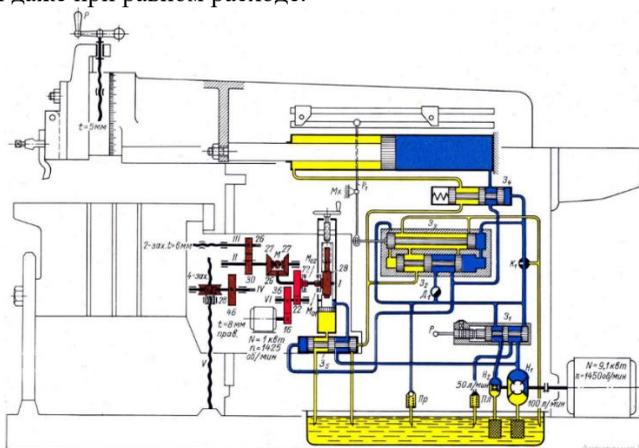


Рис. 4 Схема гидравлического поперечно-строгального станка

Использование гидропривода позволяет обеспечить постоянное усилие на протяжении всего рабочего хода, снизить шумность, но ограничивает скорость рабочего органа.

Строгальные станки предназначены для обработки резцами плоскостей и фасонных линейчатых поверхностей. Наиболее эффективны при обработке длинных узких поверхностей,

особенно сквозных, прямых канавок и пазов. Большую часть данных операций можно выполнить и на фрезерных станках. В настоящее время такое преимущество строгальных станков, как использование инструмента простой конфигурации, не актуально. Поперечно-строгальные станки еще производятся промышленностями таких стран как Китай, Индия, Египет и т.д. Выпускаются строгальные станки как с ручным управлением, так числовым программным, которое способно повысить точность и производительность даже устаревших машин. [2] Крупные американские и европейские производители металлорежущего оборудования перестали выпускать поперечно-строгальные станки к шестидесятым года двадцатого века. Металлорежущее оборудование с прямолинейным главным движением не широко распространено, а занимает свою особую нишу, выполняя те виды обработки, которые не рационально или вовсе невозможно

выполнять на других машинах. Примерами являются изготовление валшестерней, эпициклов, внутренних шлицев, многогранных отверстий и т.д. на долбежных станках. Долбежные станки тоже используют механический привод ползуна с кулисным механизмом.

В выпускаемых строгальных станках с механическим приводом используется механизм, показанный на рисунке 2, или конструктивно более простой, показанный на рисунке 5.

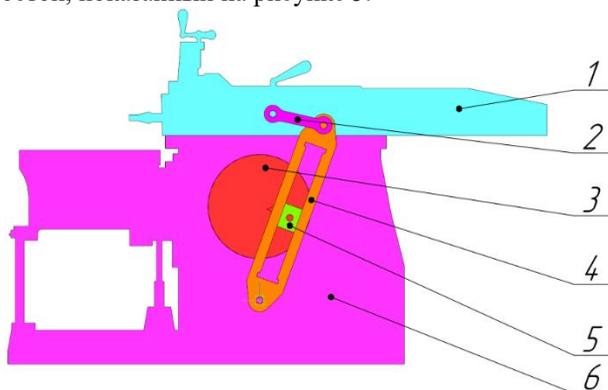


Рис. 5 Механизм привода строгального станка.

1 – ползун, 2 – шатун, 3 и 4 – кривошипы, 5 – камень, 6 - станина

При помощи кинематического анализа возможно выявить преимущества различных вариантов механизма привода. [3] Для сравнения были использованы модели строгальных станков с одинаковым эксцентриситетом кривошипа, равным 185.4мм, и одинаковым ходом ползуна, равным 737мм. Оси шарниров (камня 2 рисунка 2 и кривошипа 4 рисунок 5) имеют одинаковые координаты. Равные ходы ползунов были обеспечены за счет изменения длины кривошипа 4 конструкции с шатуном. [4] Частота вращения входного звена была выбрана равной 15 об/мин и неизменной во времени. Результатами анализа выступили значения координаты ползуна, его скорости и ускорения, зависящие от времени и записанные с промежутком в одну десятую секунды. Полученные результаты были использованы для построения графиков зависимости параметров от времени.

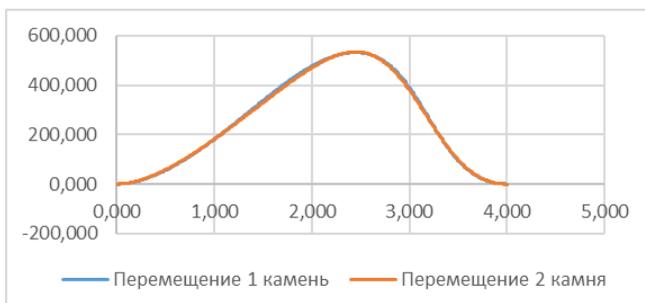


Рис. 6 График зависимости перемещения ползуна от времени

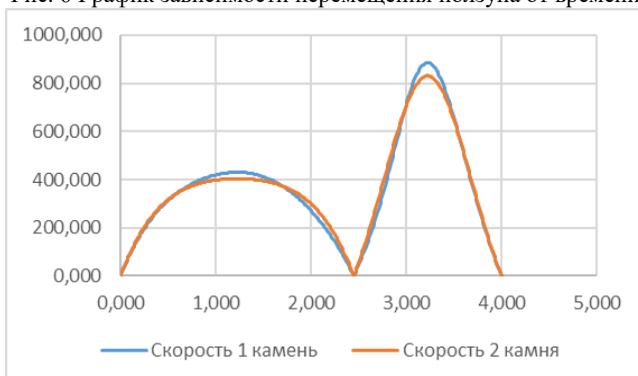


Рис. 7 График зависимости скорости ползуна от времени

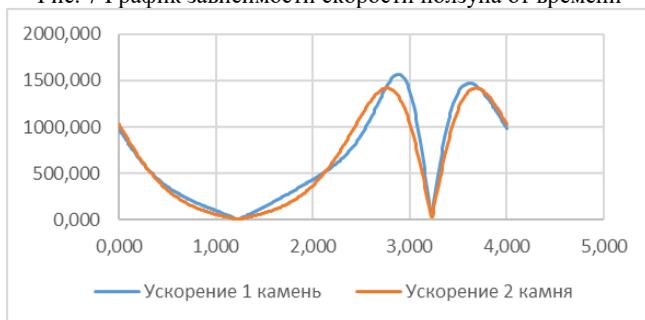


Рис. 8 График зависимости ускорения ползуна от времени

Синими линиями показаны параметры механизма с рисунка 5, имеющего один камень, красными линиями параметры механизма с рисунка 2, имеющего два камня. Из анализа графиков видно, что механизм с одним камнем обеспечивает большее колебание скорости при прямом и обратном ходе и большее ускорение. Колебания скорости

может вызвать нежелательные вибрации при обработке. [5] Из этого можно сделать вывод, что повышенные колебания скорости резания свойственны более простому в изготовлении механизму с одним камнем (рис. 5), но разность значений незначительна в сравнении с альтернативной конструкцией.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Espacenet Международная база патентов [сайт] – URL: <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/035117008/publication/CA221405A?q=metal%20shaper> (дата обращения 15.04.2023).

2. Никитина И.П., Поляков А.Н. Методика модернизации станков фрезерной группы с ручным управлением // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. Белгород 2018. № 5. С. 82-89.

3. Nasser M., Asy M. Dynamic, Kinematic and Static Analysis of a Shaper Machine // International Journal of Advanced Engineering and Global Technology 2015 Vol. 3 Pp. 715-725.

4. Кулешов В.О. Кинематический анализ механизма строгального станка В сборнике: исследования и разработки в области машиностроения, энергетики и управления. // Материалы XXII Международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Гомель, 2022. С. 321-325.

5. Катунин А.В. Уменьшение вибраций при строгании // Известия Орловского государственного технического университета. Орел 2008. № 7. С. 24-29.

УДК 629.4

Измельцева Е.О.1, Макашин Д.С. 1,2

*Омский государственный университет путей и сообщения, г. Омск, Россия
Омский государственный технический университет, г. Омск, Россия*

ВЛИЯНИЕ МЕТОДОВ ФОРМИРОВАНИЯ КОЛЁСНЫХ ПАР ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА НА ПРОЧНОСТЬ СОЕДИНЕНИЙ С НАТЯГОМ «КОЛЕСО–ОСЬ»

Безопасное движение подвижного состава в большей степени зависит от надежности колесной пары. Колесные пары – одни из наиболее ответственных узлов железнодорожного подвижного состава,

так как их надежность напрямую связана с обеспечением безопасности движения.

Эксплуатационная надежность колесных пар подвижного состава железнодорожного транспорта зависит не только от качества их изготовления и условий эксплуатации, но и от уровня их технического обслуживания и ремонта. В процессе эксплуатации колесные пары повреждаются и получают различного рода неисправности, которые называются эксплуатационными дефектами. По Классификатору неисправностей вагонных колесных пар и их элементов 1.20.001-2007 [1], утвержденному ОАО «РЖД» их более 60. Большинство из этих неисправностей устраняется при депоовском и заводском ремонтах. Надежность этих колесных пар в эксплуатации обеспечивается качеством ремонта. Выбор рациональных способов ремонта и технологических методов их реализации позволит не только восстановить работоспособность колесных пар, но и существенно увеличить их ресурс, а также эксплуатационную надежность.

На колесную пару действуют большие переменные статические и динамические нагрузки и силы, обусловленные посадками с натягом колес на подступичные части и роликовых подшипников на шейки оси. Основная составляющая сила – вертикальная нагрузка на шейку оси – зависит от массы брутто вагона. Статическая нагрузка на ось составляет в среднем 180-220 кН (18-22 тс). При вписывании вагона в кривых участках пути на колесную пару действует также центробежная сила от боковой рамы тележки, которая добавляет еще 50 кН (5 тс). Также, колесная пара нагружается ветровой нагрузкой с удельным давлением ветра на боковую стенку вагона до 500 Н/м², (50кгс/м²). В результате извилистого движения колесной пары в рельсовой колее в местах контакта колес и рельсов возникают силы трения, вызывающие изгиб колес. Силы, возникающие при торможении в результате трения между колодками и колесами, вызывают дополнительное нагружение осевых шеек от 20 до 60 кН (от 2 до 6 тс), а также создают вращательный момент, стремящийся повернуть колесо на оси [3].

При проведении технического обслуживания колесных пар, проверяется наличие признаков ослабления или сдвига колёсного центра на оси по наличию ржавчины, выступающей смазки, или трещин краски в местах посадки колёсного центра на ось колёсной пары. При выявлении явных признаков сдвига (рис. 1) эксплуатация колесной пары не допускается.



Рис. 1 Сдвиг колеса на оси [1]

Использование соединений с натягом, обусловлено их высокой нагрузочной способностью, готовностью воспринимать и передавать значительные осевые нагрузки и изгибающие моменты без использования дополнительного крепежа. Основные параметры, влияющие на нагрузочную способность таких соединений: контактное давление, диаметр посадки, длина посадки, коэффициент трения, нанесение покрытий. При эксплуатации функциональные характеристики соединений с натягом в условиях динамического нагружения изменяются, так как происходят относительные микросдвиги контактирующих поверхностей и коррозионные процессы. В связи с этим, задача повышения качества соединений с натягом, была и остается актуальной.

При формировании соединений с натягом существуют два основных метода:

- запрессовка под прессом;
- тепловым методом.

При запрессовке колёс на ось под прессом, для получения прочного соединения, диаметры подступичных частей оси изготавливают на 0,1—0,25 мм больше диаметра отверстия ступиц.

Значение фактического натяга, при формировании соединения «колесо – ось» находится в пределах от 0,1 до 0,25 мм, причем значение конечной силы запрессовки, учитывая номинальный диаметр подступичной части, равный 194 мм, должно быть [4]:

- от 826,7 до 1115 кН (при значении шероховатости поверхности ступицы колеса $Rz \leq 20$ мкм);
- от 749,89 до 1115 кН (при значении шероховатости поверхности ступицы колеса $20 \text{ мкм} < Rz \leq 30$ мкм).

Значения конечных усилий запрессовки на каждые 100 мм диаметра подступичной части оси должны быть в пределах:

– от 383 до 569 кН (при значении шероховатости поверхности отверстия ступицы колеса $Rz \leq 20$ мкм);

– от 422 до 569 кН (при значении шероховатости поверхности отверстия ступицы колеса $20 \text{ мкм} \square Rz \leq 30 \text{ мкм}$).

Запрессовка производится при нормальной температуре со скоростью не более 2 мм/с. Процесс запрессовки отображается и записывается на диаграмме запрессовки. По форме такая диаграмма запрессовки имеет вид плавной нарастающей, несколько выпуклой вверх кривой. На каждую формируемую колесную пару индикатор вычерчивает две диаграммы — для каждого колеса. Контролируемые параметры диаграммы: конечные усилия, длина сопряжений и форма кривой линии. Качество такого соединения, зависит от качества обработки сопрягаемых поверхностей, а также из-за ряда других причин.

Авторы, в своих исследованиях [5] выяснили, что наибольшее влияние на прочность такого соединения оказывает натяг. К другим факторам, также имеющим значительное влияние на прочность, можно отнести материал и характеристики поверхностного слоя сопрягаемых деталей, микрогеометрию посадочных поверхностей (шероховатость и ее направление), наличие промежуточных сред (смазки, клеевых прослоек и др.).

Расчёт статической прочности цилиндрического прессового соединения выполняется, как правило, по формулам, основанным на решении плоской осесимметричной задачи теории упругости (задача Ляме – Гадolina). Проблема расчёта статической прочности заключается в несоответствии полученных расчётных результатов с практическими результатами. Такое несоответствие можно устранить, за счёт изменения коэффициента трения. Однако коэффициент трения, в свою очередь, зависит от большого количества факторов (качества обработки поверхностей, вида покрытия, присутствия пыли, грязи и т. д.), поэтому расчёт носит скорее оценочный характер. Следовательно, для анализа прочности таких соединений необходимо проводить экспериментальную проверку.

Главным достоинством, такого прессового соединения колёс с осью, является наличие индикаторной диаграммы, используемой для контроля качества запрессовки. Однако, обычно до 25...30 % напрессовок имеют расхождение конечных усилий нормам или отклонение формы индикаторной диаграммы от допустимой. Кроме того, иногда возникают механические повреждения сопрягаемых поверхностей, в результате снижая усталостную прочность и надёжность колёсной пары.

При тепловой посадке, нагретую ступицу колеса, имеющую предварительный натяг, свободно насаживают на ось. На ось предварительно наносят антикоррозионное покрытие. Нагрев устанавливаемых на ось деталей проводят индукционными электронагревателями, в электрических и газовых печах. По достижению заданной температуры нагрева происходит автоматическое отключение печи. Процесс нагрева деталей записывается на диаграммной ленте или на электронном носителе. Охлаждение колёсной пары происходит естественным путём при температуре не ниже 10°C. Колесо прочно удерживается на оси, посредством сил трения. По сравнению с прессовым методом, прочность теплового соединения с натягом при прочих равных условиях более высокая (2—2,5 раза), из-за лучшего сцепления микронеровностей сопрягаемых поверхностей и отсутствия смазки [6].

Недостатками такого соединения являются: невозможность осуществления контроля процесса посадки, из-за отсутствия индикаторной диаграммы; увеличение расхода электроэнергии на подогрев колёс перед насадкой на ось; потребность в дополнительной свободной площади колёсного цеха, для охлаждения колёсных пар. Кроме того, при расформировании соединения с натягом «колесо-ось» образуются задиры и риски (рис. 2), в результате схватывания металла.



Рис. 2 Задиры и риски на подступичных частях оси [1]

Существующие аналитические методы расчета позволяют определить требуемый монтажный зазор, необходимую разницу температур охватываемой и охватывающей деталей, осевое и радиальное перемещение для деталей простой формы. Для соединений деталей с конструктивными особенностями, различной геометрией посадочной поверхности применяются численные методы [7].

Профессором Зенкиным А. С. [8] проведены аналитические исследования в данной области. Автор, в своих исследованиях представил управление погрешностью позиционирования охватываемой детали относительно охватывающей с помощью

фрикционной и теплоизолирующей смазки. Такой способ может применяться для деталей простой цилиндрической формы, но для более конструктивно сложных деталей, данный способ не подходит.

Таким образом, в работе рассмотрены методы формирования соединений с натягом «колесо-ось» колесных пар, влияющих на их эксплуатационную надежность. Приведены основные достоинства и недостатки данных методов. При прессовом методе, формирования соединения «колесо-ось» колёсных пар, основным достоинством является возможность контроля процесса запрессовки, посредством индикаторной диаграммы. Основным недостатком, является то, что обычно до 25...30 % напрессовок имеют расхождение конечных усилий нормам или отклонение формы индикаторной диаграммы от допустимой. Кроме того, иногда образуются механические повреждения сопрягаемых поверхностей, в результате снижающие полезную прочность и надёжность колёсной пары. При тепловом методе, формирования соединений с натягом «колесо-ось» колёсных пар, основным достоинством является более высокая, при прочих равных условиях, прочность соединения (2—2,5 раза), из-за лучшего сцепления микронеровностей сопрягаемых поверхностей и отсутствия смазки. К основным недостаткам, данного метода, можно отнести: отсутствие контроля процесса посадки, за неимением индикаторной диаграммы и образование задиров и риск при расформировании колёсных пар. Проведён обзор исследований влияния способов формирования колесных пар на прочность неразъемных соединений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. 1.20.001-2007 «Классификатор неисправностей вагонных колесных пар и их элементов».
2. ГОСТ Р 27.102-2021 «Надежность в технике».
3. Иванов В.П. Обеспечение надежности колесной пары вагонов в вагонном депо. Статья в сборнике трудов конференции. РГУПС. Воронеж. – 2020 г. – с. 14 – 17.
4. Руководящий документ по ремонту и техническому обслуживанию колесных пар с буксовыми узлами грузовых вагонов магистральных железных дорог колеи 1520 (1524) мм. – Введен 01.01.2013. – М.: ОАО «ВНИИЖТ», – 2012. – с. 276.
5. Чернин, И. Л. Оценка прочности соединений элементов колесных пар с гарантированным натягом / И. Л. Чернин, А. В. Пулято, М. С. Застольский, О. В. Пулято // Механика. Исследования и инновации. – № 10. ISSN 2519-8742. – 2017. – 8 с.
6. Гост 31537-2012 «Формирование колесных пар локомотивов и

моторвагонного подвижного состава тепловым методом»

7. Удалов, А. В. Контактные давления в прессовых соединениях вала и ступицы / А. В. Удалов, Удалов А. А. // ADVANCED SCIENCE. Вятский государственный университет. – 2017. eISSN: 2307-0536. – 40 с.

8. Зенкин, А. С. Оценка и прогнозирование напряженно-деформированного состояния соединений с натягом при термических методах сборки / А. С. Зенкин, Н. А. Зубрецкая // Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2003. – № 6. – с. 9–12.

9. Гаффанов, Р.Ф. Управление процессом формирования соединения с натягом, собираемого термическим методом / Р. Ф. Гаффанов, А. В Щеняцкий // Вестник Ижевского государственного технического университета. – 2008 г. – с. 9– 13

УДК 621.0

Йесса Лусилен Да Лусия Са Мигель

Научный руководитель: Маслова И.В., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

АНАЛИЗ БУДУЩЕГО МАШИНОСТРОЕНИЯ И 3D-ПРИНТЕР

В ближайшем будущем важность и использование 3D-печатных машин в машиностроении станет обычным делом. 3D-печатные машины станут самыми полезными машинами благодаря своей практичности, стоимости и полезности, настолько, что во многих местах их называют "новым будущим" производства. Процесс производства 3D-печатных машин и использование 3D-принтеров имеют репутацию универсальных, поскольку их можно использовать для производства предметов как для космической техники, так и для дома.

Прежде всего, следует сказать, что 3D-печатные машины - это набор технологий, используемых для производства объекта в трех измерениях. Для производства объекта они работают путем впрыска горячего материала (пластиковой нити) или излучения света на материал и придания ему формы. Этот процесс набирает популярность в промышленности, где он помогает заменить традиционные детали на более дешевые. Перечислим преимущества 3D-принтеров. Гибкость дизайна, что означает, что мы можем создавать более сложные конструкции; быстрое прототипирование, что означает, что 3D-

принтеры создают объекты за меньшее время по сравнению с обычными машинами; увеличение спроса на печать (все файлы 3D-дизайна хранятся в виртуальной библиотеке по мере использования 3D-модели для печати в виде файла CAD или STL, что означает, что их можно найти и напечатать, когда это необходимо); они позволяют создавать прочные и легкие детали; низкая стоимость производства; и самое главное - они экологически устойчивы.

В таблице 1 представлены 3D-принтеры по группам в соответствии с российским стандартом ГОСТ Р 57558-2017.

Таблица 1 – Классификация аддитивных технологий ГОСТ Р 57589–2017

Группа	Технология	Исходный материал	Источник энергии	Особенности
Binder Jetting	Indirect Inkjet Printing (Binder 3DP)	Полимерные порошки, керамические порошки, металлические порошки	Термическая энергия	Необходимость пропитки изделий после их построения; широкий выбор материалов; высокая пористость изделий
Material Extrusion	Fused Deposition Modeling (FDM) Contour Crafting	Термопластики, керамические суспензии, металлические пасты	Термическая энергия	Невысокая стоимость установок; использование нескольких материалов
Material Jetting	Polyjet/Inkjet Printing	Фотополимер, воск	Термическая энергия/ фото-отверждение	Печать из различных материалов; высокое качество поверхности
Powder Bed Fusion	Selective Laser Sintering (SLS) Direct Metal Laser Sintering (DMLS)	Полиамиды, полимеры Металлические и керамические порошки	Лазерный луч	Высокая точность изготовления; высокая плотность изделий; использование поддержек

Vat Photopolymerization	Stereolithography (SLA)	Фотополимеры, керамики (оксиды Al, Zr, пьезокерамики)	Ультрафиолетовый лазер	Высокая скорость построения; высокая точность изготовления; высокая стоимость исходных материалов
-------------------------	-------------------------	---	------------------------	---

На рис. 1 представлены наиболее популярные 3D-машины: стереолитография (SLA), моделирование методом плавленого осаждения (FDM) и лазерное спекание (SLS).

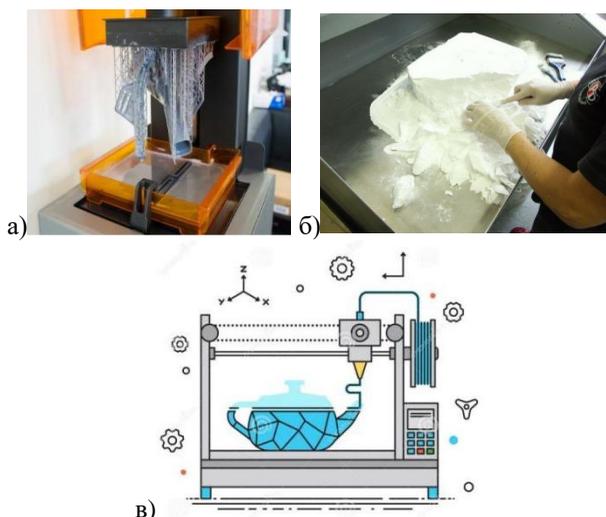


Рис. 1 а) 3D принтер SLA; б) 3D печать методом SLS; в) принтер типа FDM

При изготовлении деталей машиностроения по классическим технологиям, главное — это сосредоточено на использовании сырья для производства деталей. Для каждого производства проводится предварительный анализ, начиная с типа детали, оборудования, которое будет использоваться, используемого материала, количества, качества персонала, продолжительности самой детали, количества используемого материала, и с учётом всех этих пунктов мы рассчитываем затраты.

Беззатратным производством быть не может. Для получения прибыли рассматривается вариант: тратить меньше, а получать больше. Один из самых простых способов реализовать этот пункт на практике - это производить без ошибок или любого рода предвзятости, проектируя

детали без ошибок. Корпорация UDDEHOLM and YOSHIDA; SARTORI e ARRUDA (1998) суммирует стоимость детали в три центральных элемента, а именно: 1- производственные затраты (обработка, проектирование), которые составляют около 85% затрат; 2- стоимость инструментальной стали, которая составляет около 10% от общей стоимости и 3- стоимость термообработки, которая составляет оставшиеся 5% от общей стоимости.

Для лучшего понимания приведем известный пример: сколько примерно будет стоить крепёж весом 0,37 кг при годовой потребности в 2400 единиц.

Себестоимость заготовки рассчитаем по формуле:

$$S = \left(\frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot K_T \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_M \cdot K_{II} \right) - (Q - q) \cdot \frac{S_{отх}}{1000} \quad (1)$$

C_i - стоимость тонны металла, $C_i = 80.000$ руб; Q -масса заготовки из проката, $Q = 0,84$ кг;

q - масса детали, $q = 0,37$ кг.; S -стоимость тонны отходов от производства = 3000 руб; K - коэффициент, учитывающий класс точности, $K = 1,05$; K - коэффициент, учитывающий сложность формы детали 0,87;

K - коэффициент, учитывающий вес, $K = 1,64$;

K - коэффициент, учитывающий материал, $K = 1,18$;

K - коэффициент, учитывающий производство, $K = 1,0$.

С учётом значений параметров получение заготовки на прокат:

$$S = (80.000/1000 \cdot 0,84 \cdot 1,05 \cdot 0,87 \cdot 1,64 \cdot 1,18 \cdot 1) - (0,84 - 0,37) \cdot 3000/1000 = 115 \text{ руб.}$$

Заметим, что для изготовления этой детали нам потребуется не менее 115 рублей, но здесь мы не учитываем другие расходы, такие как потеря материала или даже металла в процессе резки и формовки. Процесс 3D-печати выглядит следующим образом: 1- получение 3D-модели желаемого объекта в цифровой среде; 2- преобразование файла модели желаемого объекта в цифровой формат файла, совместимый с 3D-принтером, например, STL; 3- резка модели с помощью программного обеспечения для резки 3D-принтера и создание G-кодов; 4- передача G-кодов на 3D-принтер; 5- печать объекта. Благодаря использованию 3D-машин, их особенностью является безошибочное производство и отсутствие потерь материала, а значит, нам не придётся выполнять механическую обработку во время производства, что позволяет избежать потерь. А поскольку они обладают массовой кастомизацией: каждый пользователь может изготовить или получить уникальный объект, продукция становится более доступной, также печатается объект сразу с нужными размерами. Преобладает быстрая и эффективная передача дизайнерских идей, позволяющая дизайнерам и

инженерам тестировать идеи с меньшими затратами, прежде чем перейти к производственным процессам. И еще одно преимущество - отсутствие нерационального использования материалов, то есть печатные объекты создаются только из необходимого материала, что обеспечивает долгосрочную экономическую эффективность.

После внедрения 3D-принтера в промышленную зону сократится количество отходов, а также будет внесён значительный вклад в снижение загрязнения окружающей среды, т. е. мы будем руководствоваться более экологичным проектированием (экоустойчивым) и выполнять более эффективную работу, т. е. быстрее и с меньшими затратами.

Как было представлено в этой статье, при использовании деталей, изготовленных при помощи 3D – принтера, мы понимаем, что можем производить детали хорошего качества при низких экономических затратах и без привлечения большого количества технического персонала. 3D-принтеры — это машины, имеющие больше преимуществ, нежели недостатков.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Аддитивные технологии литейном производстве / additive technologies in foundry engineering 3D-индустрия. URL: https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/88670/Infogem_1_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y

2. Компьютерные технологии в науке и проектировании оборудования и технологических процессов предприятий строительной индустрии [Электронный ресурс] : учеб. пособие для студентов направления 270800 «Стр-во» профиля подготовки «Комплексная механизация» / С. Ю. Лозовая ; БГТУ им. В. Г. Шухова. - Электрон. текстовые дан. - Белгород : Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2013. URL: <https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2014040921094102927200004048>

3. Компьютерное твердотельное 3D - моделирование [Электронный ресурс] : практикум : учеб пособие для студентов направлений бакалавриата 15.03.01 – Машиностроение, 15.03.05 – Конструктор.-технол. обеспечение машиностроит. пр-в, магистратуры 151900.68 - Конструктор.-технол. обеспечение машиностроит. пр-в и специальности 15.05.01 – Проектирование технол. машин и комплексов / А. В. Хуртасенко, И. В. Маслова. - Электрон. текстовые дан. - Белгород : Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2014. URL: <https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2015012112352802100000651536>

4. Все о 3D-печати. URL: <http://www.3dindustry.ru/>

5. Сайт «Техно-жизнь». URL: <http://tech-life.org/technologies/285-3dprin>

УДК 621.91.01

Коваленко А.Д.

Научный руководитель: Архипова Н.А., доц.
*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ШПИНДЕЛЯ РИ1-20.04

Деталь шпиндель является одним из важных узлов резцового узла. Он служит для передачи крутящего момента чашке (фрезе), которая производит сьем слоя материала резанием, у обрабатываемого изделия. Габаритные размеры шпинделя $\varnothing 25 \times 57$ мм, а его масса составляет 0,073 кг. Материал, используемый при изготовлении поковки шпинделя, является сталь 20Х ГОСТ 4543-2016. Шпиндель представлен на рис. 1.



Рис. 1 3D-модель шпинделя

Проведя анализ имеющихся чертежа детали, чертежа заготовки, технологического процесса и документации, я пришел к выводу, что все это является далеко не идеальным. Проведя подробный анализ, я выделил такие недостатки, как:

1. При анализе чертежа выявлены следующие недостатки:
 - не проставлены некоторые нужные размеры;
 - допуски и посадки назначены некорректно;
 - шероховатость поверхности не соответствует заданному качеству точности.
2. Коэффициент использования материала $K_{им}(1)$ очень низок, что говорит о том, что нужно улучшить процесс получения поковки или полностью пересмотреть имеющийся способ.

$$K_{им} = \frac{0,073}{0,143} = 0,51 \quad (1)$$

3. При анализе технологического процесса, выявлено следующее:
- Данные операции не обеспечивают точность и шероховатость поверхностей, указанных на исходном чертеже;
 - Некорректно указаны оборудование и применяемые приспособления (не подходят по характеристикам);
 - Не указаны базы обрабатываемой заготовки;
 - Указана цементация поверхностей, без подготовительной закалки и отпуска;
 - Не указаны приспособления для контроля качества и точности обработанных поверхностей.

4. По документации выявлено некорректное использование справочной информации и ГОСТов.

После проведения данного анализа, началась работа по сбору информации об рассматриваемом изделии и похожих деталях. На основании проделанной работы, произвел усовершенствование чертежа заготовки, масса которой уменьшилась на 36 грамм, что повысило коэффициент использования материала $K_{им}(2)$. Повысить более данный коэффициент не получится, т.к. в детали имеется два отверстия, которые получить на стадии заготовки практически невозможно.

$$K_{им} = \frac{0,073}{0,107} = 0,68 \quad (2)$$

Так же произвел корректировку допусков, посадок и шероховатости в чертеже детали. Построил 3D – модели поковки и готовой детали, чтобы проверить МЦХ. Полностью переделал технологический процесс механической обработки данной детали в соответствии с имеющейся справочной информацией и ГОСТами. На все операции были назначены технологические базы. Сначала деталь подвергается торцевому фрезерованию и центрованию, затем обдирочному (черновому) точению. Следующая операция сверлильная, где производится сверление отверстия с левого торца и сквозного отверстия в цилиндрической поверхности. Далее закалка и отпуск, с последующей цементацией поверхностей. После чистовая токарная обработка. А в заключении производится получистовое и чистовое шлифование отдельных поверхностей. В конечном счете, деталь получает все нужные характеристики, заданные чертежом. Документацию переделал под среднесерийное производство, т.к. в исходном варианте было мелкосерийное производство. На основании вышесказанного делаю вывод, что исходные данные для изготовления шпинделя имели многие неточности и не соответствуют современному производству. Проведя полный анализ, произведена полная перестройка технологического процесса под современные ГОСТы и

оборудование. Так же, спроектированный процесс более экономичный, по сравнению с предыдущим и наиболее эффективный.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Разработка технологических процессов в машиностроение: Учеб. пособие/ Л.В. Лебедев, И.В. Шрубченко, А.А. Погонин и др. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2004.- 177с.
2. Допуски и посадки. Справочник. В 2-х ч. Ч. 1/ Под ред. В.Д. Мягкова. 5-е изд., перераб. и доп. Л.: Машиностроение. Ленингр. отдел, 1979 – с. 544 с., ил.
3. Справочник технолога - машиностроителя в 2-х томах/ под ред. А. М. Дальского, А.Г. Косиловой- М.: «Машиностроение», 1985.
4. Разработка высокоэффективных технологических процессов: учеб. пособие/ И. В. Шрубченко, А. В. Хуртасенко, М. Н. Воронкова. - Белгород: Изд-во БГТУ, 2016. - 84 с

УДК 621.9.048.6

Козлов С.С., Репина Н.Ю.

***Научный руководитель: Старостин А.В., канд. техн. наук, доц.
Вологодский государственный университет, г. Вологда, Россия***

УЛЬТРАЗВУКОВАЯ РАЗМЕРНАЯ ОБРАБОТКА КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В последние годы область материаловедения бурно развивается в связи с обширным применением композитных материалов в самых разных отраслях промышленности. Композитный материал – это материал, состоящий из двух и более компонентов, с существенно разными физическими или химическими свойствами. Сочетание данных компонентов позволяет получить материал с эмерджентными свойствами, которые не присущи ни одному из материалов, входящих в состав композита. Примерами данных композитных материалов являются карбон, кермет (керамика + металл), стеклопластик, текстолит.

Широкую известность среди композитных материалов получил карбон за счёт своих высоких прочностных свойств, жёсткости и малой массы. Зачастую карбоны прочнее стали, при этом значительно легче. Твёрдость карбонов составляет 56-64 HRC, что превосходит большинство закалённых сталей. Помимо этого, карбон является

радиопрозрачным, что значит его способность пропускать радио и рентгеновские части электромагнитного спектра.

Все эти характеристики делают карбон востребованным в следующих отраслях:

1. Ракетно-космическая техника.
2. Авиатехника.
3. Судостроение.
4. Автомобилестроение (спортивное).
5. Медицинская техника.
6. Протезирование.
7. Окошки рентгеновских и широкодиапазонных гамма-детекторов.

Композитные материалы продолжают развиваться каждый день, они имеют высокую востребованность и являются одним из объектов активного изучения, ввиду своей перспективности в недалёком будущем.

Вместе с развитием композитных материалов должны развиваться и методы их обработки, обеспечивающие возможности для быстрого, экономичного и технологичного формообразования деталей из подобных материалов. Как нам уже известно, прочностные характеристики композитов способны конкурировать с характеристиками прочных, закалённых сталей, обработка которых является проблемой по сей день, ввиду своей стоимости и трудозатратности. Однако стоит помнить, что композиты, например карбон, очень сильно отличается по структуре от привычных нам сталей, имеющих изотропное строение, обеспечивающее одинаковость физических свойств во всех направлениях, в любой точке материала. Те же карбоны построены совершенно иным принципом: несколько слоёв хрупкого, но невероятно прочного (до 3,5 ГПа) углеродного волокна скрепляют полимерами, например эпоксидными смолами, что даёт материалу возможность воспринимать как нагрузки на изгиб, так и на растяжение. В то же время, при обработке данного материала резанием, инструмент сталкивается с чёткими границами слоёв материала. Если слой эпоксидной смолы ещё не оказывает такого большого сопротивления при обработке резанием, то вот углеродное волокно становится причиной, по которой обработка данного материала традиционными методами обработки становится весьма затруднительна. Проблемы обработки резанием углеродного волокна вызваны особенностями обработки, а также его высокой твёрдостью и большой прочностью на растяжение. Так, например, при сверлении, в момент вращения инструмента, сверло «наматывает» слой углеволокна,

что вызывает нагрузки на растяжение в последнем. Способность воспринимать нагрузки на растяжение в скупе с высокой твёрдостью углепластика, вызывает быстрое изнашивание дорогостоящего инструмента для обработки резанием [1...2].

Ведущей альтернативой обработки твёрдых материалов резанием является ультразвуковая обработка. Преимущества ультразвуковой обработки перед обработкой резанием в данном случае заключается в кардинально ином процессе обработки. В этом процессе режущей частью является не сам инструмент, а частицы карбида бора, который подаётся в зону обработки в виде суспензии и имеет твёрдость до 38 ГПа, что даёт ему возможность разрушать даже самые твёрдые материалы. Инструмент, к которому подведены колебания на ультразвуковой частоте фактически «запускает» процесс обработки. Под действием колебаний инструмента, из мягких сталей (по типу Ст3), частица карбида бора в суспензии сообщается импульс, который вбивает их в поверхность заготовки. Серия подобных ударов создаёт на заготовке сетку из микротрещин, которая впоследствии приводит к хрупкому разрушению заготовки в области обработки. От размера используемых зёрен зависит чистота получаемой поверхности, но даже при самой грубой обработке шероховатость не превышает Ra 6,3. Из-за отсутствия на инструменте режущих кромок либо канавок не происходит «наматывания» волокна на инструмент, можно сравнить данный процесс с протыканием ткани иглой. Данная особенность позволяет снизить усилия при обработке до 40% в сравнении с традиционной обработкой, что сохраняет структуру композита, предотвращает его расслаивание и скалывание, что часто происходит при обработке резанием. Суспензия в зоне обработки, помимо резания, охлаждает инструмент и заготовку, снижая температуру в области резания, сохраняя тем самым твёрдость закалённых сталей и предотвращая выгорание композитных материалов. Материал и простота инструмента делает его невероятно дешёвым в сравнении с режущим инструментом (стоимость гвоздя не превышает 2 рублей, в то время как даже самый простой инструмент из твердосплава может стоить от 800 рублей). Инструмент при ультразвуковом сверлении способен работать и без вращения и иметь профильную форму, придавая тем самым глухим отверстиям формы, которые физически невозможно получить режущим инструментом [3...4].

Все эти факторы делают ультразвуковую размерную обработку актуальным и перспективным направлением, которое должно развиваться вместе с развитием композитных материалов, открывая возможности получения совершенно новых конструкций, а также

облегчая работу с уже известными, но не менее востребованными материалами по типу закалённых сталей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Методика и результаты исследования свойств композиционных материалов / В. Н. Бриш, А. В. Старостин, Н. И. Кулева, А. Н. Сигов // Вестник Вологодского государственного университета. Серия: Технические науки. – 2019. – № 1(3). – С. 8-11. – EDN ZTFHBJ.

2. Studying of the properties of composite materials (powder mixtures) during complex laboratory work / V. Brish, A. Sigov, A. Starostin [et al.] // International Scientific-Practical Conference “Business Cooperation as a Resource of Sustainable Economic Development and Investment Attraction” (ISPCBC 2019) : Proceedings of the International Scientific-Practical Conference “Business Cooperation as a Resource of Sustainable Economic Development and Investment Attraction” (ISPCBC 2019), Pskov, 21–23 мая 2019 года. Vol. 90. – Pskov: Atlantis Press, 2019. – P. 642-645. – EDN LIYPAP.

3. Степанов, А. С. Управление качеством: учебно-методическое пособие / А. С. Степанов, А. В. Старостин, Н. И. Кулева. – Вологда : Вологодский государственный университет, 2022. – 59 с. – EDN ODKNDY.

4. Владимирова, Т. М. Взаимозаменяемость и нормирование точности / Т. М. Владимирова, А. В. Старостин. – Москва : Общество с ограниченной ответственностью "Русайнс", 2022. – 200 с. – ISBN 978-5-466-01491-4. – EDN BYVUOS.

УДК 67.02

Крылова В.А.

Научный руководитель: Глебов А.О., канд. техн. наук

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ОСНАСТКИ ДЛЯ ВУЛКАНИЗАЦИИ ПРОТИВОГАЗНЫХ МАСОК

Лицевая часть противогАЗа (см. рисунок 1) изготавливается методом горячего прессования резиновой смеси в специальной пресс-форме (см. рисунок 2), где происходит процесс вулканизации. Эластомеры обладают низкой температуропроводностью и,

следовательно, на стадии нагрева в формах или других средах (например, в автоклаве), как правило, неизбежны широкие диапазоны температур и степени вулканизации – в этом и состоит одна из основных сложностей процесса изготовления лицевой части. К тому же, этот процесс требует больших энергозатрат.



Рис. 1 Противогаз

Чтобы сохранить баланс между ожидаемыми свойствами изделия и сокращением времени процесса изготовления, проводят оптимизацию процесса нагрева вулканизационного оборудования. Основная задача состоит в обеспечении равномерной степени вулканизации по всему объему резиновой смеси. Анализ публикаций [1-3] показывает, что существуют различные подходы к решению этой задачи: 1) оптимизация нагревательных плит вулканизационного пресса; 2) оптимизация пресс-форм; 3) решение комплексной задачи с учетом кинетики реакции вулканизации. Кроме того, актуальна задача совершенствования технологического процесса изготовления оснастки прессового оборудования, включающая в себя разработку управляющих программ для станков с ЧПУ. Внедрение новых стратегий механической обработки позволяет сократить время изготовления оснастки, увеличить срок службы режущего инструмента, что приводит к снижению себестоимости производства.

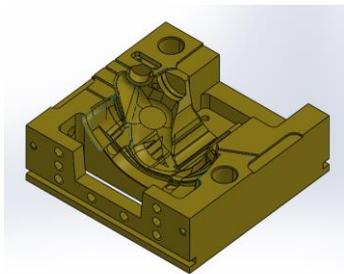


Рис. 2 Нижняя плита пресс-формы для изготовления лицевой части противогаза

В процессе технологического анализа нижней плиты пресс-формы установлено, что из-за обилия наклонных и криволинейных поверхностей требуется найти рациональный баланс между точностью и временем механической обработки.

Одним из эффективных решений данной задачи будет являться создание управляющей программы черновой обработки нижней плиты пресс-формы для 5-осевого фрезерного станка, т.к. это позволит не только наилучшим образом использовать потенциал обрабатывающих центров и режущего инструмента, но и даст возможность получить более точную равномерную получистовую поверхность после черновых операций. В результате значительно сокращается и время последующих получистовой и чистовой обработок.

Разработка управляющей программы осуществлялась в системе NX CAM. Данная система является одной из самых распространённых САМ-систем на промышленных предприятиях во всем мире, т.к. обеспечивает высокую гибкость методов обработки и широкие возможности программирования для станков с ЧПУ.

При создании управляющей программы черновой обработки использовался шаблон адаптивного фрезерования, представленный в системе NX. Его ключевая особенность заключается в сокращении шага между проходами, это позволяет значительно увеличить осевую глубину. Толщина стружки при такой стратегии обработки меньше, чем значение осевой подачи на зуб. Таким образом, существенно увеличивается скорость подачи. В результате обеспечивается легкое и быстрое фрезерование на более интенсивных режимах резания и сокращение времени обработки до 60%. Данный режим обработки также вызывает меньший нагрев (тепло равномерно распределяется по всей длине режущей части фрезы) и вибрации в зоне резания и обеспечивает безопасный и предсказуемый износ инструмента.

Перспективным направлением увеличения производительности чернового фрезерования выглядит сочетание адаптивной и высокоскоростной стратегий обработки. При таком подходе наибольшее количество тепла (до 75%) из зоны резания отводится со стружкой.

В качестве примера на рисунке 3 представлена визуализация траектории движения инструмента при чистовой механической обработке нижней плиты пресс-формы на 5-осевом фрезерном станке. Расчетное время обработки составило 113 мин.

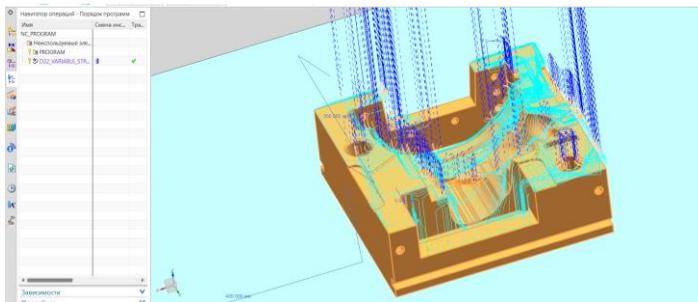


Рис. 3 Визуализация траектории движения концевой фрезы при чистовой механической обработке

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ghoreishy M. H. R. Optimization of the vulcanization process of a thick rubber article using an advanced computer simulation technique / M.H.R. Ghoreishy, M. Rafei, G. Naderi // Rubber chemistry and technology. 2012, Т.85. №4. С. 576-589.

2. Karpov S. V. Determination of efficiency of press molds for industrial rubber product manufacture and system for their heating in vulcanizing press / S.V. Karpov, S.V. Karpushkin // Chemical and Petroleum Engineering. 2012, Т.48. №3. С.153-162.

3. Karpushkin S. V. Method for Determining the Parameters of Heating Systems for Hydraulic Presses / S.V. Karpushkin, V.G. Mokrozub, A.O. Glebov, S.V. Karpov // Chemical and Petroleum Engineering. 2021, Т.56. № 9. С. 744-754.

УДК 608.2

Крючков Е.С.

Научный руководитель: Епринцев М.А., асс.

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, г.Санкт-Петербург, Россия

РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ ДЛЯ ЗНАКОМСТВА СО СРЕДОЙ ARDUINO

Программирование и электроника все чаще становятся наиболее значимыми в нашей жизни. Насколько же сложно изучать эти дисциплины с полного нуля? Вопрос, конечно, дискуссионный, однако, все согласятся, что даже для первых шагов потребуется много сил,

энергии, а также терпения. Таким образом, в данной статье будет показан пример разработки модуля для знакомства с электроникой и программированием.

Описание выбора среды Arduino

Arduino – это инструмент для проектирования электронных устройств (электронный конструктор) более плотно взаимодействующих с окружающей физической средой. Arduino применяется для создания электронных устройств с возможностью приема сигналов от различных цифровых и аналоговых датчиков, которые могут быть подключены к нему, и управления различными исполнительными устройствами [1].

Также неоспоримым плюсом Arduino является то, что эта среда является открытой, за счет этого существует большое количество готовых технических решений, которые могут быть изготовлены в домашних условиях.

Таким образом, Arduino — это один из лучших способов знакомства с электроникой и программированием. Именно на базе этой среды будет разрабатываться модуль.

Описание отладочной платы

В проекте используется отладочная плата Arduino NANO с микроконтроллером Atmega328P. Её выбор можно объяснить тем, что программирование данной платы производится с помощью USB-провода, по нему же может происходить передача данных по последовательному интерфейсу, это гораздо удобнее, чем использовать различные программаторы для прошивки микроконтроллера (например, USBAsp) и USB-TTL преобразователи для чтения данных с платы. Также отметим еще одну проблему, которая может быть связана с прошивкой микроконтроллера с помощью программаторов, а именно, угроза поломки микроконтроллера при неправильном подключении платы. USB-провод исключает все вышеперечисленные проблемы и неудобства.

Программирование микроконтроллера происходит в IDE Arduino, оттуда же происходит его прошивка и общение с ним. В этой среде есть большое количество примеров для взаимодействия платы с различными Arduino-совместимыми модулями, а также в ней возможно подключать библиотеки и выбирать плату для прошивки.

Описание возможностей модуля

Перед тем, как разводить плату для модуля, опишем основные шаги, с которыми предстоит столкнуться всем, кто захочет начать работу с данным модулем:

1. Самой первой задачей, с которой придется столкнуться всем начинающим радиолюбителям — загрузка простого кода из примеров, например, мигание светодиодом которое выполняется с помощью скетча Blink, так в Arduino называют программу, загружаемую в микроконтроллер. В результате выполнения этой программы светодиод на отладочной плате будет мигать.

2. После того, как был сделан первый шаг радиолюбителям открывается большое пространство возможностей, связанных с программированием микроконтроллеров и выполнением различных задач. Чтение данных с помощью АЦП станет вторым шагом при работе с этим модулем.

3. После этого радиолюбителю придется столкнуться с тремя основными интерфейсами, которые используются при работе с модулями и датчиками, а именно: UART, I2C (TWI) и SPI[2]

4. Теперь радиолюбитель столкнется с новой темой, а именно управлением различными электрическими двигателями с помощью среды Arduino. Сначала предстоит познакомиться с сервоприводами и ШИМ-сигналом [3].

5. После того, как радиолюбитель узнал про управление сервоприводом с помощью ШИМ-сигнала, он будет знакомиться с электрическими двигателями постоянного тока, управление которыми производится с помощью драйверов, в нашем случае L293D.

После того, как были проделаны эти пять шагов знакомство с модулем пройдено, но на этом не стоит забывать о работе с ним. На базе данного модуля можно организовать, например, автоматизированную грузовую платформу или разработать манипулятор с возможностью подключения различных датчиков. Иными словами, потенциал для работы с модулем после того, как радиолюбитель освоил базовые задачи, связанные с электроникой и программированием, остаётся огромным.

Трассировка печатной платы

После того, как были определены основные задачи приведем трассировку печатной платы модуля (рис. 1) и объясним её работу.

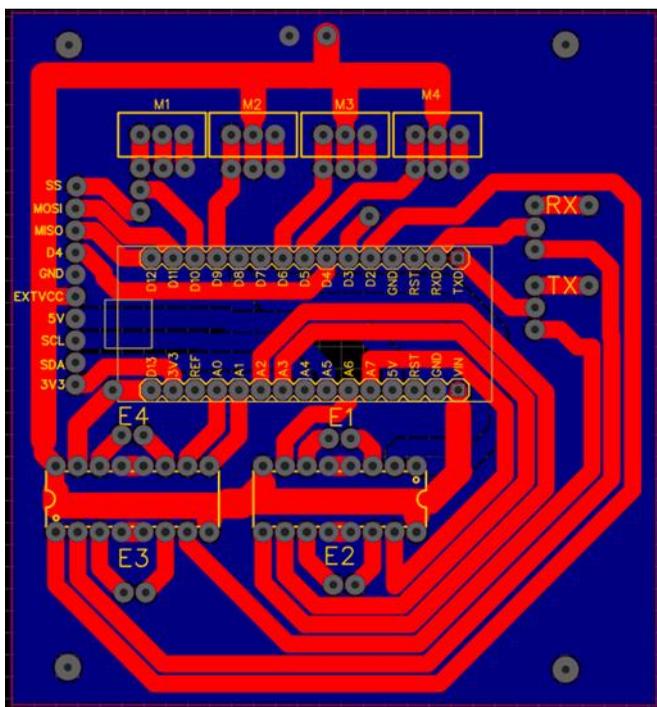


Рис. 1 Трассировка печатной платы модуля

Красным цветом на плате показаны дорожки с одной стороны платы, синим — с обратной, а желтым показаны рисунки, которые будут нанесены на лицевую сторону платы.

На плате предусмотрены три перемычки, с помощью которых выбираются режимы работы модуля, а именно: выбор интерфейса (UART) или управление вращением двигателя E3 (под буквами E1 — E4 подписаны разъемы для двигателей постоянного вращения, под буквами M1 — M4 подписаны разъемы для сервоприводов). Также предусмотрена еще одна перемычка для интерфейса SPI, либо управления сервоприводом M1.

Таким образом, в данной работе отражен процесс разработки модуля для знакомства со средой Arduino. Основным достоинством этого модуля является его необычный форм-фактор, так как большинство других модулей являются платами расширения, их использование вне заготовленных задач резко сужается, в то время как, разрабатываемый модуль будет актуален и после изучения всех его

возможностей. Питание модуля осуществляется от внешнего источника +5В.

На этом работа над данным модулем не останавливается, ниже представлен ряд изменений, которые будут внесены в его конструкцию:

- Рассмотрение возможности добавления питания устройства от внутреннего источника, например, Li-Po аккумулятора.
- Уменьшение размеров модуля, посредством уменьшения ширины дорожек.
- Добавление возможности управления шаговым двигателем.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Что такое Arduino? [Электронный ресурс] // <https://arduino.ru/About> (Дата обращения: 10.05.2023).
2. Интерфейс передачи данных — SPI [Электронный ресурс] // <https://3d-diy.ru/wiki/arduino-moduli/interfeys-peredachi-dannykh-spi/> (Дата обращения: 10.05.2023).
3. Arduino и сервопривод [Электронный ресурс] // <https://kit.alexgyver.ru/tutorials/servo/> (Дата обращения: 10.05.2023).

УДК 65.011.56

Кустов А.А.

*Научный руководитель: Щеников Я.А., канд. техн. наук, доц.
Государственный университет аэрокосмического приборостроения,
г. Санкт-Петербург, Россия*

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ИНДУСТРИИ 4.0 НА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

С начало 19 века мир пережил три промышленные революции и сейчас активно переживает четвертую. Само понятие четвертой промышленной революции было введено в 2011 году инициативной группой немецких специалистов в рамках государственной HI-Tech стратегии Германии и тесно связано с другим понятием – Индустрия 4.0. Само понятие подразумевает под собой внедрение киберфизических систем в производство, которые служат мостом между физическим и цифровым мирами и обеспечивают возможность функционирования интеллектуальных и автономных систем. В настоящее время большинство промышленных предприятий, в число которых входят и машиностроительные, активно пытаются внедрить

технологии Индустрии 4.0, но сталкиваются со множеством проблем. К таким проблемам можно отнести: безопасность и конфиденциальность данных предприятия; нехватку персонала, обладающего необходимыми компетенциями; большие затраты на внедрение цифровых технологий; консерватизм некоторых сотрудников по отношению к внедрению данных технологий. Но не смотря на возникающие проблемы при внедрении технологий Индустрии 4.0, они в конечном итоге приносят массу преимуществ. В первую очередь, внедрение данных технологий приводит к повышению производительности и безопасности труда, а также позволяет хранить и работать с большим объемом данных. Предприятия машиностроительной отрасли, как одной из ведущих отраслей в нашей стране, в условиях жестких санкций и ограниченности ресурсов должны стремиться к внедрению цифровых технологий для того, чтобы осваивать новые рынки и в целом не отставать от зарубежных предприятий, и по возможности их превосходить.

Таким образом, целью написания данной статьи является внедрение технологий Индустрии 4.0 на предприятии машиностроительной отрасли. В качестве объекта исследования будет рассмотрен производственный процесс изготовления подшипников качения.

Актуальность данной работы является стремление предприятий машиностроительной отрасли, к внедрению цифровых технологий, значительно повышающих производительность и безопасность труда.

Перед тем как приступить к описанию технологического процесса изготовления подшипника качения, необходимо описать сам подшипник и его конструкцию. Подшипник качения представляет собой сборочный узел, в задачи которого входят: поддержание вала, оси или иной конструкции; обеспечение вращения, качения или перемещения с наименьшим сопротивлением; передача нагрузки на другие части конструкции. Сам подшипник качения состоит из 4 основных частей: наружного кольца, внутреннего кольца, тел качения (шариковых или роликовых) и сепаратора (обоймы). Иногда встречаются подшипники без сепараторов, но, как правило, такие подшипники имеют большое количество тел качения и обладают высокой грузоподъемностью, но при этом низкой частотой вращения. Так как подшипники качения обеспечивают равномерное движение механизмов их делают обычно из стали повышенной прочности [1...2].

Производственный процесс изготовления подшипников качения включает в себя 4 технологических процесса: изготовление пары колец, изготовление шариков, изготовление сепараторов и сборку всех этих элементов в конечное изделие. Основные этапы всех четырех технологических процессов представлены на рисунках 1-4.



Рис. 1 Технологический процесс изготовления колец



Рис. 2 Технологический процесс изготовления шариков



Рис. 3 Технологический процесс изготовления сепараторов



Рис. 4 Технологический процесс сборки подшипника

Теперь наглядно представим то, как будет выглядеть весь производственный процесс изготовления подшипников качения с учетом внедрения технологий Индустрии 4.0. Представим его в виде схемы цифрового производства, изображенной на рисунке 5.

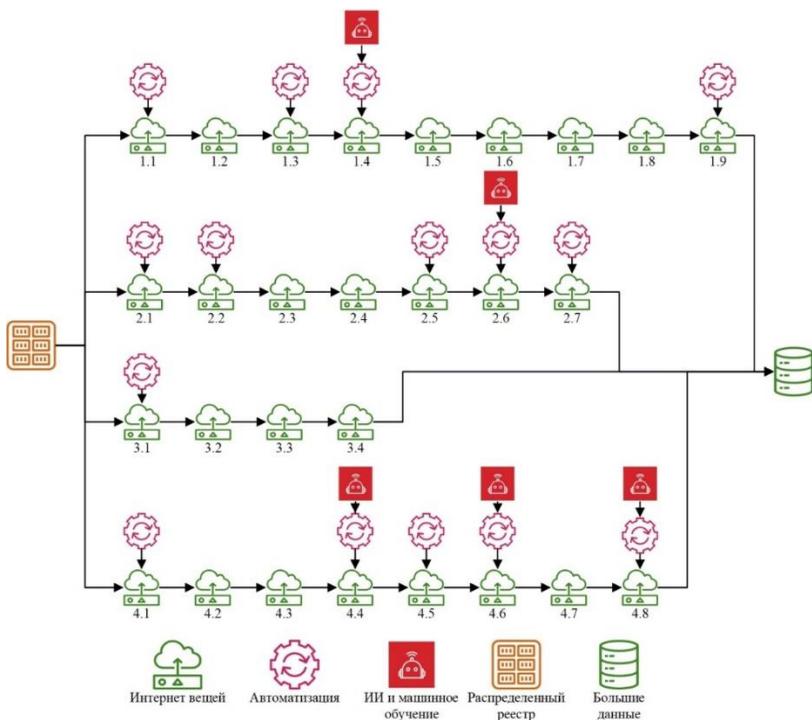


Рис. 5 Схема цифрового производства подшипников качения

Основной из главных технологий внедряемой в производственный процесс изготовления подшипников качения будет – интернет вещей. На каждом производственном оборудовании будут установлены датчики интернета вещей, собирающие всю информацию о каждой технологической операции и с помощью технологии распределенного реестра синхронизирующиеся между собой. Совмещение этих двух технологий позволит рабочим, закрепленными за определёнными технологическими операциями, получать всю необходимую информацию о предыдущей операции и сразу начать выполнение своей, когда предыдущая будет закончена, тем самым сокращая время простоя между всеми операциями. Большую роль при этом будет играть большие данные (big data), собирающие и обрабатывающие информацию со всех технологических операций. Данная технология в целом позволит руководителям высшего звена получать всю необходимую информацию о всем производственном процессе и на основании полученных данных принимать различные управленческие

решения. На некоторые технологические операции внедряется автоматизация, которая значительно сокращает время их выполнение. Также за счет внедрения автоматизации повысится уровень безопасности труда, так как рабочие вместо выполнения таких операций будут лишь контролировать их выполнения. На операциях, связанных с контролем качества, помимо автоматизации, будут задействованы машинное обучение и искусственный интеллект, определяющий наличие различных несоответствий. Машинное обучение позволит, на основании внесённых в базу данных фотографий с различными дефектами, постоянно улучшать работу искусственного интеллекта.

После внедрения всех технологий Индустрии 4.0 необходимо провести оценку их внедрения. Для этого можно воспользоваться формулами, представленными в таблице 1.

Таблица 1 – Формулы для расчета внедрения технологий Индустрии 4.0

1.	Коэффициент загрузки K_z	Определяет долю основного (машинного) времени по отношению к фонду работы оборудования.	$K_z = T_{\text{маш}}/T_{\text{фонд}}$
2.	Коэффициента производственной загрузки $K_{зп}$	Определяет долю штучно-калькуляционного времени по отношению к фонду работы оборудования.	$K_{зп} = (T_{\text{маш}} + T_{\text{прос.пр}}) / T_{\text{фонд}}$
3.	Коэффициенты готовности оборудования K_g	Оценивает доступное время для производства продукции. Используется для оценки качества работы сервисных служб.	$K_g = (T_{\text{фонд}} - T_{\text{ндв}}) / T_{\text{фонд}}$
4.	ОЕЕ индекс	ОЕЕ-индекс общей эффективности использования оборудования.	$OEE = A_{э} * P (Q=1)$
5.	НЕЕ индекс	НЕЕ-индекс чистой эффективности использования оборудования.	$NEE = A_{п} * P (Q=1)$
6.	Производительность P	Соотношение между чистым и полным	$P = T_{\text{маш.ч}} / T_{\text{маш}}$

		временем производства продукции.	
7.	Доступность А	Характеризует отношение времен машинного и производственного (времени, когда станок включен).	$Aэ = T_{маш} / T_{вкл}$
8.	Производственная доступность Ап	Характеризует связь штучно-калькуляционного и производственного времени.	$Aп = T_{шк} / T_{вкл}$
9.	Коэффициент потерь оператора Кпо	Учитывает потери времени, зависящие от оператора непосредственно.	$Kпо = T_{прос.нр} / T_{фонд}$

В данной статье рассмотрен производственный процесс изготовления подшипников качения и технологии Индустрии 4.0, которые можно внедрить на все технологические процессы. Были внедрены такие технологии Индустрии 4.0 как: Интернет вещей, Распределённый реестр, Большие данные, Автоматизация, Машинное обучение и Искусственный интеллект. Данные технологии позволят значительно повысить производительность и безопасность труда, а также в целом конкурентоспособность всей организации. Разработана схема всего производственного процесса с учетом внедрения технологий индустрии 4.0. Основной технологией в производственном процессе изготовления подшипников качения будет – Интернет вещей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мой бизнес: Производство подшипников как бизнес – описание технологии изготовления, перечня оборудования, нюансов организации дела URL: [podshipnikovhttps://moybiznes.org/proizvodstvo-podshipnikov](https://moybiznes.org/proizvodstvo-podshipnikov) (дата обращения 05.05.2023)
2. NTN-SNR: Основные этапы производства подшипника, URL: https://www.snr.com.ru/e/bearings_pro.htm (дата обращения 05.05.2023)
3. Quatro Matic: Индустрия 4.0. Применение машинного зрения на производстве, URL: <https://quatromatic.ru/research/tpost/6pz0n8z161-industriya-40-primenenie-mashinnogo-zren> (дата обращения 06.05.2023)

Макашин Д.С.

Омский государственный технический университет, г. Омск, Россия

ИССЛЕДОВАНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ ТИТАНОВОГО СПЛАВА ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ ЧЕТЫРЕХ- ЛЕЗВИЙНЫМ ИНСТРУМЕНТОМ

Важным критерием качества детали является шероховатость ее поверхности [1]. Развитие поверхностных дефектов, микротрещин и отверстий влияет на предполагаемую функциональность изделия, отсюда необходимость обеспечения хорошей чистоты и целостности поверхности в пределах допуска [2]. Требуемое качество по КД можно получить за счет сведения к минимуму шероховатости поверхности изделия при фрезеровании детали.

Процесс фрезерования ведет к пластической деформации и развитию остаточных напряжений [3]. В работе [4] были представлены различные алгоритмы оценки допусков при операциях механической обработки относительно положения элементов СПИД.

В этой работе применяется программное обеспечение статистического анализа Statistica для получения математической модели зависимости средне арифметической шероховатости (Ra) от режима резания при обработке фрезерованием четырех-лезвийным инструментом титанового сплава. Это позволяет получить методические указания для определения рациональных значений скорости резания (V), глубины резания (t) и подачи на зуб (fz) при которых достигается требуемая шероховатость поверхности Ra. Экспериментальные данные для анализа взяты научной работы [5]. Матрица эксперимента и средняя шероховатость поверхности получены при фрезеровании титанового сплава (Ti6Al4V) четырех-лезвийным инструментом (табл.).

Таблица – Матрица эксперимента и полученные результаты

№	V, mm/min	fz, mm	t, mm	Ra, mkm	Ra, mkm
1	260000	0,3	1	0,628	0,439
2	270000	0,1	3	0,578	0,42
3	260000	0,1	1	0,554	0,404
4	260000	0,2	2	0,682	0,458
5	270000	0,2	2	0,479	0,469
6	260000	0,3	2	0,782	0,548

7	250000	0,1	2	0,89	0,7
8	260000	0,1	1	0,873	0,8
9	260000	0,1	3	0,667	0,602
10	270000	0,2	1	0,456	0,411
11	270000	0,1	3	0,479	0,308
12	250000	0,1	3	0,558	0,268
13	260000	0,2	3	0,656	0,367
14	260000	0,3	2	0,867	0,558
15	270000	0,2	2	0,526	0,345
16	270000	0,1	2	0,443	0,4
17	260000	0,2	2	0,467	0,289
18	260000	0,2	1	0,42	0,37
19	270000	0,3	3	0,679	0,487
20	250000	0,3	1	0,65	0,587

В программном комплексе для статистического анализа Statistica получены уравнения регрессии для фрезерования поверхности трех-лезвийным и четырех-лезвийным инструментом (1)

$$Ra = -46,9699 + 0,0004 \cdot V - 5,5253 \cdot fz + 0,3266 \cdot t + 14,6228 \cdot fz^2 - 0,0761 \cdot t^2 \quad (1)$$

$$Ra = -18,0682 + 0,0001 \cdot V - 5,3669 \cdot fz + 0,1561 \cdot t + 13,3759 \cdot fz^2 - 0,0514 \cdot t^2 \quad (2)$$

Сравнении регрессионных уравнений (1) и (2) показывает, что скорость резания (V) и подачи на зуб (f) слабо влияет на изменение средне арифметической шероховатости (Ra). Влияние глубины резания (t) больше почти в два раза при обработке трех-лезвийным инструментом, чем при четырех -лезвийной. сравнении с другими входными значениями режима резания.

Использование фрез с четырьмя канавками позволяет снизить скорость подачи, что улучшает чистоту поверхности, что очень важно при чистовой обработке. Наоборот, при черновой обработке, где желательна высокая производительность при резании, наблюдается тенденция к развитию наростов в результате взаимодействия вырезанной из материала стружки с поверхностью заготовки. Образование нароста сопровождается внезапному разрушению инструмента, а также значительному ухудшению чистоты поверхности детали обработанного титанового сплава.

Из исследований видно, что величина шероховатости поверхности четырех-лезвийного режущего инструмента превышает шероховатость трех-лезвийного режущего инструмента. Это может быть связано с большой глубиной резания и с меньшим пространством для отвода стружки.

Эксперименты показали, что для чистовых операций фрезерования использовать нужно 4-зубую фрезу, где есть небольшая глубину резания, высокая скорость съема материала и отвода стружки. Для черновой обработки, где желательна высокая скорость резания, лучше использовать трех-лезвийный инструмент.

Полученные результаты показали, что шероховатость поверхности уменьшается с увеличением числа канавок фрезерованного инструмента за счет развития наростов из длинной спиральной стружки и наоборот. Шероховатость поверхности может быть связана с образованием наростов из-за ограниченного пространства для отвода стружки. Рекомендуется использовать фрезу с 3 зубьями для черновой операции, когда требуется высокая скорость съема материала, в то время как фрезу с 4 зубьями лучше использовать для чистовых операций, требующих меньшей скорости съема материала.

В этой статье рассматривается использование программы для статистического анализа Statistica для получения регрессионных уравнений фрезерования титанового сплава трех-лезвийным и четырех-лезвийным инструментом. Полученная регрессионная зависимость позволяет подбирать значения режима резания для достижения требуемой средней шероховатости получаемой при фрезеровании титанового сплава трех-лезвийным и четырех-лезвийным инструментом.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Vasil'ev, E. V. Influence of forms and geometric parameters of sharpening of the chisel edge on the cut chip thickness throughout the cutting edges of a twist drill / E. V. Vasil'ev, D. S. Makashin, I. K. Chernykh // Journal of Physics: Conference Series, Omsk, 13–15 ноября 2018 года. Vol. 1210. – Omsk: Institute of Physics Publishing, 2019. – P. 012157. – DOI 10.1088/1742-6596/1210/1/012157.

2. Расщупкин, А. В. Повышение точности формообразования поверхности твердосплавным осевым инструментом / А. В. Расщупкин, Д. С. Макашин // Россия молодая: передовые технологии – в промышленность. – 2011. – № 1. – С. 115-116.

3. Гимадеев, М. Р. Анализ влияния стратегии обработки на амплитудные параметры шероховатости при фрезеровании сфероцилиндрическим инструментом / М. Р. Гимадеев // Философия современного природопользования в бассейне реки Амур : Материалы XI научно-практической конференции с международным участием, Хабаровск, 28 апреля 2022 года. Том Выпуск 11. – Хабаровск: Тихоокеанский государственный университет, 2022. – С. 17-20.

4. Банников, Н. О. Прогнозирование шероховатости сложнопрофильных поверхностей при обработке концевыми фрезами / Н. О. Банников // Наука и молодежь : Материалы XVIII Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 2-х томах, Барнаул, 19–23 апреля 2021 года / Отв. редактор М.В. Гунер. Том 1. Часть 1. – Барнаул: Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, 2021. – С. 219-220.

5. Isaas T. Investigating the geometrical effects of cutting tool on the surface roughness of titanium alloy (Ti6Al4V) during milling operation // 14 CIRP Conference on Intelligent Computation and Manufactur Engineering / Budapest University of Technology and Economics, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Manufacturing Science and Engineering, 2020.- P157-164

УДК 669-1

Погудина А.С., Якурнова Л.Н.

Вятский государственный университет, г. Киров, Россия

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОБРАБОТКИ ХОЛОДОМ НА СВОЙСТВА КРЕМНИСТО-НИКЕЛЕВОЙ БРОНЗЫ

Для современного машиностроения характерны высокие требования к свойствам материалов, обусловленные возрастающей интенсивностью нагружения машин и механизмов. Перспективно использовать в различных отраслях промышленности дисперсно-твердеющие жаростойкие сплавы, к которым относится и кремнисто-никелевая бронза. В закаленном состоянии они имеют высокую пластичность и хорошо обрабатываются давлением, после старения они имеют высокий комплекс механических свойств, при этом обладают низким уровнем деформации короблением при термообработке.[1]

Кремнистые бронзы содержат до 3% Si и имеют однофазную структуру α -твердого раствора. При увеличении содержания кремния более 3% в структуре сплавов появляется твердая и хрупкая γ -фаза. Никель незначительно повышает твердость меди за счет увеличения микротвердости α -твердого раствора. [2]

Для изучения влияния обработки холодом на свойства кремнисто-никелевой бронзы были проведены экспериментальные исследования на деформированных образцах бронзы марки БрКН1-3, диаметр которых 2см, высота 6мм (Табл.1).

Таблица 1 - Режимы термической обработки экспериментальных образцов

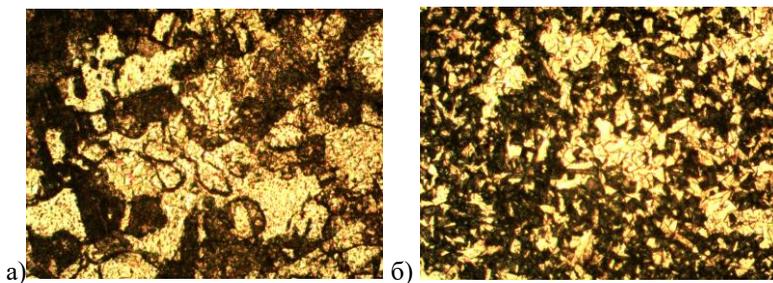
№ образца	Режим термической обработки		Обработка холодом (жидкий азот, 2 ч)
	Закалка	Старение	
1	750°С, 20 мин	-	
2	750°С, 20 мин	450°С, 3 ч	
4	850°С, 20 мин	-	
5	850°С, 20 мин	450°С, 3,5 ч	
7	930°С, 20 мин	-	
8	930°С, 20 мин	450°С, 3,5ч	

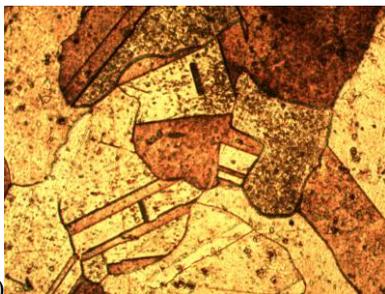
У всех образцов после обработки холодом возросла твердость. Максимальное значение у образца №7 – 99,2 HRB. Данное значение было получено при режиме термической обработки – закалка 930°С с выдержкой 20 минут, обработка холодом в жидком азоте с выдержкой 2 часа. (Табл. 2).

Таблица 2 - Результаты измерений твердости после обработки холодом (ОХ)

№ образца	Твердость, HRB	Твердость, HRB после ОХ
1	32,0	33,0
2	85,3	85,3
4	21,0	31,8
5	89,4	91,8
7	16,0	99,2
8	85,4	89,3

Микроструктура образцов, полученная после обработки холодом, показана на рисунке 1.





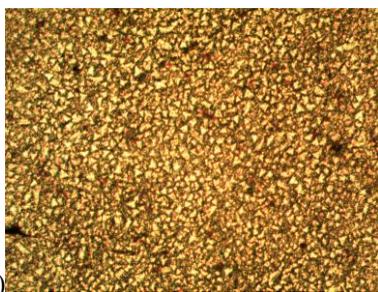
в)

Рис. 1 Микроструктура образцов после обработки холодом согласно исследованиям на оптическом микроскопе:

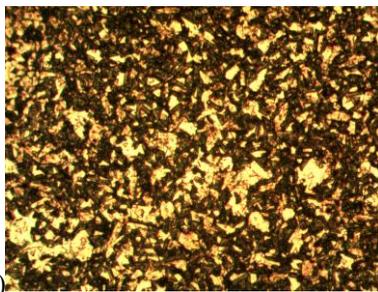
а) – обр. №5(закалка 850°C; старение 450°C), х500; б) – обр. №7(закалка 930°C), х500; в) – обр.№8(закалка 930°C; старение 450°C), х500

Обработка холодом влияет на уменьшение остаточных напряжений алюминиевых и магниевых сплавов. При охлаждении при температуре ниже нуля в деталях возникают термические напряжения, которые в сумме с ранее имевшимися остаточными начинают превосходить предел упругости (или текучести) сплава. Избыточная часть напряжения снимается путем пластической деформации, при возвращении к комнатной температуре уровень остаточных напряжений оказывается пониженным по сравнению с первоначальным. [3]

Сравнение микроструктуры БрКН1-3 после закалки 930°C (Рис. 2, а) и после обработки холодом (Рис. 2,б).



а)



б)

Рис. 2 Микроструктура сплава БрКН1-3 (обр.№7) х500:
а) – закалки 930°C; б) – закалка 930°C, обработка холодом

Полученные данные о структуре сплава БрКН1-3 после термических воздействий показали, что твердость чувствительна к плотности и размеру выделившихся при старении мелкодисперсных частиц, распознанных как силицид никеля Ni₂Si.

Представленные в работе результаты исследования влияния обработки холодом на структуру и свойства сплава БрКН1-3 могут быть использованы на практике в технологии изготовления упругочувствительных элементов приборов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Осинцев О.Е. Медь и медные сплавы./ О.Е. Осинцев, В.Н. Федоров // Отечественные и зарубежные марки: Справочник. — 2004 — 336 с.
2. Комков В.Г. Физико-механические свойства дегированных меди и оловянной бронзы // В.Г. Комков, В.А. Стариенко // Ученые заметки ТОГУ — 2013 — Том 4, № 4 — 1327с.
3. Елизаветин М. А. Повышение надежности машин. Изд. 2-с переработ. и доп. / М.А. Елизаветин — М.: «Машиностроение», 1973 — 430 с.

УДК 621.9.022

*Польшин А.А., Мальцев А.К., Тихонов А.А.
Научный руководитель: Любимый Н.С., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ПРЕИМУЩЕСТВА АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

Изготовление металлорежущего инструмента (МИ) аддитивными методами производства является перспективным направлением производства [1, 2]. Развитие технологий и материалов 3D печати металлами, появление новых производителей оборудования, всё это ведёт к постепенному уменьшению стоимости производства и как следствие даёт больший доступ к аддитивным технологиям со стороны широкого спектра машиностроительных предприятий, к которым несомненно, относятся и предприятия по выпуску МИ.

Преимущества аддитивных технологий при производстве МИ это:
- специфика SLM технологии обеспечивает минимальные затраты на подготовку производства. Настройка и подготовка аддитивной машины не зависит от формы и других характеристик детали. Отпадает необходимость изготовления специальной оснастки, подбор и покупка дорогостоящих режущих инструментов. Для SLM машины требуется

лишь цифровая трёхмерная модель будущей детали и заполнение бункера 3D принтера порошком, соответствующего материала и фракции;

- следующий фактор, дающий значительное преимущество SLM технологии — это возможность формировать внутренние и наружные поверхности любой сложности. При "выращивании" детали создание фасонных и конических поверхностей, канавок и даже резьб занимает не больше времени, чем «выращивание» плоских или цилиндрических. Например, опыт по формированию четырёхзаходной резьбы на хвостовике сверлильной головки показывает, что полученная винтовая поверхность выполняет свои функции так же, как механически обработанная;

- при "выращивании" корпусов инструмента открывается возможность печатать гнезда под режущие пластины более рациональной формы. При этом такие элементы, как пазы для выхода инструмента или освобождения для доступа к обрабатываемой поверхности, ослабляющие конструкцию корпуса, не нужны.

На сегодняшний день лидерами представившими миру МИ напечатанный на 3D принтере являются компании Tungaloy и Sandvik, хотя это скорее маркетинговые мероприятия, в массовое производство эти модели пока не пошли [3]. На отечественном рынке первые опыты провели сотрудники Уральского Федерального Университета.

На рисунке 1 показан общий вид сверлильной головки. «Выращивание» детали начинается с формирования поддержки (1), после чего в осевом направлении снизу - вверх формируются следующие элементы: направляющий пояс (2) с внутренней фаской (11), резьбовая часть (3), второй направляющий пояс (4), после чего формируется поверхность под ключ (5), далее гнёзда (10) и отверстия (9) для крепления направляющих пластин, последней формируется верхняя часть головки, содержащая гнездо (8) и отверстие (7) для крепления режущей пластины.

Следующая технологическая операция - отрезание поддержки. Далее следует нарезание резьб в отверстиях для крепления пластин. Заключительной операцией является шлифование направляющих поясков с базой на цилиндрическую часть (12) верхней части головки и внутреннюю фаску (11).

Стоит отметить, что все поверхности кроме направляющих поясков и резьбовых отверстий для крепления пластин не требуют дальнейшей механообработки.

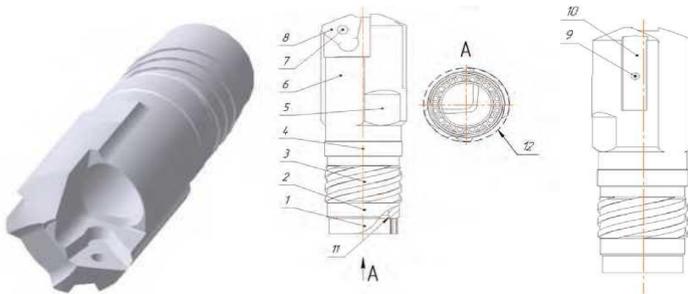


Рис. 1 Сверлильная головка для выращивания аддитивными методами

К сожалению натуральных фотографий отпечатанного в Уральском федеральном университете корпусного сверла его сотрудники не предоставили в общий доступ, зато на рисунке 2 вы можете видеть образец отпечатанной в центре передовых технологий Университета RMIT (Австралия) в 2019г фрезы.

На рисунке 3 показано возможное увеличение площади сечения отверстия канала охлаждения корпусного сверла, позволяющего увеличить расход СОТС.



Рис. 2 Фреза напечатанная в центре передовых технологий Университета RMIT (Австралия) в 2019г.

С использованием этого устройства, форма была армирована металлополимером. Суть эксперимента заключалась в обосновании возможности заполнения вязкотекучей жидкостью, сложно профильных пустотелых форм. Эксперимент прошел успешно. Как видно на срезе литника (рисунок 6), на границе пластиковой оболочки и металлополимерного тела, отсутствуют несплошности и поры, даже при условии относительно высокой шероховатости формы.



Рис. 6 Физическая модель армированного образца детали «Серьга»

В целом можно сделать следующие выводы:

1. Изготовление композитных металл-металлополимерных металлорежущих инструментов является перспективным направлением;
2. Технология позволяет получать корпуса инструментов со сложными внутренними полостями и каналами, а также наружными рабочими поверхностями;
3. Технология не требует сложной подготовки производства, возможна быстрая смена номенклатуры производства, низкая трудоёмкость изготовления;
4. За счёт топологической оптимизации формы возможно снижение массы инструмента.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Чепчуров, М. С. К вопросу о контактном взаимодействии двух цилиндрических деталей технологического агрегата / М. С. Чепчуров, В. Е. Минасова, И. В. Маслова // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2018. № 9. С. 40-44. DOI 10.31044/1684-2561-2018-0-9-40-44.
2. Сахаров Г. Н., Арбузов О. Б., Боровой Ю. Л. Металлорежущие инструменты: Учебник для вузов. М.: Машиностроение, 1989. 328 с.

3. Баурова, Н. И. Информационная модель состояния технической системы / Н. И. Баурова, В. А. Зорин, В. М. Приходько // Все материалы. Энциклопедический справочник. 2017. № 6. С. 11-16.

4. Анциферов, С. И. Проектирование и дизайн изделия в CAD/CAM/CAE системе NX под управлением PLM системы Teamcenter / С. И. Анциферов, А. В. Карачевцева, Л. А. Сиваченко // Техническая эстетика и дизайн-исследования. 2019. Т. 1, № 2. С. 45-52. DOI 10.34031/2687-0878-2019-1-2-45-52

5. Анциферов, С. И. Цифровое проектирование с применением генеративного дизайна / С. И. Анциферов, А. О. Лютенко, Е. А. Сычев, Л. А. Сиваченко // Техническая эстетика и дизайн-исследования. 2019. Т. 1, № 4. С. 38-44. DOI 10.34031/2687-0878-2019-1-4-38-44

УДК 621.9.022

Польшин А.А., Мальцев А.К., Тихонов А.А.

Научный руководитель: Любимый Н.С., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

МЕТОД МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОЛОСТЕЙ В МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕМ ИНСТРУМЕНТЕ

При механической обработке различных материалов и сплавов, для машиностроительного производства, немаловажным фактором является стойкость металлорежущего инструмента. От стойкости напрямую зависит производительность производства и в конечном итоге экономика производства. Чем меньше стойкость инструмента, тем чаще необходимо производить правку инструмента или замену сменных твёрдосплавных пластин, или, если это цельный инструмент, то произвести его замену. Смена инструмента и его наладка входит в расчёт штучно калькуляционного времени $T_{шк}$.

$$T_{шк} = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n} \quad (1)$$

где, $T_{шт}$ – штучное время операции, зависящее от режимов обработки и длины обрабатываемой поверхности (объёма снимаемого материала), мин; $T_{пз}$ – подготовительно заключительное время, мин.; n – размер партии, шт.

В контексте исследования стойкости инструмента, важную роль играет $T_{пз}$, время, затрачиваемое рабочим на подготовку к выполнению заданной работы и действия, связанные с ее окончанием. Чем чаще станочнику требуется производить операции со сменой и наладкой

инструмента, тем больше величина $T_{пз}$ времени. Следовательно, для снижения подготовительно-заключительного времени, требуется увеличить стойкость металлорежущего инструмента. Рассмотрим вопрос стойкости на примере сверла.

Режущие кромки сверла испытывают высокие нагрузки и температурное воздействие, в интервале от 300 до 600 К. В результате температурного воздействия на режущую кромку сверла, она подвергается деформациям и напряжениям. С целью снижения температурного воздействия, применяют СОТС (смазочно-охлаждающие технологические средства).

На рисунке 1 показана схема сборного сверла со спиральными каналами охлаждения.

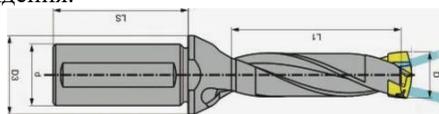


Рис. 1 Сборное сверло со спиральными каналами охлаждения

В такой модели сверла, каналы охлаждения расположены в витках спиралей, что не снижая прочности сверла позволяет подводить СОТС непосредственно в зону резания. Это не только улучшает охлаждение зоны резания и напряжённно-деформируемое состояние, но и позволяет вымывать стружку из зоны резания.

Для программирования станка с ЧПУ, с целью обработки корпуса такого сверла, требуется наличие цифровой модели, которая бы учитывала необходимые технологические поверхности и полости. Производитель, на своем сайте даёт к общему доступу модели номенклатурного ряда своего инструмента, что позволяет использовать их для моделирования станочной наладки и разработки управляющей программы с учётом режущего инструмента. На рисунке 2 показана модель корпуса такого сверла.

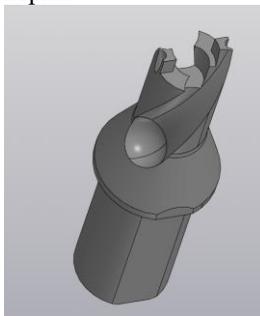


Рис. 2 Цифровая модель корпуса сверла Tungaloy TID250F32-8

Как видно на рис. 2 модель является упрощённой и не имеет технологических полостей, таких как отверстия под каналы охлаждения. С целью разработки технологии изготовления данных типов свёрел, оптимизации их конструкции и последующего изготовления, уже в отечественном исполнении, необходимо доработать представленную модель сверла.

С целью моделирования внутренних каналов охлаждения, воспользуемся инструментами САД программы КОМПАС 3D. Для этого в модель сверла предоставленную производителем, внесём соответствующие изменения. Для этого необходимо построить пространственную кривую в теле спиральных витков.

С этой целью построим вспомогательные плоскости с использованием инструмента «смещённая плоскость» и получим дополнительные плоскости для построения вспомогательных эскизов (рис. 3).

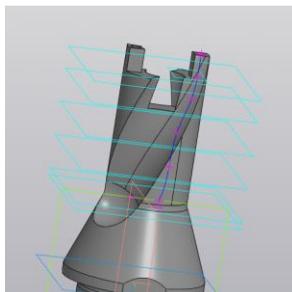


Рис. 3 Построение вспомогательных смещённых плоскостей

В каждом из сечений, образованных этими плоскостями, построим вспомогательную геометрию, с целью поиска геометрического центра этого сечения (рис. 4), и отложим на нём вспомогательную точку и эскиз контура, в нашем случае это окружность диаметром 3 мм.

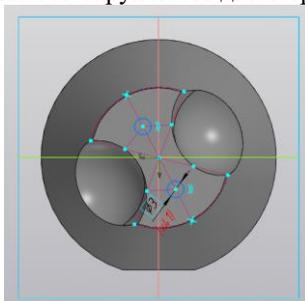


Рис. 4 Геометрические построения при поиске центра сечения витка спирали сверла

Далее по образованным точкам, строим направляющий сплайн, как показано на рис.4.

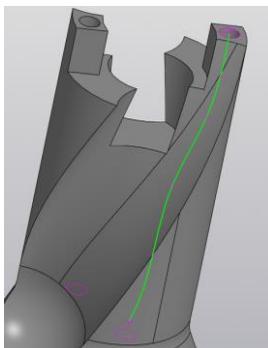


Рис. 5 Направляющий сплайн

С использованием инструмента «Выдавливание по траектории», указывая окружность оформляющую канал охлаждения и построенный сплайн, формируем требуемое нам технологическое криволинейное отверстие. Далее с помощью инструмента «массив по концентрической сетке», выполняем копирование полученного отверстия в противоположной спирали. На рис. 6 показано полное дерево построения криволинейного канала охлаждения в теле корпуса сборного сверла Tungaloy TID250F32-8.

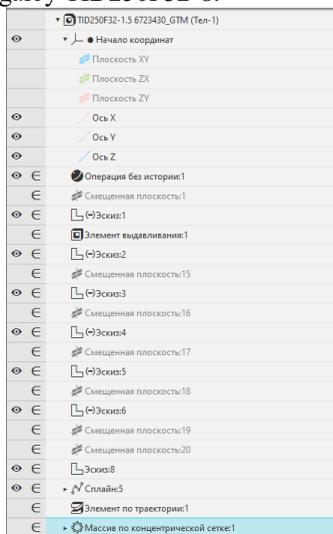


Рис. 6 Дерево построения криволинейного канала охлаждения

Таким образом, была предложена методика выполнения криволинейного технологического отверстия в цифровой модели корпусного сверла. Наличие такой модели, позволяет изменяя форму канала охлаждения изменять и геометрию самого отверстия. Например, меняя профиль сечения с круглого на эквидистантный профиль, мы можем изменить площадь сечения отверстия, тем самым увеличив расход СОТС, а следовательно и эффективность охлаждения, что в свою очередь повысит стойкость инструмента и экономическую эффективность производства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Чепчуров, М. С. К вопросу о контактном взаимодействии двух цилиндрических деталей технологического агрегата / М. С. Чепчуров, В. Е. Минасова, И. В. Маслова // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2018. № 9. С. 40-44. DOI 10.31044/1684-2561-2018-0-9-40-44.

2. Анциферов, С. И. Проектирование и дизайн изделия в CAD/CAM/CAE системе NX под управлением PLM системы Teamcenter / С. И. Анциферов, А. В. Карачевцева, Л. А. Сиваченко // Техническая эстетика и дизайн-исследования. 2019. Т. 1, № 2. С. 45-52. DOI 10.34031/2687-0878-2019-1-2-45-52

3. Анциферов, С. И. Цифровое проектирование с применением генеративного дизайна / С. И. Анциферов, А. О. Лютенко, Е. А. Сычев, Л. А. Сиваченко // Техническая эстетика и дизайн-исследования. 2019. Т. 1, № 4. С. 38-44. DOI 10.34031/2687-0878-2019-1-4-38-44

4. Баурова, Н. И. Информационная модель состояния технической системы / Н. И. Баурова, В. А. Зорин, В. М. Приходько // Все материалы. Энциклопедический справочник. 2017. № 6. С. 11-16.

5. Любимый Н. С., Романович М. А., Тихонов А. А., Бабкин М. С. Исследование температуры поверхности металл-металлополимерной детали при механической обработке плоским шлифованием. Белгород: Из-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2020. – 90 с.

6. Сахаров Г. Н., Арбузов О. Б., Боровой Ю. Л. Металлорежущие инструменты: Учебник для вузов. М.: Машиностроение, 1989. 328 с.

Польшин А.А., Мальцев А.К., Тихонов А.А.

*Научный руководитель: Любимый Н.С., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ПРОБЛЕМЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОНСТРУКЦИИ И ИЗГОТОВЛЕНИЯ СОВРЕМЕННОГО МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

Мировой опыт изготовления металлорежущего инструмента (МИ) достаточно обширен. Технологии серийного изготовления хорошо исследованы и подробно изучены. Тем не менее производители постоянно ищут пути совершенствования конструкции МИ способствующие повышению эффективности его работы [1], а также новые эффективные технологии его изготовления.

В настоящее время при конструировании и изготовлении металлорежущего инструмента существуют следующие проблемы:

- во первых, некоторый специализированный инструмент может быть весьма массивным, и превышать грузоподъемность большинства манипуляторов используемых для его автоматической смены (рисунок 1), то есть стоит задача снижения массы инструмента;



Рис. 1 Автоматическая смена МИ манипулятором

- во вторых невозможность изготовления внутренних каналов охлаждения для подачи СОТС в зону резания не позволяет повысить производительность процесса резания, в том числе за счёт увеличения площади поперечного сечения. Сейчас внутренние отверстия производятся мех. Обработкой (рисунок 2), путём пересечения их осей формируется изменение их направления. На рисунке 2б видно, что оптимальная форма канала охлаждения имеет криволинейный профиль и меньшее сечение, но изготовление такого канала охлаждения возможно только с применением аддитивных методов производства;

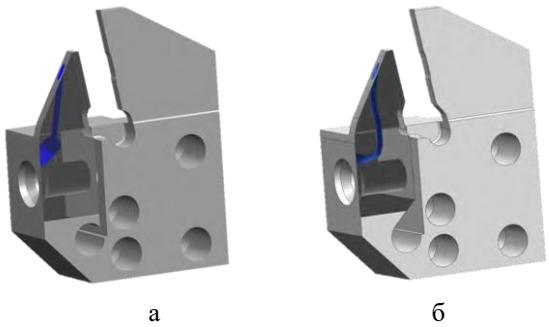


Рис. 2 а - канал охлаждения образованный пересечением двух отверстий; б – профильный канал охлаждения оптимальной формы.

- В третьих существует высокая трудоёмкость изготовления корпусов МИ имеющего большое количество режущих пластин.

Многие из этих проблем могут быть решены использованием аддитивных технологий [2, 3], обозначения которых представлены на рисунке 3. Сейчас существует большое разнообразие аддитивных технологий но в основном они отличаются способом нанесения и кристаллизации материала, а также видами используемого для 3Д печати материала.

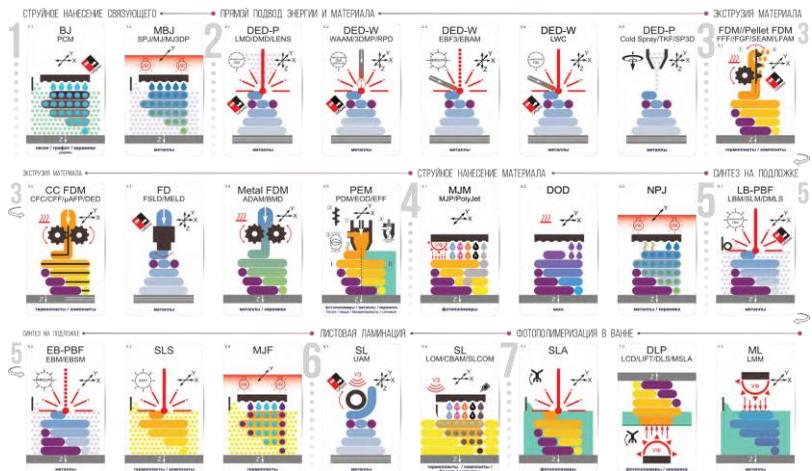


Рис. 3 Условные обозначения технологий аддитивного производства

Например существует технология FDM печати, то есть послойного нанесения материала, обычно для печати используют различные пластики. Конечно для изготовления энергонагруженного МИ пластиковые материалы не используются, однако они могут использоваться для изготовления цеховой оснастки, как показано на рисунке 4. К цеховой оснастке можно отнести: кастомизированные органайзеры или паллетные системы; крепежная оснастка; оснастка для работы в агрессивных средах и экстремальных температурах; ограждения для безопасности рабочего места. [4]



Рис. 4 Пример использования FDM печати для изготовления цеховой оснастки

Также FDM используется для изготовления станочной оснастки, как показано на рисунке 5.



Рис. 5 Пример использования станочной оснастки изготовленной аддитивным методом

3D печать металлом, путём синтеза на подложке, представляется наиболее перспективной технологией для изготовления МИ.

Данная технология позволяет производить детали высокого качества, практически любой формы, по прочности сопоставимые с литыми или коваными. Но есть один большой минус – очень высокая стоимость производства единицы объёма детали по этой технологии. [5]

Однако данная технология позволяет изготавливать топологически оптимизированные конструкции (рисунок 6), то есть конструкции в которых удаляется материал не участвующий в передаче нагрузок, таким образом существенно может быть снижена масса. Для металлорежущего инструмента при условии что у МИ существует множество поверхностей которые являются неизменяемыми, путём топологической оптимизации могут быть получены внутренние полости в корпусах МИ.

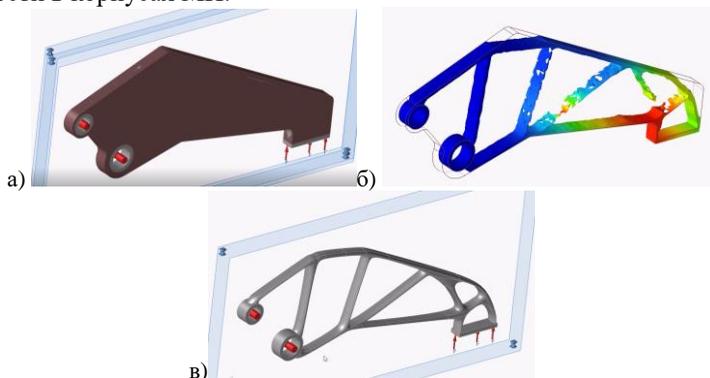


Рис. 6 Топологическая оптимизация. а – модель не оптимизированного изделия – губка манипулятора; б – эпюра напряжений; в – тело оптимизированного изделия.

Благодаря лазерному спеканию, мы можем получать каналы для подачи СОТС в зону резания любой формы, траектории и сечения, что позволяет оптимизировать (по режимам, по стойкости режущих пластин) процесс резания и повысить его эффективность. [6]

Таким образом, применив топологическую оптимизацию и сконструировав оптимальные каналы охлаждения мы можем снизить массу инструмента и повысить эффективность его работы. Остаётся решить задачу снижения стоимости 3D печати. Снижение стоимости 3D печати может быть достигнуто благодаря использованию композитной конструкции инструмента. То есть печати корпуса инструмента с внутренними полостями из металла и последующего заполнения этих полостей, жидким металлополимером в качестве армирующего материала придающего жёсткости МИ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федоренко, М. А. Восстановление цилиндрической формы при

различных видах износа крупногабаритных вращающихся деталей / М. А. Федоренко, А. А. Погонин, Ю. А. Бондаренко // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 9. С. 130-136. DOI 10.12737/article_59a93b0ac85999.41172542.

2. Анциферов, С. И. Проектирование и дизайн изделия в CAD/CAM/CAE системе NX под управлением PLM системы Teamcenter / С. И. Анциферов, А. В. Карачевцева, Л. А. Сиваченко // Техническая эстетика и дизайн-исследования. 2019. Т. 1, № 2. С. 45-52. DOI 10.34031/2687-0878-2019-1-2-45-52

3. Анциферов, С. И. Цифровое проектирование с применением генеративного дизайна / С. И. Анциферов, А. О. Лютенко, Е. А. Сычев, Л. А. Сиваченко // Техническая эстетика и дизайн-исследования. 2019. Т. 1, № 4. С. 38-44. DOI 10.34031/2687-0878-2019-1-4-38-44

4. Баурова, Н. И. Информационная модель состояния технической системы / Н. И. Баурова, В. А. Зорин, В. М. Приходько // Все материалы. Энциклопедический справочник. 2017. № 6. С. 11-16.

5. Любимый Н.С. Испытание конформной системы охлаждения композитной пресс-формы / Н.С. Любимый, А.А. Польшин, С.Ю. Лозовая, А.А. Тихонов, М.Д. Герасимов, С.А. Лямина, Н.Д. Голубева // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2022. Т. 7. № 6. С. 111–118. DOI: 10.34031/2071-7318-2022-7-6-111-118

6. Сахаров Г. Н., Арбузов О. Б., Боровой Ю. Л. Металлорежущие инструменты: Учебник для вузов. М.: Машиностроение, 1989. 328 с.

УДК 621.9.08

Прокопов М.В.

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

МЕТОД КОНТАКТНОГО КОНТРОЛЯ ОТВОДОВ ГНУТЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ В КАЧЕСТВЕ ЩУПА РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

Автоматизация производства позволяет сократить время получения готового продукта, при этом сокращается численность персонала, уменьшается вероятность получения брака.

Измерение заготовки с использованием шарнирного манипулятора с использованием в качестве щупа режущего инструмента является одним из способов контроля геометрических характеристик объекта,

позволяющий сократить время на обработку и сократить количество брака

Метод контактного контроля отводов гнутых с использованием в качестве щупа режущего инструмента заключается в том, что для контроля геометрических параметров отводов гнутых используется режущий инструмент в качестве щупа. Этот метод позволяет контролировать как внутренние, так и внешние поверхности отводов гнутых.

Суть метода заключается в том, что режущий инструмент устанавливается на координатно-измерительной машине и перемещается вдоль поверхности отвода гнутого, соприкасаясь с ней. В процессе перемещения инструмент записывает значения координат и заносит их в систему управления оборудованием.

Для контроля внутренней поверхности отвода гнутого, используется сверло с определенным радиусом, которое перемещается вдоль внутренней поверхности отвода гнутого. При контакте со стенками отвода фреза смещается, что заносится в систему управления [1, 2].

Для контроля внешней поверхности отвода гнутого, используется фреза (рис. 1), которая перемещается вдоль внешней поверхности отвода гнутого. При контакте фреза смещается, что также заносится в систему управления [3, 4].

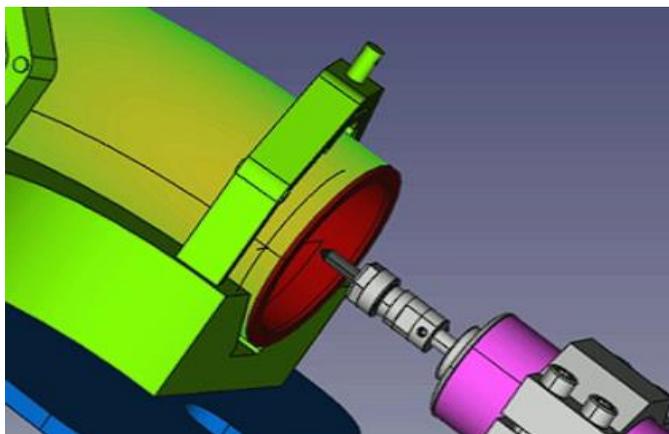


Рис. 1 Использование фрезы в качестве измерительного инструмента

Для выполнения измерений выполняется предварительная калибровка инструмента [5].

Таким образом система координат инструмента переносится из заданной точки системы координат ТСР, в конечную точку инструмента, и расчеты ведутся от нее.

На рис. 2 представлены схемы определения торца заготовки или определения плоскости заготовки.

Предполагается, что инструмент последовательно от $У_1$ к $У_4$ касается торца заготовки тем самым определяется расположение плоскости относительно оси инструмента.

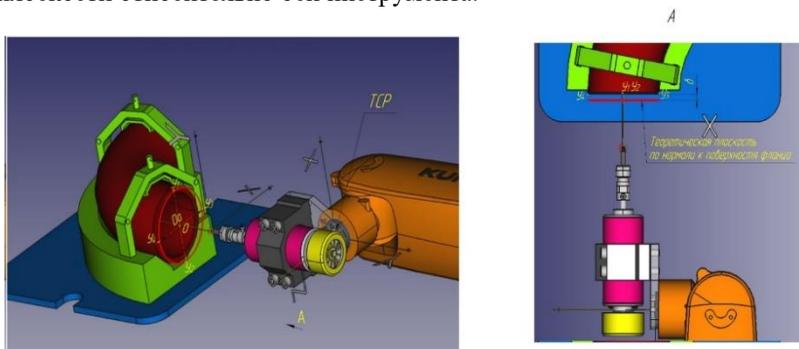


Рис. 2 Схема калибровки инструмента относительно торца заготовки

Метод контактного контроля отводов гнутых с использованием режущего инструмента в качестве щупа позволяет контролировать как внутренние, так и внешние поверхности отводов гнутых и осуществлять запись значений координат в систему управления оборудованием. Применение данного метода может повысить качество производимых изделий и уменьшить количество брака за счет точного контроля геометрических параметров. Однако, необходимость использования специализированного оборудования и наличие квалифицированных специалистов для проведения контроля могут быть значительными факторами, ограничивающими использование этого метода.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Xie H, Li W, Yin Z (2018) Posture Optimization Based on Both Joint Parameter Error and Stiffness for Robotic Milling. In: Chen Z, Mendes A, Yan Y, Chen S (eds) Intelligent robotics and applications. Springer International Publishing, Cham, pp 277–286.
2. J. Fan, Q. Wang, X. Jiao. Analysis and calculation of the mechanical arm's bending deformation under the load. <https://aip.scitation.org/doi/abs/10.1063/5.0013125>

3. Исследование взаимосвязей точности перемещения рабочего органа и сигналов датчиков положения / М. С. Чепчуров, И. А. Одобеско, Д. В. Подпратов [и др.] // Научные технологии и инновации (XXIV научные чтения): Сборник докладов Международной научно-практической конференции, Белгород, 21–22 октября 2021 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2021. – С. 460-462. – EDN SGHGHN.

4. Любимый Н.С., Четвериков Б.С., Чепчуров М.С., Одобеско И.А. Методика определения средней плоскости заготовок отводов триангуляционным методом с применением антропоморфного робота Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. 2019. Т. 16. № 2 (66). С. 96-109.

5. Контроль и регистрация параметров механической обработки крупногабаритных деталей Чепчуров М.С. монография / Белгород, 2008.

УДК 629.1

Резанков А.В.

*Научный руководитель: Дуганова Е.В., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

БЕСПИЛОТНОЕ КАРАВАННОЕ ВОЖДЕНИЕ: ТЕХНОЛОГИИ, ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ

Беспилотное караванное вождение представляет собой инновационную технологию, которая позволяет автомобилям двигаться в плотной последовательности без необходимости участия человека за рулем. Эта технология революционизирует автомобильную индустрию, предоставляя ряд преимуществ, но также сталкивается с некоторыми вызовами, которые требуют дальнейшего исследования и разработки [1].

Технологии беспилотного караванного вождения:

1. Датчики и восприятие окружающей среды: Беспилотные автомобили, использующие технологию караванного вождения, оснащены множеством датчиков, таких как радары, лидары, камеры и ультразвуковые датчики. Эти датчики позволяют автомобилю непрерывно сканировать окружающую среду и получать информацию о дорожных условиях, препятствиях, пешеходах и других транспортных средствах [4].

2. Системы обработки данных и искусственный интеллект: Полученные данные от датчиков обрабатываются с использованием

мощных вычислительных систем и алгоритмов искусственного интеллекта. Эти системы позволяют автомобилю анализировать информацию, определять оптимальные маршруты, принимать решения о скорости и маневрах, а также предсказывать действия других участников дорожного движения [4].

3. Коммуникационные технологии: Беспилотные автомобили в караванном режиме могут обмениваться информацией друг с другом и с инфраструктурой дороги, используя специальные коммуникационные протоколы. Это позволяет им координировать движение, обеспечивать безопасное расстояние между автомобилями и уменьшать вероятность аварийных ситуаций [4].

Преимущества беспилотного караванного вождения:

1. Повышение безопасности: Одним из главных преимуществ беспилотного караванного вождения является повышение безопасности на дорогах. Автоматизированные системы искусственного интеллекта и датчики способны непрерывно сканировать окружающую среду и реагировать на возникающие опасности. Беспилотные автомобили в караване могут установить минимальное безопасное расстояние между собой, что позволяет предотвращать столкновения и аварии. Более точные и быстрые реакции на дорожные ситуации, чем у водителей, делают беспилотное караванное вождение более безопасным и устойчивым [2].

2. Улучшение пропускной способности дорог: Благодаря беспилотному караванному вождению можно существенно увеличить пропускную способность дорог. Автомобили в караване движутся ближе друг к другу, чем обычно, что сокращает интервалы между ними. Это позволяет эффективнее использовать дорожное пространство, уменьшает пробки и улучшает поток транспорта. Беспилотные автомобили могут точно координировать свои действия, алгоритмически регулируя скорость, ускорение и расстояние между автомобилями, что приводит к более плавному и эффективному движению [2].

3. Экономия топлива и снижение выбросов: Беспилотное караванное вождение способствует более эффективному использованию топлива и снижению выбросов вредных веществ в атмосферу. Автоматическое управление скоростью и расстоянием между автомобилями позволяет избежать излишних торможений и ускорений, которые обычно характерны для водителей. Беспилотные автомобили могут планировать оптимальные маршруты и использовать оптимальные стратегии движения, что приводит к более экономичному расходу топлива. Улучшенная эффективность движения также

способствует снижению выбросов вредных веществ, что положительно влияет на окружающую среду [6].

4. Улучшенный комфорт и удобство: Беспилотное караванное вождение предлагает более комфортабельное и удобное путешествие для пассажиров. Водительский фактор и связанные с ним проблемы, такие как усталость, стресс и ошибки, исключаются. Пассажиры могут сосредоточиться на отдыхе, работе или развлечениях во время поездки. Кроме того, в караванном режиме пассажиры могут наслаждаться возможностью социального взаимодействия, общаясь между собой без отвлечения на управление автомобилем [2].

5. Оптимальное использование инфраструктуры: Беспилотное караванное вождение может привести к более эффективному использованию существующей инфраструктуры дорог. Автомобили в караване могут координировать свои действия, что позволяет улучшить распределение трафика и снизить нагрузку на дороги. Это может способствовать снижению необходимости строительства новых дорог и улучшению пропускной способности существующих [2].

Недостатки беспилотного караванного вождения:

1. Низкая степень общественного доверия и принятия: Одним из главных вызовов для беспилотного караванного вождения является низкая степень общественного доверия и принятия этой технологии. Некоторые люди могут испытывать тревогу и недоверие к автоматизированной системе управления, особенно когда речь идет о плотном движении автомобилей в караване. Это может быть вызвано опасениями относительно безопасности и возможности возникновения технических сбоев. Для преодоления этого недостатка необходимо проводить обширные образовательные программы и информационные кампании, чтобы расширить общественное понимание и принятие беспилотных автомобилей [5].

2. Технические ограничения: Беспилотное караванное вождение сталкивается с рядом технических ограничений. Во-первых, некоторые погодные условия, такие как сильный снегопад, туман или ливень, могут затруднить работу датчиков и системы восприятия окружающей среды, что может привести к снижению эффективности и надежности автомобилей. Во-вторых, сложные дорожные ситуации, такие как строительные участки или непредсказуемые движения пешеходов, могут быть сложными для точного восприятия и реакции автоматизированной системы. Также требуется непрерывное развитие технологий и алгоритмов для улучшения надежности и функциональности систем беспилотного караванного вождения [5].

3. Юридические и регуляторные аспекты: Внедрение беспилотного караванного вождения также требует разработки соответствующих юридических и регуляторных фреймворков. Необходимо разработать нормативы и стандарты в области безопасности, ответственности и обязанностей для беспилотных автомобилей в караванном режиме. Возникают вопросы о том, кто несет ответственность в случае аварии или происшествия, связанного с беспилотным автомобилем. Также необходимо разработать правила и процедуры для взаимодействия беспилотных автомобилей с традиционными водителями и пешеходами на дороге. Отсутствие ясных и однозначных правовых рамок может стать преградой для широкого внедрения беспилотного караванного вождения [3].

4. Высокие затраты и необходимость обновления инфраструктуры: Внедрение беспилотного караванного вождения требует значительных инвестиций в обновление существующей инфраструктуры дорог. Например, необходимо обеспечить наличие современных инфраструктурных элементов, таких как сети связи, датчики и сигнализация, для обмена информацией между автомобилями и инфраструктурой. Также требуется создание инфраструктуры для зарядки или заправки беспилотных автомобилей. Все это может быть связано с высокими затратами и вызвать трудности в реализации на практике [5].

5. Риск кибератак и нарушений безопасности: Беспилотные автомобили, особенно в режиме караванного вождения, становятся более уязвимыми для кибератак и нарушений безопасности. Взлом или вмешательство в систему автоматического управления может привести к серьезным последствиям, включая возможность потери контроля над автомобилем или использование его вредоносным образом. Обеспечение безопасности данных, защита от кибератак и разработка устойчивых систем являются важными вызовами в развитии беспилотного караванного вождения [5].

Беспилотное караванное вождение представляет собой потенциально революционную технологию в автомобильной индустрии. Оно может принести значительные преимущества в области безопасности, пропускной способности дорог и экологической эффективности. Однако, чтобы полностью реализовать его потенциал, необходимо продолжать исследования и разработки в области технологий, юридического и регуляторного аспектов, а также уделять внимание общественному принятию и доверию к этим инновациям. Беспилотное караванное вождение представляет собой захватывающий

этап в развитии автомобильной индустрии, и его реализация может привести к более безопасному и эффективному движению на дорогах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лоуренс Бернс, Кристофер Шулган Автономия. Как появился автомобиль без водителя и что это значит для нашего будущего. М.: Бомбора, 2018. 470 с.
2. Евсеев Д.З., Зайцева М.М., Косенко В.В., Котесова А.А., Шульга Т.К. Индустрия 4.0 и автомобильный транспорт // «Инженерный вестник Дона». 2018. С. 1–12.
3. Дреплиуга Р.И., Яковенко А.А. Регулирование тестирования беспилотного автотранспорта: опыт Европы // «Азиатско-Тихоокеанский регион: экономика, политика, право». 2020. С. 1–15.
4. Беспилотные грузовики [Электронный ресурс]. Систем. требования: Веб-браузер. URL: https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Беспилотные_грузовики (дата обращения: 14.04.2023)
5. Будущее беспилотного транспорта – это грузовые автомобили. На каком этапе внедрения таких перевозок мы находимся? [Электронный ресурс]. Систем. требования: Веб-браузер. URL: https://www.gtlk.ru/press_room/drone/ (дата обращения: 14.04.2023)
6. Шевченко А.С., Дуганова Е.В. Значение электронных систем управления двигателем автомобиля для экологии / Проблемы функционирования систем транспорта: сб. материалов научно—практической конф. студентов, аспирантов и молодых ученых // Тюменский индустриальный университет. (Тюмень, 2—4 декабря 2020 г.), Тюмень: Изд—во ТИУ, 2020. С. 337–339.

УДК 629.1

Резанков А.В.

*Научный руководитель: Дуганова Е.В., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

БЕСПИЛОТНОЕ КАРАВАННОЕ ВОЖДЕНИЕ ГРУЗОВИКОВ

В последние годы беспилотные технологии стали важной составляющей развития транспортной индустрии. Одной из наиболее перспективных областей в этом секторе является беспилотное караванное вождение грузовиков. Эта технология позволяет

нескольким грузовикам двигаться автоматически в плотной колонне, что обеспечивает повышенную эффективность, безопасность и экономическую выгоду. В данной статье рассмотрим принцип работы, преимущества и примеры беспилотного караванного вождения грузовиков [1].

Принцип работы беспилотного караванного вождения грузовиков:

Беспилотное караванное вождение грузовиков основано на использовании передовых технологий, таких как искусственный интеллект (ИИ), радары, лидары, камеры и связанные с ними алгоритмы. Основная идея заключается в том, чтобы позволить нескольким грузовикам ехать в плотной колонне, следуя друг за другом на безопасном расстоянии [2].

Ведущий грузовик оснащен передовыми датчиками и системами восприятия, которые обеспечивают постоянное сканирование дороги и обнаружение препятствий, пешеходов и других транспортных средств. Данные, полученные от датчиков, передаются в систему управления, основанную на искусственном интеллекте, которая принимает решения о маневрировании и управлении автомобилем [5].

Следующие грузовики в колонне следуют инструкциям, полученным от ведущего грузовика, используя технологии Vehicle-to-Vehicle (V2V) и Vehicle-to-Infrastructure (V2I) для обмена данными и поддержания безопасного расстояния. Это позволяет грузовикам двигаться синхронно и снижает вероятность аварий [3].

Преимущества беспилотного караванного вождения грузовиков:

1. Экономия топлива: Благодаря плотному движению и оптимальной координации между грузовиками, беспилотное караванное вождение позволяет существенно сократить расход топлива. Грузовики могут двигаться ближе друг к другу, что уменьшает сопротивление воздуха и повышает аэродинамическую эффективность. Это приводит к экономии топлива до 10–15% по сравнению с отдельным движением грузовиков [6].

2. Увеличение пропускной способности дорог: Благодаря плотному движению грузовиков в караване, пропускная способность дорог может быть значительно увеличена. Грузовики движутся в более компактной формации, что позволяет эффективнее использовать имеющееся пространство на дорогах.

3. Снижение затрат на транспортировку: Беспилотное караванное вождение грузовиков также способствует снижению затрат на транспортировку. Оптимизация движения грузовиков и экономия топлива позволяют снизить стоимость перевозок. Кроме того, автоматическое управление грузовиками устраняет необходимость

оплаты зарплата водителям, что также влияет на снижение общих затрат.

4. Улучшение безопасности дорожного движения: Беспилотные грузовики оборудованы передовыми системами восприятия и реагируют на события на дороге гораздо быстрее, чем человеческий водитель. Это позволяет уменьшить количество аварий и снизить риск человеческой ошибки. Кроме того, беспилотные грузовики могут поддерживать постоянное безопасное расстояние между собой, что уменьшает возможность столкновений.

Примеры беспилотного караванного вождения грузовиков:

1. Компания Waymo: В 2018 году Waymo, дочерняя компания Alphabet Inc., запустила программу по тестированию беспилотных грузовиков в штате Аризона, США. Их система позволяет грузовикам следовать друг за другом в плотной колонне, обеспечивая более безопасное движение [4].

2. Einride: Шведская компания Einride разработала систему беспилотных грузовиков под названием "Т-pod". Эти грузовики полностью автономны и могут работать в режиме каравана, где один оператор управляет несколькими грузовиками с помощью удаленного управления. В 2018 году Einride получила разрешение на проведение тестов беспилотных грузовиков на дорогах Швеции [4].

3. Daimler: Крупный производитель грузовиков Daimler также активно работает в области беспилотных технологий. Они представили концепцию беспилотных грузовиков, известных как "Mercedes-Benz Future Truck 2025". Эти грузовики оснащены системой "Highway Pilot", которая позволяет им двигаться автономно на автострадах. Daimler проводил успешные испытания своих беспилотных грузовиков, продемонстрировав их способность следовать друг за другом в караване [4].

4. Volvo Trucks: Volvo Trucks также активно исследует и разрабатывает беспилотные грузовики. В 2019 году компания представила концепт "Vera", который является беспилотным электрическим тягачом для автоматизированной доставки грузов в логистических центрах и на промышленных объектах. Грузовики "Vera" способны двигаться в караване, синхронизируясь друг с другом и с инфраструктурой [4].

5. Компания КамАЗ: "КамАЗ" — один из крупнейших российских производителей грузовых автомобилей, ведет исследования и разработку беспилотных технологий. В 2020 году компания представила беспилотный грузовик "КамАЗ-54901", который был протестирован на дорогах Казани. Грузовик оснащен передовыми

системами восприятия и автоматическим управлением, позволяющим ему двигаться автономно [4].

6. Институт имени Н. Эрнста Федорова: Институт имени Н. Эрнста Федорова, входящий в состав "Ростеха", занимается разработкой беспилотных грузовиков. Одним из их проектов является "Транспортная лаборатория будущего". В рамках этого проекта разрабатываются беспилотные грузовики для использования в логистических центрах, портах и промышленных комплексах [4].

7. Ключевые технологии: Компания "Ключевые технологии" разрабатывает беспилотные грузовики для использования в сельском хозяйстве и лесной промышленности. Они представили беспилотные грузовики "Агробот" и "Лесной бот" для автоматизации сельскохозяйственных и лесных работ. Эти грузовики оснащены специализированными системами и могут выполнять задачи, такие как перевозка сельскохозяйственных культур или древесины [4].

8. Группа ГАЗ: "Группа ГАЗ" также занимается исследованиями и разработками в области беспилотных грузовиков. В 2018 году они представили беспилотный грузовик "ГАЗон Next", который прошел успешные тесты на закрытой трассе. Этот грузовик оснащен передовыми системами искусственного интеллекта и может двигаться автономно [4].

9. Cognitive Technologies: "Cognitive Technologies" — российская компания, специализирующаяся на разработке и внедрении систем искусственного интеллекта для сельского хозяйства и логистики. Они также работают над проектами по беспилотным грузовикам. Например, они разработали систему "Cognitive Pilot", которая позволяет грузовикам двигаться автономно в полевых условиях [4].

10. Rostec: Концерн "Ростех" ведет активную работу по разработке беспилотных технологий, включая грузовики. Они сотрудничают с различными российскими компаниями и институтами, чтобы создать инновационные системы автономного вождения. Примером такого сотрудничества является создание беспилотного грузовика "Уран", который предназначен для использования в сельском хозяйстве и тяжелых промышленных условиях [4].

Беспилотное караванное вождение грузовиков представляет собой новую фронтальную область развития транспортной индустрии. Оно обещает повысить эффективность, безопасность и экономическую выгоду грузовых перевозок. С развитием технологий и усовершенствованием правовых и инфраструктурных условий, беспилотное караванное вождение станет все более распространенным на дорогах. В будущем мы можем ожидать большего применения и

интеграции этих систем в логистическую сеть, что позволит сделать грузоперевозки более эффективными и устойчивыми.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лоуренс Бернс, Кристофер Шулган Автономия. Как появился автомобиль без водителя и что это значит для нашего будущего. М.: Бомбора, 2018. 470 с.
2. Лю Шаошань, Тан Цзе, Ли Лиюнь, Шуаш Ву, Жан-Люк Годье Разработка беспилотных транспортных средств. М.: ДМК– Пресс, 2022. 246 с.
3. Евсеев Д.З., Зайцева М.М., Косенко В.В., Котесова А.А., Шульга Т.К. Индустрия 4.0 и автомобильный транспорт // «Инженерный вестник Дона». 2018. С. 1–12.
4. Беспилотные грузовики [Электронный ресурс]. Систем. требования: Веб-браузер. URL: https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Беспилотные_грузовики (дата обращения: 14.04.2023)
5. Беспилотные технологии для коммерческого транспорта [Электронный ресурс]. Систем. требования: Веб-браузер. URL: <http://www.gruzovikpress.ru/article/20742-bespilotnye-tehnologii-dlya-kommercheskogo-transporta-ces-2019-novinki-elektroniki/> (дата обращения: 14.04.2023)
6. Шевченко А.С., Дуганова Е.В. Значение электронных систем управления двигателем автомобиля для экологии / Проблемы функционирования систем транспорта: сб. материалов научно—практической конф. студентов, аспирантов и молодых ученых // Тюменский индустриальный университет. (Тюмень, 2—4 декабря 2020 г.), Тюмень: Изд—во ТИУ, 2020. С. 337–339.

УДК 666.94:684

Сазонов И.Д., Воробьев Д.А.

*Научный руководитель: Старостин А.В., канд. техн. наук, доц.
Вологодский Государственный университет, г. Вологда, Россия*

ОБЩИЕ ПОДХОДЫ И МЕТОДЫ РАБОТЫ ПО КАЧЕСТВУ НА ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕМ ПРЕДПРИЯТИИ «ЗАО СТАЙЛИНГ»

Качество продукции — это основной показатель деятельности любого предприятия. Для поддержания конкурентоспособности

продукции предприятием, согласно внутреннего Стандарта Качества поставщика ИКЕА, используются разные методы обеспечения качества продукции. [3].

Стимулирование качества

Методы стимулирования персонала (внешнее побуждение к действию, причиной которого является интерес (материальный, моральный, личный или групповой) на предприятии представлены в виде денежных премий, к примеру, в профессиональный праздник – день работника лесной промышленности, за отсутствие в течение года больничных листов, что является стимулом, побуждающим человека лучше работать, возможность внесения идей и предложений по усовершенствованию оборудования, производственного процесса, признание заслуг в виде благодарностей и грамот с денежным вознаграждением, сладкими подарками детям работников предприятия к новому году, премиями к юбилеям, круглым датам и т.д. [1].

Контроль результатов работы по качеству

Обособленное место в управлении качеством выпускаемой продукции на производстве отведено контролю работы по качеству. Несомненно, контроль, как один из результативных способов достижения поставленных целей и важнейшая функция управления, содействует правильному использованию объективно существующих, а также созданных условий производства и реализации покупателю деревообрабатывающей продукции высокого качества. Согласно внутреннего Стандарта Качества у поставщика ИКЕА на производстве разработаны и соблюдаются процедуры OpenBox, OpenPallet, MSA калибровки, входного контроля пиломатериалов, клея, фурнитуры, конвертированного гофрокартона и других поступающих материалов, необходимых для производства продукции; процедуры пооперационного контроля качества деталей, проведения окончательной проверки (FI) готовой продукции инспекторами БТК с ведением статистики ключевых показателей работы (KPI). Контроль осуществляется в соответствии с технической документацией, количественными планами проверок, эталонами. Результаты проверок/приемок документируются в специальных журналах. [4].

Метод самоконтроля

Сущность метода самоконтроля, как одной из функций управления качеством продукции на рабочем месте исполнителя на каждом этапе производства изделия, заключается в осуществлении работником всех предусмотренных операций контроля качества изготавливаемых деталей и изделий в соответствии с требованиями технической документации,

что способствует своевременному обнаружению и оперативному исправлению или изоляции брака. [2].

Статистические методы управления качеством

С целью снижения трудоемкости и повышения достоверности на предприятии применяются статистические методы выборочного контроля качества. Используемые на производстве методы являются составляющими системы СОРQ (данные увеличения удовлетворенности покупателей).

Диаграмма парето

Правило Парето работает по принципу 80-20: 80% дефектов результат всего 20% причин. На деревообрабатывающем предприятии диаграмма Парето используется для выявления особенно значимых и существенных факторов, имеющих влияние на возникновение несоответствий или бракованной продукции на производстве. Это дает возможность установить приоритет действиям, необходимым, чтобы найти решение справиться с проблемой. На предприятии является одним из ежемесячных отчетов по повышению качества выпускаемой продукции и увеличению удовлетворенности покупателей. На приведенном примере за период 09-12 (неделя финансового года) прослеживается необходимость сосредоточиться на проблемных элементах (негативном влиянии на поставленные цели по повышению качества) и разработке мер для полок ИВАР 83*30, 83*50, связанных с повреждениями упаковки, при транспортировке, в магазинах, дефектами самого продукта. [1].

Причинно-следственная диаграмма (рыбья кость)

Инструмент, необходимый для выявления наиболее значимых причин (факторов), влияющих на итоговый результат (следствие). Исследуемая проблема — это "голова рыбьего скелета". "Хребет" схематически изображается, как прямая горизонтальная стрелка, "кости" — причины — отображаются наклонными стрелками. На производстве диаграмма используется для анализа и устранения причин брака в процессе изготовления изделий/заготовок/деталей, также дополняется в 8D отчеты по качеству для фирмы ИКЕА при обращении с рекламациями. [5].

Рассмотрим диаграмму Паретто (Рис. 1) по полкам ИВАР.

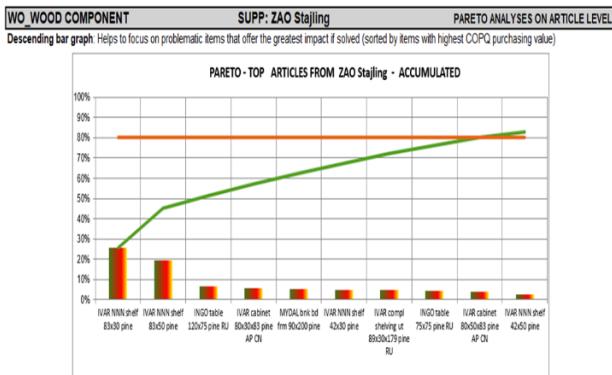


Рис. 1 Диаграмма Паретто по полкам ИВАР

На (Рис. 2) представлен пример причинно-следственной диаграммы Паретто по полкам ИВАР.

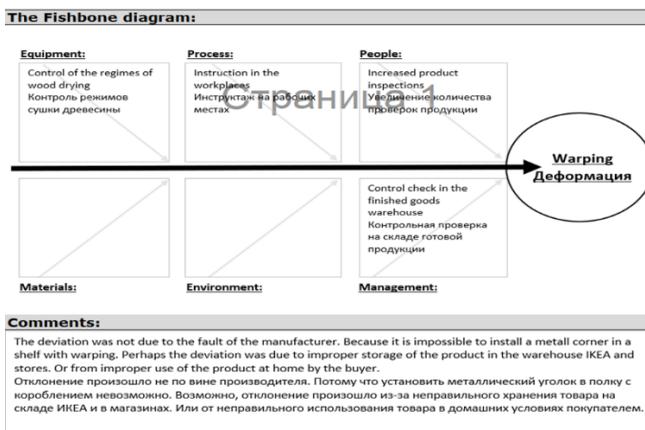


Рис. 2 Причинно-следственная диаграмма

Совместно с инструментом «Рыбья кость», чтобы раскрыть и исследовать причины брака на производстве/проблемы, создать корректирующие действия используется инструмент «5 WHY (Почему?)». Результаты исследований фиксируются в 8D отчетах по качеству. [3].

Гистограмма

Инструмент, позволяющий зрительно оценить закон распределения статистических данных. А также возможности количественно оценить стабильность процессов в работе с ежегодными

планами APL (мероприятия, направленные на улучшение качества на финансовый год) с поставленными целями в процентах и показателями достижения поставленной цели по периодам (в неделях).

Ниже на (Рис. 3) представлена таблица инструмента «5 WHY?».

5 WHY 2H tool:						
REASON	WHY	WHY	WHY	WHY	WHY	HOW
Warping of IVAR shelf Деформация полки ИВАР	Possible lack of air humidifiers in warehouses of DC and stores Возможное отсутствие увлажнителей воздуха на складах ДЦ и магазинах			revealed in March 2023 раскрыто в марте 2023 г.		STO

Рис. 3 Инструмент «5 WHY?»

Рассмотрим на (Рис. 4) показатель качества по неделям, как принято это в ИКЕА.

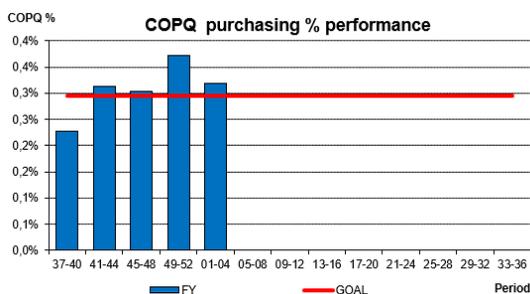
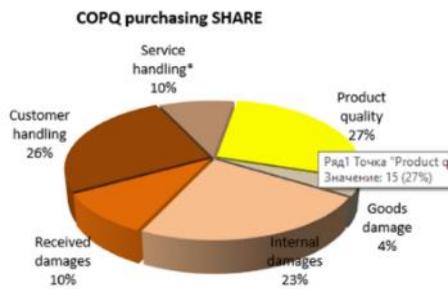


Рис. 4 Показатель качества по неделям

Ниже на (Рис.5) таблица с диаграммой по дефектам изделий в магазинах ИКЕА.



COPQ %		37-40	41-44	45-48	49-52	01-04	05-08	09-12	13-16	17-20	21-24	25-28	29-32	33-36	ACC
Code 25	Product quality	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%					0.1%
Goods dam	Goods damage	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%					0.0%
Code 390	Internal damages	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.0%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%					0.1%
Code 391	Received damage	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%					0.0%
Code 85.4	Customer handling	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%					0.1%
Code 15.01	Service handling	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%					0.0%
Scrap	Scrapped goods	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%					0.0%
Code 250	Returned goods	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.3%					0.0%
Code 00325	Change mind	0.6%	0.4%	0.6%	0.6%	0.4%	0.5%	0.5%	0.5%	0.6%					0.5%
Code 80325	Sales error	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%					0.0%
COPQ % PURCHASING		0.3%	0.3%	0.3%	0.3%	0.4%	0.3%	0.4%	0.3%	0.3%					0.3%

Рис. 5 Таблица дефектов изделий

Эффективный менеджмент с управлением качеством на производстве позволяет реализовать поставленные цели и достичь высоких результатов на рынке, которые создаются материальной базой и человеческим фактором. Потому как, затруднительно выпускать продукцию, имея только оборудование, материалы и рабочий персонал. Для поддержания конкурентоспособности товаров и услуг на рынке необходимо ещё организовать работу и наладить управление качеством с помощью методов обеспечения качества продукции. [4].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сазонов И.Д. Nonlinear iterative precoding algorithm for MIMO multiuser systems / И.Д. Сазонов, Д.А. Воробьев //
2. Кулева, Н. И. Место квалитологии в системе менеджмента качества машиностроительных предприятий / Н. И. Кулева, А. С. Степанов, А. В. Старостин // Вестник Вологодского государственного университета. Серия: Технические науки. – 2021. – № 3(13). – С. 59-62.
3. Степанов, А. С. Управление качеством : учебно-методическое пособие / А. С. Степанов, А. В. Старостин, Н. И. Кулева. – Вологда : Вологодский государственный университет, 2022. – 59 с. – EDN ODKNDY.
4. Вопросы обеспечения и контроля качества продукции первичной обработки отходов / А. Н. Сигов, А. В. Старостин, Н. И. Кулева, Д. А. Богданов // Современные наукоемкие технологии. – 2022. – № 2. – С. 116-120. – DOI 10.17513/snt.39045. – EDN TTNGMR.
5. Кулева, Н. И. Место квалитологии в системе менеджмента качества машиностроительных предприятий / Н. И. Кулева, А. С. Степанов, А. В. Старостин // Вестник Вологодского государственного университета. Серия: Технические науки. – 2021. – № 3(13). – С. 59-62. – EDN OOAAKF.

ГИБРИДНЫЕ УСТАНОВКИ ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН

В последние годы, в связи с растущей проблемой загрязнения окружающей среды, все больше внимания уделяется разработке гибридных энергоустановок для транспортных средств. Гибридные энергоустановки представляют собой сочетание двух или более различных источников энергии, которые работают вместе, чтобы обеспечить более эффективное и экологически чистое передвижение [4].

Одной из самых распространенных форм гибридной энергоустановки является гибридный электромотор. Это сочетание двигателя внутреннего сгорания и электрического двигателя, который работает на батареех. Этот тип энергоустановки позволяет автомобилю использовать электрическую энергию в городе, где большая часть движения происходит с низкой скоростью, и переключаться на двигатель внутреннего сгорания на трассе или при высоких скоростях, когда электрический двигатель не так эффективен.

Другой тип гибридной энергоустановки - это гибридный дизель. Этот тип энергоустановки сочетает двигатель внутреннего сгорания с электрическим двигателем и батареей. Дизельный двигатель является более эффективным, чем бензиновый, и имеет более высокий крутящий момент, что делает его идеальным для использования в тяжелых грузовых автомобилях. Электрический двигатель уменьшает расход топлива и выбросы вредных веществ в городском трафике, а также может использоваться в качестве дополнительного источника мощности для повышения крутящего момента при перегрузках или на горных дорогах [2].

Наконец, гибридные энергоустановки могут быть разработаны для использования более экологически чистых топлив, таких как водород или биотопливо. Эти энергоустановки могут иметь двигатель внутреннего сгорания, который работает на водороде или биотопливе, и электрический двигатель, который работает на батареях. В результате это может значительно сократить выбросы вредных веществ и уменьшить зависимость от нефтепродуктов.

Кроме того, гибридные энергоустановки могут быть дополнены системой рекуперации энергии торможения. Эта система использует кинетическую энергию, которая обычно теряется при торможении, и преобразует ее в электрическую энергию, которая затем может быть использована для зарядки батарей или питания электрического двигателя. Это уменьшает расход топлива и выбросы вредных веществ, особенно в городском движении, где торможение происходит часто.

В целом, гибридные энергоустановки представляют собой эффективный и экологически чистый способ передвижения. Они могут значительно уменьшить расход топлива и выбросы вредных веществ, а также уменьшить зависимость от нефтепродуктов. Кроме того, гибридные энергоустановки могут быть разработаны для использования различных источников энергии, что позволяет адаптировать их под различные условия эксплуатации.

Однако, гибридные энергоустановки все еще имеют свои недостатки. Они могут быть более дорогостоящими в производстве и требуют более сложной технической обслуживания, чем обычные двигатели. Кроме того, электрические батареи имеют ограниченный ресурс и требуют специальной утилизации.

В целом, гибридные энергоустановки являются обещающей технологией, которая может существенно улучшить экологическую ситуацию в транспортной отрасли. Однако, необходимо продолжать исследования и разработки в этой области, чтобы улучшить их эффективность и уменьшить затраты на их производство и эксплуатацию.

Кроме того, одним из главных преимуществ гибридных энергоустановок является их гибкость. Так, в зависимости от условий эксплуатации, можно выбрать оптимальный режим работы энергоустановки. Если, например, требуется большая мощность, то можно использовать двигатель внутреннего сгорания, а если нужна экономия топлива, то можно переключиться на электрический двигатель. Таким образом, гибридные энергоустановки могут быть настроены под конкретные условия эксплуатации, что позволяет улучшить их эффективность.

Существует несколько типов гибридных энергоустановок, в зависимости от способа комбинирования двух или более источников энергии. Например, параллельная гибридная система использует как двигатель внутреннего сгорания, так и электрический двигатель для привода колес. При этом двигатель внутреннего сгорания может работать в паре с электрическим двигателем или независимо от него. Серийная гибридная система использует только электрический

двигатель для привода колес, а двигатель внутреннего сгорания работает только для зарядки батарей. Также существует комбинированная гибридная система, которая использует оба способа комбинирования.

Можно сказать, что гибридные энергоустановки транспортных машин представляют собой эффективное и экологически чистое решение, которое может существенно улучшить ситуацию в транспортной отрасли. Однако, необходимо продолжать исследования и разработки в этой области, чтобы дальше улучшать их эффективность и уменьшить затраты на их производство и эксплуатацию [5].

Одним из основных преимуществ гибридных энергоустановок является снижение выбросов вредных веществ в атмосферу. Двигатели внутреннего сгорания, которые приводят в движение большинство современных транспортных средств, являются источником выбросов углекислого газа, оксидов азота и других вредных веществ.

Использование электрических двигателей в гибридных энергоустановках позволяет существенно сократить количество выбросов и повысить экологическую чистоту транспорта [6].

Еще одним преимуществом гибридных энергоустановок является экономия топлива. Это достигается за счет использования электрических двигателей в режимах, когда требуется меньшая мощность, например, при движении в городском режиме. Также, при торможении или спуске с горы, электрический двигатель может работать в режиме генератора, заряжая батареи. Это позволяет существенно снизить расход топлива и повысить эффективность использования энергии [3].

Гибридные энергоустановки также могут быть полезны при снижении шумового загрязнения в городах. Электрический двигатель в гибридной энергоустановке работает более тихо, чем двигатель внутреннего сгорания, что может снизить уровень шума, создаваемого транспортными средствами.

Однако, гибридные энергоустановки также имеют и некоторые недостатки. Например, они могут быть дороже, чем обычные энергоустановки, из-за использования более сложной технологии и более дорогих компонентов, таких как батареи. Также, гибридные энергоустановки могут быть менее надежными и требовать более тщательного обслуживания, чем обычные энергоустановки.

В целом, гибридные энергоустановки транспортных машин представляют собой эффективное решение, которое может существенно улучшить экологическую ситуацию в транспортной отрасли.

Области применения гибридных энергоустановок транспортных машин также постоянно расширяются. В настоящее время они используются в автомобилях, автобусах, грузовиках, поездах и даже самолетах. С развитием технологий, гибридные энергоустановки становятся все более доступными и надежными.

Кроме того, гибридные энергоустановки являются одним из шагов на пути к более экологически чистому транспорту. Более дальновидные компании уже начали переходить на использование электрических машин и гибридных энергоустановок, и этот тренд, вероятно, будет продолжаться в будущем.

В заключение, гибридные энергоустановки транспортных машин представляют собой перспективное решение для снижения вредного воздействия на окружающую среду, снижения расходов на топливо и уменьшения шумового загрязнения в городах. Несмотря на некоторые недостатки, такие как более высокая стоимость и сложность технического обслуживания, гибридные энергоустановки имеют все большее количество применений и являются важным шагом на пути к экологически чистому транспорту [1].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Соснина Е.Н., Маслеева О.В., Крюков Е.В. Сравнительная экологическая оценка установок нетрадиционной энергетики // Теплоэнергетика. 2015. № 8. С. 3–10.
2. Васильев В. Надежды экологов // Автомобильный транспорт. 2007. № 9. С. 50–55.
3. Маховичный С.Г. рекуператор энергии // Холодильная техника и кондиционирование. 2010. № 1. С. 31–34.
4. Соколов В.С., Красных О.В., Косторный Г.В. Использование маховиков на транспорте // Ученые записки. Электронный научный журнал Курского государственного университета. 2009. № 4 (12). С. 12–16.
5. Устройство и принцип работы гибридных автомобилей [Электронный ресурс]. Систем. требования: Веб-браузер. URL:<https://pro-sensys.com/info/articles/obzornye-stati/ustroystvo-i-printsip-raboty-gibridnykh-avtomobiley/> (дата обращения: 28.04.2023)
6. Шевченко А.С., Дуганова Е.В. Значение электронных систем управления двигателем автомобиля для экологии / Проблемы функционирования систем транспорта: сб. материалов научно—практической конф. студентов, аспирантов и молодых ученых // Тюменский индустриальный университет. (Тюмень, 2—4 декабря 2020 г.), Тюмень: Изд—во ТИУ, 2020. С. 337-339.

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ МАШИН И МАШИННЫХ АГРЕГАТОВ

Энергосбережение машин и машинных агрегатов – это процесс оптимизации работы механизмов, направленный на уменьшение потребления энергии без ущерба для их производительности. Такой подход имеет не только экологическую, но и экономическую ценность, поскольку позволяет сократить расходы на энергию и повысить конкурентоспособность предприятий[1].

Существует множество способов повышения энергоэффективности машин и машинных агрегатов. Вот некоторые из них:

1. Использование высокоэффективных двигателей. Современные моторы, работающие на более чистых топливах, таких как природный газ, биотоплива и электричество, потребляют меньше энергии и имеют более высокую производительность.

2. Установка систем энергосбережения. Это могут быть системы рекуперации тепла, обратного осмоса, конденсации паров и др. Они позволяют использовать отходящую энергию для обогрева и охлаждения помещений, генерации электричества и других целей.

3. Оптимизация процессов. Это может включать изменение рабочего режима, уменьшение скорости вращения, применение смазочных материалов и многие другие методы, которые могут снизить энергопотребление машин.

4. Использование современных материалов и технологий. Новые материалы, такие как композитные материалы и наноматериалы, а также новые технологии, такие как 3D-печать и смешивание материалов, могут существенно повысить эффективность механизмов и снизить их потребление энергии.

5. Обучение персонала. Важно не только установить системы энергосбережения и применить новые технологии, но и обучить персоналу, как их использовать и настраивать. Это может включать проведение тренингов, подготовку инструкций и регулярную проверку эффективности систем.

В целом, энергосбережение машин и машинных агрегатов является важной задачей для любой компании, занимающейся производством

или эксплуатацией механизмов, поскольку позволяет не только уменьшить затраты на энергию, но и повысить конкурентоспособность на рынке, уменьшить вредное воздействие на окружающую среду и улучшить условия работы сотрудников [5].

Одним из примеров компаний, успешно занимающихся энергосбережением машин и машинных агрегатов, является производитель грузовых автомобилей Scania. Они интенсивно работают над созданием более эффективных и экологичных двигателей, а также устанавливают на свои транспортные средства системы автоматической остановки двигателя, что позволяет существенно снизить потребление топлива.

Кроме того, существуют государственные программы, направленные на стимулирование энергосбережения машин и машинных агрегатов. Например, в некоторых странах предоставляются налоговые льготы и гранты на установку систем энергосбережения и использование экологически чистых технологий[2].

Можно сказать, что энергосбережение машин и машинных агрегатов – это важный шаг на пути к более экологичной и эффективной промышленности. Современные технологии и подходы к оптимизации работы механизмов позволяют не только снизить затраты на энергию, но и увеличить конкурентоспособность компаний и улучшить экологическую ситуацию в мире [7].

Для достижения энергосбережения в машинах и машинных агрегатах необходимо использовать различные методы. Например, можно снизить расход топлива путем улучшения технологий сжигания, использования более легких и прочных материалов для конструкции машин, а также путем уменьшения сопротивления воздуха.

Еще один способ сэкономить энергию - это использование регенеративных тормозных систем, которые позволяют восстанавливать энергию при торможении и использовать ее для питания электрических устройств в машине. Также энергосбережение может быть достигнуто путем уменьшения времени простоя машин и оптимизации режимов работы машинных агрегатов.

Однако, чтобы успешно внедрить энергосберегающие технологии в машины и машинные агрегаты, необходимо провести комплексную аналитическую работу и выбрать наиболее эффективные способы сбережения энергии для конкретного вида машины и учитывая ее специфические требования.

Также следует учитывать, что энергосбережение машин и машинных агрегатов может потребовать значительных инвестиций и затрат на разработку и внедрение новых технологий. Однако, такие

инвестиции могут окупиться в будущем за счет снижения расходов на топливо и увеличения производительности машин.

В целом, энергосбережение машин и машинных агрегатов - это ключевой фактор для повышения эффективности и экономической конкурентоспособности промышленности, а также для улучшения экологической ситуации в мире. Это сложный процесс, требующий серьезных аналитических и инженерных усилий, но результаты оправдывают все затраты.

Кроме того, энергосбережение также помогает уменьшить выбросы вредных веществ в атмосферу, что положительно влияет на экологическую ситуацию в мире. Сокращение выбросов вредных веществ способствует борьбе с изменением климата и улучшению качества воздуха в городах.

Важным аспектом энергосбережения в машинах является использование электромобилей и гибридных автомобилей, которые могут существенно снизить расход топлива и выбросы вредных веществ. Сегодня уже существуют эффективные электромобили, которые позволяют проехать не менее 400 км на одном заряде и заряжаться на общественных станциях, что делает их более доступными для потребителей [6].

Помимо этого, необходимо обратить внимание на использование возобновляемых источников энергии для питания машин и машинных агрегатов. Использование солнечных и ветровых электростанций может позволить существенно сократить зависимость от ископаемых топлив и снизить негативное воздействие на окружающую среду.

Важно обратить внимание на обучение и повышение квалификации специалистов в области энергосбережения. Все больше компаний вкладывают средства в исследования и разработку новых технологий, но для успешного внедрения этих технологий в массовое производство необходимы квалифицированные специалисты.

Энергосбережение машин и машинных агрегатов - это важный фактор для повышения эффективности и экономической конкурентоспособности промышленности, а также для борьбы с изменением климата и улучшения качества воздуха. Правильно реализованные программы по энергосбережению могут не только сэкономить деньги, но и способствовать экологической устойчивости и улучшению качества жизни на планете.

Так же, энергосбережение в машинах и машинных агрегатах - это сложный, но важный процесс, который требует совместных усилий со стороны правительств, промышленности и потребителей. Каждый из нас может сделать свой вклад в снижение расхода энергии, выбросов

вредных веществ и борьбу с изменением климата, выбирая более эффективные автомобили и рационально используя их [3].

Правительства могут помочь, предоставляя налоговые льготы и другие стимулы для производителей автомобилей, чтобы они могли сделать свою продукцию более эффективной и экологически чистой. Кроме того, правительства могут установить более жесткие нормы выбросов вредных веществ и расхода топлива, чтобы стимулировать производителей к разработке более эффективных и экологически чистых автомобилей.

Промышленность может помочь, инвестируя в исследования и разработку новых технологий, направленных на снижение расхода топлива и выбросов вредных веществ. Также важно повышать квалификацию специалистов и содействовать внедрению этих технологий в производство.

Наконец, потребители могут помочь, выбирая более эффективные и экологически чистые автомобили, следуя рациональному режиму эксплуатации и регулярно производя техническое обслуживание. Также можно использовать общественный транспорт или велосипеды, если это возможно, чтобы снизить количество автомобилей на дорогах и выбросов вредных веществ в атмосферу.

В целом, энергосбережение в машинах и машинных агрегатах - это долгосрочный процесс, который потребует совместных усилий со стороны всех заинтересованных сторон. Однако, если будут предприняты соответствующие меры, мы можем снизить расход энергии и вредных выбросов, сохранить ресурсы нашей планеты и обеспечить экологическую устойчивость для будущих поколений [4].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Киршенбаум В.Я. Механотермическое формирование поверхностей трения. - М.: Машиностроение, 1987. - 230 с.
2. Санин П.И., Шепелева Е.С., Мянник А.О. и др. Химическая модификация поверхностей трения. Сб. Новое о смазочных материалах. Изд-во «Химия», 1967. 60 с
3. Буше Н.А, Копытко В.В. Совместимость трущихся поверхностей. - М: Наука, 1981. 233 с.
4. “Избирательный перенос в тяжело нагруженных узлах трения. – Под ред. Гаркунова Д.Н. Машиностроение, 1982. 207с.
5. Новые энергосберегающие технологии для автомобилей [Электронный ресурс]. Систем. требования: Веб-браузер. URL:

<https://ev-auto.ru/novye-energoberegayushhie-tehnologii-dlya-avtomobilej>
(дата обращения: 27.04.2023)

6. Энергосбережение в машиностроении [Электронный ресурс]. Систем. требования: Веб-браузер. URL: <https://studopedia.org/8-216651.html> (дата обращения: 29.04.2023)

7. Шевченко А.С., Дуганова Е.В. Значение электронных систем управления двигателем автомобиля для экологии / Проблемы функционирования систем транспорта: сб. материалов научно—практической конф. студентов, аспирантов и молодых ученых // Тюменский индустриальный университет. (Тюмень, 2—4 декабря 2020 г.), Тюмень: Изд—во ТИУ, 2020. С. 337-339.

УДК 626/627

Салихов Д.Д., Дьяконов Д.А., Явнюк В.А.

Научный руководитель: Овсянников Ю.Г., д-р техн. наук, проф.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

ЭНЕРГИЯ ВОЛН, КАК АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ ИСТОЧНИК ЭНЕРГИИ

В наши дни остро стоит вопрос об использовании альтернативных источников энергии, с целью снижения уровня загрязнения окружающей среды и в некоторых случаях экономии не возобновляемых источников энергии. В качестве альтернативного источника энергии может быть энергия морских волн. Так называемая волновая мощность Мирового океана оценивается в 2,7 млрд кВт, что составляет треть потребляемой в мире энергии. Средняя волна высотой 3 м несет примерно 90 кВт энергии на 1 м² побережья. В качестве конвертера энергии волны служит Волновая электростанция (ВЭС) – это электростанция, расположенная в водной среде, целью которой является получение электроэнергии из кинетической энергии волн. Схема ВЭС представлена на рисунке (рис. 1). Основные элементы волновых электростанций - это плавучие устройства, которые устанавливаются на морской поверхности и получают энергию от движения воды. Эта энергия передается на генератор, который преобразует ее в электрическую энергию. Затем эта энергия передается на береговую станцию через подводный кабель.

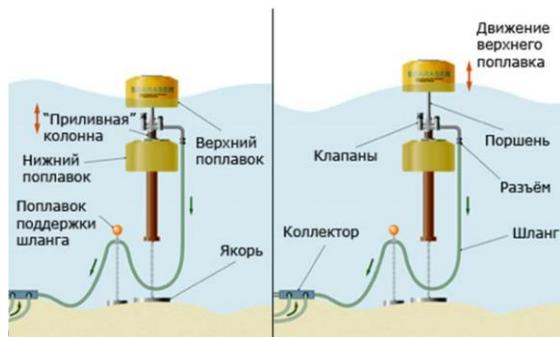


Рис. 1 Схема ВЭС

История.

Первая концепция использования энергии волн может восходить к 1799 году, когда француз Жирар подал заявку на патент на технологию использования энергии волн [1]. В 1910 году француз по имени Буссо Бе Ласек изобрел электростанцию, работающую на энергии волн, которая обеспечивала его здания электроэнергией мощностью 1000 ватт. Электростанция вырабатывала энергию с помощью пневматического волнового устройства, которое могло компрессором откачивать воздух за счет энергии колебаний волн и толкать поршень для совершения возвратно-поступательного движения, которое преобразовывалось во вращение турбины для выработки электроэнергии.

Первая коммерциализация устройств с волновой энергией.

В 1940-х годах японский изобретатель Есио Масуда провел ряд исследований по использованию энергии волн и вскоре изобрел новый тип устройства с колеблющимся водяным столбом для выработки энергии для навигационных буев [2]. Это новое устройство использовало энергию волн путем поглощения и сжатия воздуха для приведения в действие генератора для выработки электроэнергии. В 1965 году этот вид буев, заряженных энергией волн, был коммерциализирован и запущен в серийное производство. Эти продукты, номинальная мощность которых варьировалась от 60 Вт до 500 Вт, были популярны на японском рынке и экспортировались в различные страны. Это была первая успешная коммерциализация устройств, работающих на энергии волн/

При конвертации энергии волн в электрическую используются разные подходы. Некоторые устройства находятся под поверхностью воды, в то время как другие закреплены на дне океана. Другой метод

заключается в том, чтобы пропускать волны через узкий канал, где они приводят в действие турбину. Среди возобновляемых источников энергии плотность энергии волн самая высокая по сравнению с другими, такими как ветер, солнце, биомасса и геотермальная. Это означает, что волны обладают наибольшим потенциалом для того, чтобы внести важный вклад в мировую “устойчивость энергетического баланса”. При определении целесообразности размещения ВЭС в том или ином месте исходят из плотности приходящей энергии, т. е. ее значения на единицу длины волнового фронта. Например, на ряде прибрежных участков Японии этот показатель составляет до 40 кВт/ч волнового фронта.

Основная задача ВЭС, получение электроэнергии из морских волн, осуществляется за счет преобразования поступательного движения волны "вверх-вниз" во вращательное, для передачи непосредственно на вал электрогенератора с минимальным количеством промежуточных преобразований, при этом желательно, чтобы большая часть оборудования находилась на суше для простоты обслуживания.

Существуют следующие виды ВЭС:

- Поплавковые — производят энергию благодаря движению плавающего поплавка при поднятии его волной;
- Турбинные — благодаря вращению турбины, приводимой в действие воздухом, вытесняется волной из специальной камеры;
- Гидравлические — благодаря движению гидравлических поршней в конвертерах.

ВЭС обладает рядом недостатков. Актуальна проблема, связанная с тем, что при создании волновых электростанций штормовые волны гнут и сминают даже стальные лопасти водяных турбин. Поэтому приходится применять методы искусственного снижения мощности, отбираемой от волн.

Преимущества:

- Волновые электростанции могут выполнять роль волногасителей, защищая порты, гавани и берега от разрушения;
- Маломощные волновые электрогенераторы некоторых типов могут устанавливаться на стенках причалов, опорах мостов, уменьшая воздействие волн на них;
- Поскольку удельная мощность волнения на 1-2 порядка превышает удельную мощность ветра, волновая энергетика может оказаться более выгодной, чем ветровая.

Недостатки:

- С точки зрения социально-экономических проблем, волновая энергетика (а точнее некоторые типы генераторов) может привести к

вытеснению рыбаков из продуктивных рыбопромышленных районов и может представлять опасность для безопасного плавания.

Так, в патенте (RU, патент 2152535, опублик. 10.07.2000) [3] представлена ВЭС недостатком которой можно увидеть низкую эффективность. По описанию автора патента поплавковая ВЭС (ПЭВС) (рис. 2) имеет выходную мощность 3 кВт обладает суммарной массой 24 т, высоту 21 м и диаметр цилиндрической части 1,4 м.

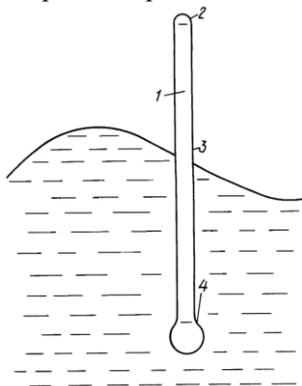


Рис. 2 Схема ПЭВС. 1 – корпус поплавка, 2 – капсула, цилиндрическая часть корпуса поплавка, 4 – нижняя сферическая часть поплавка.

Данные габариты ВЭС приводят к большим затратам на единицу выходной мощности в сравнении с иными генераторами электроэнергии. А ВЭС описанная в патенте (RU, патент 2037642, опублик. от 19.06.1995) [4], конструкция которой представляет собой ряд плавающих секций, скрепленных между собой на шарнирах с горизонтальными осями. Электроэнергия в данной ВЭС вырабатывается путем преобразования кинетической энергии движущихся волн при помощи вертикальных возвратно-поступательных движений, качающихся на волнах плавающих секций 1,2,3,5 (рис. 3).

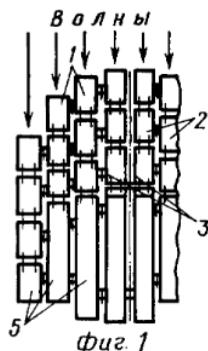


Рис. 3 Вид сверху

Минусами представленной ВЭС являются сложность её реализации и низкий КПД, не превышающий 40%, так как возвратно-поступательное движение преобразуется во вращательное с помощью шарнирно-рычажного механизма.

Значение среднего КПД Волновых ЭС находится в пределах 40-70%. Среди зарубежных исследований стоит обратить внимание на патент США №4931.662 [5], показывающий устройство (рис. 4) для преобразования энергии океанских волн в электричество, которое состоит из жесткой балки 46,48 с круглым поплавком 54 на одном конце, а другой конец соединен с гидравлическими или жидкостными насосами 42. Движение волн на поплавке создает гидравлику или жидкости под давлением, которые приводят в действие электрический генератор, который находится в помещении 70.

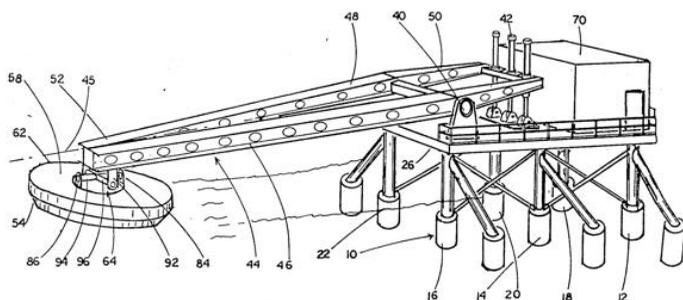


Рис. 4 Аксонометрический вид сверху.

В заключении важно сказать, что энергия волн обладает большим потенциалом. Океаны покрывают 71% Земли, что обеспечивает их

доступность. Энергия волн также имеет много различных положительных аспектов. Во-первых, энергия зеленая. Использование энергии волн не приводит к выделению вредных газов и может легко заменить энергию, которая это делает, например, при использовании ископаемого топлива. Во-вторых, энергия является возобновляемой. В-третьих, в энергии волн заложен невероятный потенциал. На каждый метр волны вдоль берега плотность энергии составляет от 30 до 40 кВт [6]. Научно-исследовательский институт электроэнергетики (EPRI) проанализировал потенциал, и только для США потенциал составляет около 2640 ТВтч / год вдоль края континентального шельфа. В-четвертых, энергия волн надежна. Солнечной энергии всегда необходим солнечный свет, а энергии ветра всегда нужен ветер для работы. Поскольку волны, по сути, всегда находятся в движении и никогда не прерываются, это надежный источник по сравнению с другими. Волновые электростанции обладают следующими преимуществами:

1. Энергия морской волны - это источник возобновляемой энергии, который не исчерпается.

2. Волновые электростанции не загрязняют окружающую среду и не выделяют вредных веществ.

3. Они могут работать круглосуточно и не зависят от погодных условий.

4. Они могут быть установлены на больших расстояниях от берега, что позволяет использовать большую площадь морской поверхности.

Недостатки использования ВЭС:

1. Высокая стоимость установки и эксплуатации волновых электростанций.

2. Необходимость установки на морской поверхности, что может создавать проблемы при сильных штормах.

3. Возможное воздействие на местные экосистемы и жизнь морских животных.

В целом, использование энергии морской волны является перспективным направлением в области возобновляемых источников энергии. Однако, для оптимального использования этого ресурса необходимо продолжать исследования и разработки в данной области.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Jonathan L. Ramseur, Curry L. Hagerty. Deepwater Horizon Oil Spill: Recent Activities and Ongoing Developments. Congressional Research Service. 7-5700. Report R42942. May 12, 2014. 16 p.

2. Kerr, Richard A. (13 August 2010). A Lot of Oil on the Loose, Not So Much to Be Found. *Science* 329. (5993): 734–5. Bibcode: 2010 Sci 329.734 K. doi: 10.1126/science.329.5993.734. PMID 20705818.

3. Пат. 2 152 535 Российская Федерация, МПК F03B 13/14 (2006.01). Волновая электростанция / Артамонов А.С. Заявл. 1996.08.06 : Оpubл. 2000.07.10. Текст: непосредственный.

4. Пат. 2 037 642 Российская Федерация, МПК F03B 13/16 (2006.01). ПОПЛАВКОВАЯ ВОЛНОВАЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ / Темеев А.А. Заявл. 1993.08.31 : Оpubл. 1995.06.19. Текст: непосредственный.

5. Пат. 4931.662 США, МПК F03B 13/12. WAVE ENERGY SYSTEM / Lawrence C. V. Filed: Mar. 6, 1989 Date of Patent: Jun. 5, 1990.

6. Овсянников Ю.Г., Киреев В.М. Аэрогидродинамика инженерных систем // Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2018. 105 С.

УДК 004.93'12

Салихов Д.Д., Дьяконов Д.А., Явнюк В.А.

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

ПРИМЕНЕНИЕ РОБОТОВ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ОТРАСЛИ

Роботы в сельском хозяйстве - это новое направление, которое активно развивается в последние годы. Они могут использоваться для автоматизации различных процессов, таких как посев, уборка урожая, полив и обработка почвы. Роботы позволяют увеличить производительность и качество работы, а также сократить затраты на трудовые ресурсы. Существуют следующие виды роботов в сельском хозяйстве:

1. Автономные тракторы - это роботы, которые могут работать на полях без участия человека. Они оснащены датчиками и камерами, которые позволяют им определять положение и форму почвы, а также распознавать растения и сорняки. Это позволяет им точно выполнять задачи, такие как посев и обработка почвы.

2. Дроны - это роботы, которые могут использоваться для мониторинга полей и оценки состояния растений. Они оснащены камерами и датчиками, которые позволяют им получать информацию о здоровье растений, наличии вредителей и заболеваний. Это позволяет

сельским хозяйственным предприятиям быстро реагировать на проблемы и принимать меры по их устранению.

3. Роботы-уборщики - это роботы, которые могут использоваться для сбора урожая. Они оснащены специальными инструментами, которые позволяют им собирать фрукты и овощи без повреждения их структуры. Это позволяет увеличить производительность и качество сбора урожая.

4. Роботы для полива - это роботы, которые могут автоматически поливать поля. Они оснащены датчиками влажности почвы, которые позволяют им определять необходимость полива. Это позволяет сократить затраты на трудовые ресурсы и воду.

5. Роботы для обработки почвы - это роботы, которые могут автоматически обрабатывать почву. Они оснащены инструментами, которые позволяют им выполнять задачи, такие как рыхление почвы, прополка и удобрение. Это позволяет увеличить производительность и качество работы.

В данной статье рассматривается роботизированный сбор урожая, роботы-уборщики (рис. 1).



Рис. 1 Роботизированный сбор урожая

Существует ряд исследований, посвященных роботам-уборщикам урожая. В одном из исследований рассматривается метод срывания яблока с использованием вакуумных присосок. Механическая рука имеет 4 присоски, которые деформируются по поверхности яблока. Выполнено определение параметров механической руки, а также проведены лабораторные испытания, показавшие, что вероятность успеха биометрического неразрушающего подбора яблок с наилучшим сочетанием параметров составляет 100%, 76% и 68% для трех различных положений роста яблок.

В следующей работе был разработан и протестирован прототип робота для сбора яблок. Робот был протестирован с использованием схемы сбора яблок "вращение-вытягивание". Показатель успешности сбора урожая по схеме "вращение-вытягивание" составил 47,37% в полевых условиях и 78% в условиях имитируемого сада, при продолжительности цикла сбора ≈ 4 с. Уровень повреждения стеблей в полевом саду составил 11,11%. Разработанный прототип сбора реализовал задачу сбора яблок, с конкурентоспособным малым временем цикла сбора урожая.

В одной из публикаций был разработан прототип интеллектуальной операции сбора плодов, которая состояла из интеллектуальной мобильной платформы, рычага подбора, захвата, поперечного скользящего устройства и систем управления. Программа управления системой и человеко-машинный интерфейс были запрограммированы с помощью Visual C++. Эксперименты с прототипом были проведены в фруктовом саду. Результаты показали, что этот робот может обеспечить автономную навигацию, независимую сборку и автономную работу по укладке в контейнеры. Скорость распознавания спелых плодов и успешность сбора достигли 81,73% и 86,92% соответственно, в то время как для сбора одного яблока требовалось в среднем 9,50 секунды.

Далее в статье разрабатывается робот для сбора фруктов. В конструкции робота используется механическая рука с 5 степенями свободы. Механическая рука оснащена захватом, изготовленным с использованием технологии искусственных мышц. Система бинокулярного зрения ZED 2 используется для получения пространственных координат для реализации позиционирования механической руки. Чтобы реализовать автоматическое распознавание и сбор клубники, в этой статье используется алгоритм yolov3 и проводится обучения нейронной сети.

В последней работе разработан мягкий захват для сбора урожая яблок, обеспечивающий зажим плода под постоянным давлением и предотвращающий его повреждение при соскальзывании захвата. Разработана механическая модель предлагаемого мягкого захвата с сервоприводом, основанная на сопоставлениях силы захвата, тягового усилия и крутящего момента сервопривода. Так же предлагается стратегия управления сервоприводом в режиме реального времени, позволяющая отслеживать относительное положение захвата и плода с помощью ультразвукового датчика, чтобы избежать повреждений от скольжения между плодом и пальцами захвата. Результаты

эксперимента показывают, что предлагаемый мягкий захват может захватывать и отделять яблоки не разрушая оболочку плода.

В ходе проведенного аналитического обзора исследований по роботизированным системам по сбору урожая различными способами, например, автоматизированное встряхивание, скручивание и срез плода. Роботизированные системы для сбора фруктов были оснащены техническим зрением, работающим на основе нейросетевых алгоритмов. В результате анализа были выявлены основные недостатки роботизированных систем для сбора урожая, такие как повреждение плода и ствола дерева, проблема транспортировки от захватного устройства до корзины для перевозки и проблема малого времени автономной работы робота. С учетом вышеизложенных недостатков было принято решение по модернизации роботизированной сборки урожая, путем использования подвижную платформу (рис. 2) для перемещения между деревьями и робота с параллельной структурой, оснащенного телескопическим звеном, к которому крепится захватное устройство, которое благодаря системы технического зрения распознает и далее отделяет плод.



Рис. 2 Роботизированная платформа для сбора урожая

Плод транспортируется в корзину для транспортировки фруктов по гибкой трубе, прикрепленной к захватному устройству, что экономит время транспортировки.

В целом, роботы в сельском хозяйстве представляют собой перспективное направление, которое может существенно улучшить производительность и эффективность работы в данной отрасли. Однако, необходимо учитывать технические и экономические особенности каждого конкретного случая, чтобы определить наиболее эффективное использование роботов в сельском хозяйстве.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Yonghyun P., Jaehwi S., Jeonghyeon P., Yuseung J. A novel end-effector for a fruit and vegetable harvesting robot: mechanism and field experiment // December 2022 Precision Agriculture 24(1).

2. Hongyu Z., Xing W., Wesley A., Hanwen K. Intelligent robots for fruit harvesting: recent developments and future challenges // October 2022 Precision Agriculture 23(5):1-52.

3. Madeline M., Yunjun X. Row Allocation Negotiation for a Fleet of Strawberry Harvesting Robots // May 2022 ASME Letters in Dynamic Systems and Control 2(3):1-9.

4. Liang-Bi C., Xiang-Rui H., Wei-Han C. Design and Implementation of an Artificial Intelligence of Things-Based Autonomous Mobile Robot System for Pitaya Harvesting // May 2023 IEEE Sensors Journal PP(99):1-1.

5. Ноздрачева А.В., Рыбак Л.А., Семенов А.В., Черкасов В.В. Перспективы использования нейронных сетей для анализа данных популяционных исследований в области инфекционной патологии // В книге: Инфекционные болезни в современном мире: эволюция, текущие и будущие угрозы. Сборник трудов XV Ежегодного Всероссийского Конгресса по инфекционным болезням имени академика В.И. Покровского. Москва, 2023. С. 163-164.

УДК 620.9:504

Сарбаева Я.И.

*Научный руководитель: Маслов И.Н., канд. техн. наук, доц.
Казанский государственный энергетический университет, г. Казань, Россия*

ВНЕДРЕНИЕ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ВИДОВ ТОПЛИВА, КАК ФАКТОР, ПОВЫШАЮЩИЙ ЭКОЛОГИЧЕСКУЮ БЕЗОПАСНОСТЬ В ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ

Современный мир сталкивается с проблемой экологической безопасности, вызванной использованием традиционных видов топлива. Это приводит к загрязнению окружающей среды и негативно

влияет на здоровье людей. В этом контексте внедрение альтернативных видов топлива становится важным фактором повышения экологической безопасности в топливно-энергетическом комплексе.

Одним из наиболее перспективных альтернативных видов топлива является биотопливо (рис. 1). Биотопливо производится из растительных и животных отходов, что позволяет снизить объемы выбросов углекислого газа в атмосферу. Кроме того, производство биотоплива может стать дополнительным источником дохода для сельскохозяйственных предприятий.



Рис. 1 Биотопливо

Еще одним альтернативным видом топлива является водород. Водород не содержит углерода и не выделяет вредных веществ при сгорании, что делает его идеальным для использования в автомобилях и других транспортных средствах. Однако, производство водорода требует больших затрат энергии, что делает его дорогим.

Солнечная и ветровая энергия также являются альтернативными видами топлива, которые могут быть использованы для генерации электроэнергии. Эти виды топлива не загрязняют окружающую среду и не требуют добычи и транспортировки, что делает их экономически выгодными в долгосрочной перспективе.

Несмотря на все перспективы альтернативных видов топлива, их внедрение необходимо проводить постепенно и с учетом всех факторов. Например, использование биотоплива может привести к конкуренции за земельные ресурсы между производителями продуктов питания и производителями биотоплива. Кроме того, внедрение новых технологий требует значительных инвестиций и изменения инфраструктуры.

Внедрение альтернативных видов топлива является важным фактором, повышающим экологическую безопасность в топливно-

энергетическом комплексе. Это связано с тем, что традиционные виды топлива, такие как нефть, газ и уголь, являются источниками выбросов вредных веществ в атмосферу, что негативно сказывается на окружающей среде и здоровье людей.

Альтернативные виды топлива, такие как биотопливо, солнечная энергия, водород и другие, имеют ряд преимуществ перед традиционными видами топлива. Они более экологичны, поскольку не выбрасывают вредные вещества в атмосферу, что позволяет снизить уровень загрязнения окружающей среды и улучшить качество жизни населения.

Кроме того, альтернативные виды топлива могут быть более экономически эффективными в долгосрочной перспективе, поскольку они могут быть произведены из более доступных и дешевых источников энергии, таких как солнечная и ветровая энергия.

Однако, внедрение альтернативных видов топлива также имеет свои сложности. Например, производство биотоплива может привести к конкуренции с использованием земли для производства продовольствия, что может повысить цены на продукты питания.

Инфраструктура для производства и использования альтернативных видов топлива может быть дорогостоящей и требовать значительных инвестиций. В целом, внедрение альтернативных видов топлива является важным фактором, повышающим экологическую безопасность в топливно-энергетическом комплексе.

Для успешного внедрения альтернативных видов топлива необходимо учитывать как экономические, так и экологические аспекты и разрабатывать комплексные стратегии, которые учитывают все факторы и обеспечивают максимальную эффективность и безопасность.

Правительства могут содействовать внедрению альтернативных видов топлива путем создания стимулов для инвестирования в эту область, субсидирования производства и использования альтернативных видов топлива, а также регулирования рынка энергетических ресурсов.

В общем, внедрение альтернативных видов топлива является важным шагом в направлении более экологически безопасного и устойчивого развития. Однако, это требует согласованного и комплексного подхода со стороны всех заинтересованных сторон, чтобы обеспечить максимальную эффективность и безопасность.

В заключении можно сказать, что внедрение альтернативных видов топлива является важным фактором повышения экологической безопасности в топливно-энергетическом комплексе. Однако, этот

процесс должен проводиться постепенно и с учетом всех факторов, чтобы избежать негативных последствий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Марьин Г.Е., Осипов Б.М., Ахметшин А.Р., Горлов А.Н. Влияние водородного топлива на работу газотурбинной установки при работе на оптовом рынке электрической энергии и мощности // Международный технико-экономический журнал. 2022. № 1. С. 17-26. DOI 10.34286/1995-4646-2022-82-1-17-26. EDN СМΥRKA.

2. Марьин Г.Е., Осипов Б.М., Ахметшин А.Р., Савина М.В. Добавление водорода к топливному газу для повышения энергетических характеристик газотурбинных установок // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2021. Т. 25. № 3(158). С. 342-355. DOI 10.21285/1814-3520-2021-3-342-355. EDN RCIJEG.

3. Осипов Б.М., Титов А.В., Хамматов А.Р. Инструментальная среда исследования газотурбинных установок // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. 2009. № 1. С. 22-25. EDN KPSXOT.

4. Гафуров А.М., Осипов Б.М., Титов А.В., Гафуров Н.М. Программная среда для проведения энергоаудита газотурбинных установок // Энергетика Татарстана. 2015. № 3(39). С. 20-25. EDN UJZEYR.

5. Соловьев И.С., Валиев Р.И., Нугманов Д.Ф. и др. Применение мобильных мини-ТЭЦ с ГТУ как важный фактор освоения труднодоступных территорий России // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований: Материалы IV Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 4-х частях, Комсомольск-на-Амуре, 12–16 апреля 2021 года. Том Часть 2. Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2021. С. 172-175. EDN ERBLBC.

6. Тимофеева С. С. Мингалеева Г.Р. Перспективы использования торфа в региональной энергетике / С. С. Тимофеева, // Известия Томского политехнического университета. 2014. Т. 325. № 4. С. 46-55. EDN TEUBXH.

7. Афанасьева О.В., Мингалеева Г.Р., Добронравов А.Д., Шамсутдинов Э.В. Комплексное использование золошлаковых отходов // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2015. № 7-8. С. 26-36. EDN UYCP TJ.

8. Mingaleeva G. R. On the mechanism of a helical motion of fluids in regions of sharp path bending // Technical Physics Letters. 2002. Vol. 28. No. 8. P. 657-659. DOI 10.1134/1.1505541. – EDN LHGBUT.

9. Афанасьева О.В., Галькеева А.А., Вафин А.Р., Мингалеева Г.Р. Региональные аспекты использования угля на объектах малой распределенной энергетики // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2017. Т. 19. № 9-10. С. 85-93. EDN YPSXVG.

УДК 681.522

Сарьян З.Р.

*Научный руководитель: Шарафутдинова Г.М., канд. техн. наук, доц.
Уфимский государственный нефтяной технический университет,
г. Уфа, Россия*

УЛУЧШЕНИЕ УСЛОВИЙ ТРУДА И КАЧЕСТВА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПУТЕМ ВНЕДРЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ГАЛЬВАНИЧЕСКОЙ ЛИНИИ

Важную роль в решении задачи по повышению срока службы металлопродукции играют защитные покрытия, использование которых позволяет увеличить стойкость и долговечность стальных изделий и является одним из эффективных путей снижения потерь металла от коррозии [1]. Нанесение гальванопокрытий – это сложный технологический процесс, включающий в себя применение различных химических веществ и деталей разного веса и конфигурации.

В процессе работы существует опасность поражения работников электрическим током, так как происходит электрохимическая реакция. Кроме того, работники могут подвергаться воздействию опасных и вредных химических веществ, что зависит от многих факторов, включая физико-химические свойства веществ, их агрегатное состояние, класс опасности, время и характер воздействия, пути поступления вещества в организм, состояния организма и наличия других вредных факторов. Для защиты от негативных последствий работникам необходимо использовать средства индивидуальной защиты.

Качество и безопасность технологических процессов зависит от характера труда. Внедрение автоматизации и комплексной механизации производственных процессов уменьшает непосредственный контакт работающих с вредными химическими веществами и составами электролитов. Также автоматизация технологических процессов

ограничивает поднятие вручную тяжелых и сложных по конфигурации деталей, что позволит снизить тяжесть трудового процесса.

Автоматизированные гальванические линии могут использоваться для оснащения крупносерийного и массового производства, где их применение будет способствовать снижению себестоимости, повышению качества изделий и высокому уровню автономной работы.

Для изготовления узлов автоматизированных гальванических линий используют химически стойкие пластики (полипропилен, полиэтилен, поливинилхлорид, хлорированный поливинилхлорид или поливинилиденфторид) и металлы (титан, нержавеющая и углеродистая сталь с коррозионностойким покрытием).

В работе был проведен сравнительный анализ различных линий автоматизации гальванических процессов. Выявлены их преимущества и недостатки.

Для повышения качества работ и улучшения условий труда на гальваническом производстве может быть применена автоматизированная линия для электротехнического нанесения покрытий (патент RU2202008C2 [2]). Линия имеет транспортер для перемещения деталей, индивидуальные токоподводы к обрабатываемым деталям с системой регулировки силы тока, пневмосистему сжатого воздуха. Достоинствами данной линии автоматизации является то, что она может быть использована для электрохимической обработки и электролитического нанесения покрытий. Недостатком является стационарность линии и негерметичность ванн.

Также существует способ химической обработки и гальванического нанесения покрытия на детали и автоматическая камера осуществления этого способа (патент RU2771126C2 [3]). Выполнение всех операций в ваннах, при использовании данного способа, осуществляют без переноса деталей, растворы последовательно подаются в ванны. Достоинством данного способа является уменьшение размеров и количества оборудования, соответственно уменьшение площади выбросов вредных веществ. Недостатками являются повышение времени технологического процесса, риск образования некачественного состава гальванического раствора в связи с возможным наличием остатков предыдущего раствора на стенках ванны, оборудование предусмотрено только для химического покрытия.

В результате анализа был сделан вывод, что наиболее эффективной, с точки зрения повышения качества процессов и улучшения условий труда работников, является автоматическая линия

для гальванических покрытий и технохимической обработки (патент RU2212477C2 [4]). Достоинствами данной линии являются: герметичность ванн, и, таким образом, уменьшение выбросов токсичных химических веществ в воздух рабочей зоны, возможность взаимной перестановки секции ванн, выноса любой секции ванн из линий для ремонта или замены вышедших из строя ванн, а также замены любой нижней части ванны с раствором в процессе работы без остановки линии.

Применение автоматизированной гальванической линии позволит повысить производительность технологических процессов, защитить работников от вредных и опасных производственных факторов, улучшить условия труда и повысить безопасность труда.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Проскурин Е.В., Попович В.А., Мороз А.Т. Цинкование. Справочник. Москва.: Металлургия, 1988, 528 с.
2. Федеральный институт промышленной собственности. [Электронный ресурс]. URL: <https://www1.fips.ru/iiss/document.xhtml?faces-redirect=true&id=acba5c5baaebf391e4d7d1d06e6dee39>
3. Федеральный институт промышленной собственности. [Электронный ресурс]. URL: <https://www1.fips.ru/iiss/document.xhtml?faces-redirect=true&id=5e7f9adfa04f4335c4e2734d3eb80872>
4. Google. Патенты. [Электронный ресурс]. URL: <https://patents.google.com/patent/RU2212477C2/ru>

УДК 62.519

Степанова Е.В.

*Научный руководитель: Коркишко А.Н, канд. техн. наук
Тюменский Индустриальный Университет, г. Тюмень, Россия*

ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РОБОТИЗИРОВАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПРОЦЕССЕ ОБУСТРОЙСТВА МЕСТОРОЖДЕНИЯ

В последние годы роботизированные технологии стали все более популярными в различных отраслях промышленности. Одной из сфер, где использование роботов может оказаться особенно эффективным,

является обустройство месторождений. В данной статье будет рассмотрена возможность применения роботизированных технологий при процессе обустройства месторождения. Будут рассмотрены преимущества данного подхода, а также его потенциальные ограничения и недостатки. Также будут рассмотрены примеры успешного использования роботизированных технологий в этой сфере и перспективы их дальнейшего развития.

Роботизированные технологии могут быть применены при процессе обустройства месторождения для автоматизации и ускорения некоторых задач. Например:

1. Разведка месторождения. Для получения данных о геологической структуре месторождения могут быть применены беспилотные летательные аппараты (дроны) с датчиками, которые собирают информацию о поверхности и подземных слоях.

2. Строительство инфраструктуры. Роботы-строители могут использоваться для возведения зданий, сооружений и дорог на месторождении. Это позволит ускорить процесс строительства и уменьшить риски для рабочих.

3. Осмотр и ремонт оборудования. Для осмотра и ремонта нефтяного оборудования на месторождении могут быть использованы роботы-инспекторы, которые могут проверять состояние оборудования и проводить ремонтные работы без участия человека.

4. Охрана месторождения. Беспилотные автомобили и дроны могут использоваться для обеспечения безопасности на месторождении. Они могут производить патрулирование территории и обнаруживать нарушения безопасности.

5. Мониторинг окружающей среды. Роботизированные системы могут использоваться для мониторинга загрязнения воздуха, воды и почвы на месторождении. Они могут собирать данные и передавать их на центральный сервер для анализа [1].

Однако, следует учитывать, что роботизированные технологии требуют значительных инвестиций и специализированных знаний для их разработки и эксплуатации. Кроме того, не все задачи могут быть выполнены роботами, и некоторые задачи всегда будут требовать участия человека.

Преимущества применения роботизированных технологий при процессе обустройства месторождения:

1. Увеличение безопасности: Роботы могут выполнять опасные и трудоемкие задачи, которые могут представлять угрозу для здоровья и жизни людей.

2. Улучшение качества работ: Роботы могут выполнять задачи более точно и эффективно, чем человек, что может привести к повышению качества работ на месторождении.

3. Сокращение времени выполнения задач: Роботы могут работать круглосуточно без необходимости отдыха, что может сократить время выполнения задач.

4. Снижение затрат: Использование роботов может снизить затраты на оплату труда, а также уменьшить количество ошибок и повторных работ.

Ограничения и недостатки применения роботизированных технологий при процессе обустройства месторождения:

1. Высокая стоимость: Роботизированные системы могут быть очень дорогими, что может быть препятствием для их внедрения на месторождении.

2. Ограниченность функционала: Роботы могут выполнять только определенные задачи, их функционал может быть ограничен.

3. Проблемы с обслуживанием и ремонтом: Роботы требуют технического обслуживания и ремонта, что может вызвать проблемы в случае отсутствия квалифицированных специалистов на месторождении.

4. Необходимость переподготовки персонала: Внедрение роботизированных систем может потребовать переподготовки персонала, что может быть затратным и затратным по времени процессом [2].

Примеры успешного использования роботизированных технологий для обустройства месторождения:

1. Бурение скважин: компании, такие как Nabors Industries и Precision Drilling, используют автоматизированные буровые установки для повышения эффективности и безопасности процесса бурения.

2. Операции по добыче: Rio Tinto использует автономные грузовики для перевозки руды на своих шахтерских месторождениях, что позволяет снизить затраты на труд и повысить производительность [3].

3. Инспекция и обслуживание: компания GE Oil & Gas использует роботов-инспекторов для осмотра и обслуживания нефтегазовых трубопроводов, что позволяет избежать опасных для жизни и здоровья работников ситуаций.

Перспективы дальнейшего развития роботизированных технологий для обустройства месторождений:

1. Развитие искусственного интеллекта: используя алгоритмы машинного обучения, роботы будут способны самостоятельно принимать решения и улучшать свою эффективность.

2. Развитие дронов: дроны могут использоваться для осмотра и контроля месторождений, а также для доставки необходимых материалов.

3. Интеграция IoT: с помощью интернета вещей роботы смогут обмениваться данными и координировать свои действия, что повысит эффективность производственных процессов [4].

В результате исследования было установлено, что использование роботизированных технологий при обустройстве месторождений имеет значительные преимущества по сравнению со стандартными методами. Роботизация позволяет автоматизировать многие процессы, что уменьшает вероятность ошибок и повышает эффективность работы. Также использование роботов может снизить риски для работников, особенно при выполнении опасных операций. Кроме того, роботизация может увеличить скорость выполнения работ и снизить затраты на производство. В целом, роботизированные технологии могут значительно улучшить процесс обустройства месторождений и стать ключевым фактором в развитии этой отрасли.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Аксенов, А.Г. Роботизированные технологии в нефтедобыче / А.Г. Аксенов, А.В. Литвинов, А.А. Мартынов // Нефтяное хозяйство. – 2017. – № 11. – С. 78-81.

2. Волков, А.С. Роботизация процесса добычи нефти и газа на месторождениях / А.С. Волков, Д.М. Широков, А.В. Смирнов // Нефтегазовое дело. – 2018. – № 2. – С. 65-68.

3. Николаев, А.Ю. Оптимизация процесса обустройства месторождений с использованием робототехники / А.Ю. Николаев, А.С. Григорьев, А.В. Широков // Нефтегазовое дело. – 2016. – № 12. – С. 67-70.

4. Миллер, Дж. Робототехника в нефтегазовой отрасли: перспективы и риски / Дж. Миллер // Oil and Gas Journal. – 2017. – Vol. 115. – No. 5. – P. 56-59.

*Ткачев И.С., Архипова Н.А., Игнатьев В.А., Волков В.В.
Научный руководитель: Маслова И.В., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИИ ДЕТАЛИ КОРПУС 7016-4014/001 ЗАЖИМА ТИСОЧНОГО 7016-4014 С ПРИМЕНЕНИЕМ ИНТЕГРИРОВАННЫХ КОМПЛЕКСОВ

Под основной целью технологического процесса или его элемента обычно понимается обеспечение заданных характеристик качества изделия наиболее производительным путем при минимальных затратах. Отсюда вытекает необходимость в построении двух главных критериев оптимальности: максимальной производительности и минимальной себестоимости.

Корпус зажима тисочного 7016-4014/001 обеспечивает заданную точность относительно расположения деталей, входящих в сборочную единицу, также корпус должен обеспечивать точность относительного перемещения сопрягаемых деталей, плавность работы при эксплуатации, отсутствие вибраций.

Полученные значения режимов резания необходимо оптимизировать, построив математическую модель: $S = 0,13 \text{ мм/об}$;

$n_1 = 290 \text{ мин}^{-1}$. Для расчета оптимальных значений режимов резания с использованием методов линейного программирования вводим технические ограничения и оценочную функцию приводим к линейному виду логарифмированием, воспользовавшись справочной литературой [5].

В качестве оценочной функции при оптимизации по двум параметрам n и S необходимо использовать минимальную себестоимость.

$$f(x, x) = x_1 + x_2 \quad (1)$$

где $x = \ln(n)$, $x = \ln(100S)$

Разработка оптимизационной модели. Для выполнения оптимизации необходимо установить математические зависимости между входными и оптимизируемыми параметрами с учетом технических ограничений.

1. Ограничение по шероховатости поверхности предусматривает выбор режимов резания, обеспечивающих значение шероховатости поверхности равное или меньшее требуемого. Математическое выражение шероховатости поверхности при сверлении: $Ra = 6.3 \cdot$

$$D^{0.25} \cdot V^{0.12} \cdot s^{0.41} \quad (2)$$

Где D- диаметр обработки, V-скорость резания, s- подача.

Выразим скорость резания через частоту вращения n, вынесем s и n в левую часть выражения и прологарифмируем, умножим подачу на 100, в результате преобразований получим выражение для сверления:

$$0.41 \ln(100s) + 0.12 \ln(n) = \ln \left(\frac{Ra \cdot 1000^{0.12} \cdot 100^{0.41}}{6.3 \cdot D^{0.25} \cdot \pi^{0.12}} \right) \quad (3)$$

После обозначений: $x_1 = \ln(100s)$, $x_2 = \ln(n)$,

$$b_1 := \ln \left(\frac{Ra \cdot 1000^{0.12} \times 100^{0.41}}{6.3 D^{0.25} \pi^{0.12}} \right) \quad (4)$$

$b_1 = 2,049$

Получим выражение:

$$0.41 \cdot x_1 + 0.12 \cdot x_2 \leq b_1 \quad (5)$$

2. Ограничение по мощности привода главного движения предусматривает назначение режимов резания, обеспечивающих удовлетворяющие мощности привода главного движения, [1];

Значение мощности резания, зависящей от частоты вращения инструмента и крутящего момента:

$$N = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} \quad (6)$$

Где $M_{кр}$ -крутящий момент, n- частота вращения.

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^{qm} \cdot s^{ym} \cdot k_p \quad (7)$$

Где C_m , k_p , D^{qm} , s^{ym} - коэффициенты в формуле крутящего момента [3]

Прологарифмируем выражение, получим следующее:

$$y_m \ln(100s) + \ln(n) = \ln \left[\frac{N \cdot 9750 \cdot 100^{ym}}{10 \cdot C_m \cdot D^{qm} \cdot k_p} \right] \quad (8)$$

После замены $x_1 = \ln(100s)$, $x_2 = \ln(n)$ и

$$b_3 := \ln \left(\frac{N \cdot 9750 \cdot 100^{y_m}}{10 C_m \cdot D^{q_m} \cdot k_p} \right) \quad (9)$$

$b_2 = 9,13$

Получим выражение:

$$y_m \cdot x_1 + x_2 \leq b_3 \quad (10)$$

3. Ограничение по стойкости инструмента T предусматривает назначение скорости резания, обеспечивающей заданную стойкость инструмента.

Стойкость инструмента при сверлении связана со скоростью резания следующим выражением:

$$V = \frac{C_v \cdot D^{q_v} \cdot k_v}{T^{m_v} \cdot S^{y_v}} \quad (11)$$

Где, k_v , S^{y_v} , D^{q_v} , T^{m_v} - коэффициенты в формуле для расчета скорости резания [2]; T - стойкость инструмента, D - диаметр обработки, s - подача

Прологарифмируем выражение, получим следующее:

$$y_v \ln(100s) + \ln(n) = \ln \left(\frac{1000 \cdot C_v \cdot D^{q_v-1} \cdot k_v \cdot 100^{y_v}}{\pi \cdot T^{m_v}} \right) \quad (12)$$

После замены $x_1 = \ln(100s)$, $x_2 = \ln(n)$ и

$$b_2 := \ln \left(\frac{1000 C_v D^{q_v-1} \cdot k_v \cdot 100^{y_v}}{\pi \cdot T^{m_v}} \right) \quad (13)$$

$b_3 = 11,483$

Получим выражение:

$$y_v \cdot x_1 + x_2 \leq b_2 \quad (14)$$

При аналогичных преобразованиях были получены в линейном виде следующие ограничения: ограничение 4 - по минимальной

подаче, ограничение 5 - по максимальной подаче, 6 – ограничения по минимальной частоте вращения шпинделя, 7 – ограничения по максимальной частоте вращения шпинделя. Кроме технических ограничений, представляемых в виде системы неравенств, в состав модели входит целевая функция f:

$$\begin{aligned}
 f(x_1, x_2) &= x_1 + x_2 \\
 x_1 &\geq 1 \quad x_2 &\geq 1 \\
 0,41x_1 + 0,12x_2 &\leq b_1 \\
 yv x_1 + x_2 &\leq b_2 \\
 ym x_1 + x_2 &\leq b_3 \\
 \ln(S_{min} 100) &\leq x_1 \leq \ln(S_{max} 100) \\
 \ln(n_{min}) &\leq x_2 \leq \ln(n_{max})
 \end{aligned}$$

Рис. 1 Математическая модель для оптимизации

На рис. 2 представлено графическое отображение результатов оптимизации

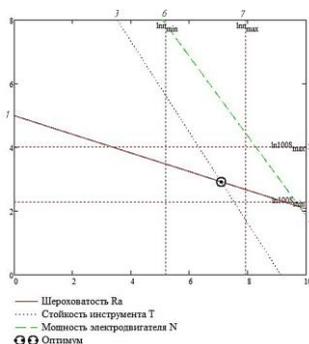


Рис. 2 Математическая модель – определение оптимальных режимов резания

- (1) - ограничение по требуемой шероховатости поверхности;
- (2) - ограничение по мощности привода главного движения;
- (3) - ограничение по стойкости инструмента;
- (4) - ограничение по минимальной подаче;
- (5) - ограничение по максимальной подаче;
- (6) - ограничение по минимальной частоте вращения шпинделя;
- (7) - ограничение по максимальной частоте вращения шпинделя.

Численные значения оптимального режима резания вычисляются по следующим зависимостям: [4]

$$n_{\text{опт}} = e^{x_{1\text{опт}}} = e^{6,03} = 1188,8 \text{ об/мин} \quad (15)$$

$$S_{\text{опт}} \frac{1}{100} \cdot e^{x_{2\text{опт}}} = \frac{1}{100} \cdot e^{3,66} = 0,186 \text{ мм/об} \quad (16)$$

Использованный в работе новый метод линейного программирования позволил с высокой надёжностью установить оптимальные режимы резания, которые обеспечивают наибольшую производительность процесса при ограничении по стойкости инструмента.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Разработка технологических процессов в машиностроении: Учеб. пособие/ Л.В. Лебедев, И.В. Шрубченко, А.А. Погонин и др. // Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2004.-177с.
2. Допуски и посадки. Справочник. В 2-х ч. Ч. 1 // Под ред. В.Д. Мягкова. 5-е изд., перераб. и доп. Л.: Машиностроение. Ленингр. Отд-ние, 1979 – с. 544 с., ил.
3. Шрубченко, И. В. Проектирование технологических процессов изготовления деталей машин: метод. указания к выполнению курсового проекта для студентов направления 15.03.05 – Машиностроение / И.В. Шрубченко, М.Н. Воронкова, А.В. Хуртасенко // Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2005. – 236 с.
4. Охорзин, В. А. Компьютерное моделирование в системе MathCad: Учебное пособие // В. А. Охорзин. – М.: Финансы и статистика, 2006. – 144 с.: ил.
5. Дуюн, Т. А. Задачи принятия решений и оптимизации в машиностроении: учебное пособие // Т. А. Дуюн, Д. С. Баранов. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2018. – 100 с.

УДК 62-234

Файзулзянов М.Р., Файрузова З.Р.

*Научный руководитель: Хабибуллин Ф.Ф., канд. техн. наук, доц.
Казанский национальный исследовательский технический университет –
Казанский авиационный институт им. А.Н.Туполева, г. Казань*

РАЗРАБОТКА ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ОСНОВ СИНТЕЗА МОДИФИКАЦИЙ МЕХАНИЗМА БРИКАРА

Известно, что пространственный семизвенный механизм с одними только вращательными кинематическими парами имеет единичную степень подвижности. Шестизвенные же такие механизмы, как правило, оказываются неподвижными. Однако существуют и подвижные шестизвенные шарнирные механизмы. В литературе такие механизмы

часто называют «парадоксальными» и «сверхограниченными» из-за несоответствия структурной формуле определения подвижности. Одним из наиболее перспективных механизмов особой структуры с точки зрения практического применения является механизм Брикара. Особенности механизма Брикара до сих пор не получили однозначного объяснения, до сих пор не существует чёткого алгоритма синтеза подвижных модификаций этого механизма и обоснованных рекомендаций конструкторам по созданию устройств на их основе, поэтому разработка метода синтеза таких модификаций является актуальной задачей.

Рассмотрим один из вариантов реализации классического механизма Брикара (рис. 1). Этот вариант характеризуется использованием нулевых звеньев, то есть звеньев, в которых кратчайшее расстояние между осями шарниров совпадают с геометрическими осями симметрии этих же звеньев.

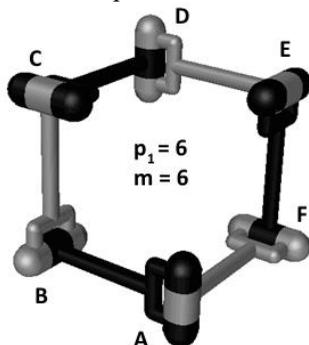


Рис. 1 Вариант реализации классического механизма Брикара

Подвижность данного механизма определяется по формуле Сомова-Малышева (1):

$$W = 6 \cdot (m - 1) - 5 \cdot p_1 - 4 \cdot p_2 - 3 \cdot p_3 - 2 \cdot p_4 - 1 \cdot p_5, \quad (1)$$

где:

m – число звеньев механизма,

p_1, p_2, p_3, p_4, p_5 – число кинематических пар V, IV, III, II и I классов.

Механизм имеет только одноподвижные вращательные кинематические пары пятого класса. Соответственно, формула Сомова-Малышева имеет вид (2):

$$W = 6 \cdot (m - 1) - 5 \cdot p_1 = 6 \cdot (6 - 1) - 5 \cdot 6 = 0. \quad (2)$$

Таким образом, механизм теоретически должен быть якобы неподвижным. Между тем на практике механизм Брикара является подвижным, на схеме (рис. 2) показаны фрагменты анимации механизма Брикара (здесь АВ – стойка, ВС – ведущее звено, FA – ведомое звено).

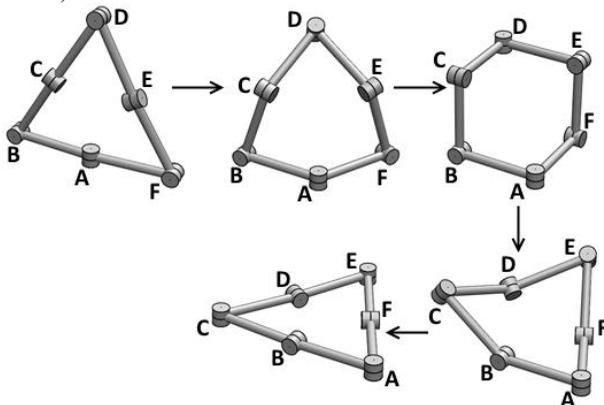


Рис. 2 Фрагменты анимации механизма Брикара

Поскольку шестизвенник Брикара является парадоксально подвижным, должны быть некоторые дополнительные условия, обеспечивающие его реальную подвижность. Эти условия не учитываются ни в формуле Сомова-Малышева, ни в методе графов. Выявление указанных условий позволит синтезировать новые подвижные модификации механизма Брикара.

Известны три метода проверки подвижности механизма: экспериментальный, теоретический и проверка подвижности с помощью систем компьютерного моделирования. Рассмотрим их применимость к механизмам особой структуры:

1. Экспериментальный метод является наиболее трудоёмким, так как необходимо спроектировать, изготовить, собрать и наладить каждую новую модификацию механизма, которая в конечном итоге может оказаться и вовсе неподвижной. При этом работоспособность или неработоспособность модификации может быть объяснена погрешностями изготовления и сборки.

2. Теоретический метод для проверки подвижности механизмов особой структуры использовать невозможно по причине несоответствия

реальной степени подвижности рассматриваемых механизмов значениям, получаемым с использованием существующих теорий.

3. Метод компьютерного моделирования и последующий системный анализ условий, обеспечивающих реальную подвижность механизмов особой структуры, является компромиссным вариантом. С одной стороны, методы компьютерного моделирования могут использовать алгоритмы определения степени подвижности механизмов, отличные от рассмотренных выше, и, с другой стороны, при использовании компьютерного моделирования полностью исключаются ошибки, вызванные неточностью изготовления и сборки.

Рассмотрим алгоритм, позволяющий определить подвижность любого шарнирного механизма, не прибегая ни к формулам Сомова-Малышева, ни к методу графов.

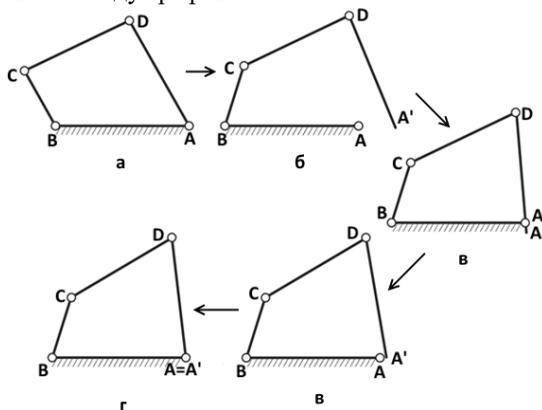


Рис. 3

Принцип работы алгоритма замыкания кинематической цепи

Разработан алгоритм, существенно снижающий трудоёмкость расчётов. Суть его заключается в пошаговом приближении механизма к замкнутому состоянию. Для проверки работоспособности синтезируемых механизмов предлагается использовать комбинацию метода компьютерного моделирования и экспериментального подтверждения.

Для определения условий подвижности модификаций механизма Брикара используем метод логической индукции. Известно, что механизм Брикара является подвижным шестизвенным рычажным механизмом. Предположим, что механизм Брикара является частным случаем семейства таких механизмов, обеспечивающие подвижность механизма Брикара, мы перейдём от частного (механизм Брикара) к

общему (семейство подвижных рычажных механизмов особой структуры).

В ходе исследования геометрических параметров механизма Брикара было выявлено что оси его шарниров пересекают главную диагональ куба в двух точках, образованного звеньями механизма. После анализа подвижности механизма в зависимости от пересечения осей шарниров с главной диагональю был разработан метод синтеза модификаций механизма Брикара, который гарантирует получение подвижного шестизвенного механизма.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Яруллин М.Г., Хабибуллин Ф.Ф. Кинематика двухподвижного дезинтегратора с приводом на базе пространственных 4R механизмов. // Вестник КГТУ им. А.Н.Туполева. - 2015. №1. с.108-111.

2. Хабибуллин Ф.Ф., Яруллин М.Г., О динамике разрушения песчинки в конусном дезинтеграторе // В сборнике: Поиск эффективных решений в процессе создания и реализации научных разработок в российской авиационной и ракетно-космической промышленности. Международная научно-практическая конференци. 2014. С. 455-458.

3. Пат. 2547018 Российская Федерация, МПК В01F7/30 / Рычажно-планетарный смеситель/ Яруллин М.Г., Исянов И.Р., Мингазов М.Р. // Регистрационный № 2013157929/090225 заявл. 30.12.2013, опубл. 10.04.2015.

4. Пат. 2538389 Российская Федерация, МПК В02С2/04, В02С13/20. Дезинтегратор /Яруллин М. Г., Хабибуллин Ф.Ф., Исянов И. Р.// заявитель и патентообладатель Казанский государственный архитектурно-строительный университет (КГАСУ) № 2013125888/13 заявл. 04.06.2013, опубл. 10.12.2014 Бюл. № 34-5с.

УДК 621.95

Файзулзянов М.Р., Файрузова З.Р.

*Научный руководитель: Куртаева Ф.Н., канд. техн. наук, доц.
Казанский национальный исследовательский технический университет –
Казанский авиационный институт им. А.Н.Туполева, г. Казань*

ИСКРОБЕЗОПАСНЫЕ СВЕРЛА

Искробезопасные сверла – это инструмент, который используется для бурения отверстий в материалах, которые могут искриться в

условиях огне- или взрывоопасного производства. Они обычно применяются в нефтегазовой и горнодобывающей промышленности, а также при работе с химическими веществами. Сверла с искробезопасным покрытием способны предотвратить возникновение опасной искры при контакте с поверхностью материала. Указанные функции обеспечиваются выбором материала инструмента, технологией производства и особенностью конструкции.

Искробезопасные сверла - это особый вид инструмента, который используется при работе в условиях повышенной опасности возникновения искробежки. Искробежка является одним из наиболее распространенных причин возникновения пожаров и взрывов на производстве, поэтому обеспечение безопасности при проведении сварочных, резательных и других работ, которые могут вызвать искробежку, является крайне важным. Такие сверла обладают особыми характеристиками, которые позволяют снизить риск возникновения искробежки до минимума. Они изготавливаются из специальных материалов или имеют специальное покрытие, которое не дает возможность появления искр во время работы. К тому же они оснащены специальной конструкцией для эффективного удаления стружки из отверстий. При выборе искробезопасного сверла необходимо учитывать ряд факторов: тип материала (металл, бетон, кирпич), диаметр отверстия и глубина проходки. Также стоит обратить внимание на качество инструмента, так как некачественные сверла могут привести к повреждению оборудования и прерыванию производственных процессов.

Искробезопасные сверла должны обеспечить предотвращение возможности появления искры при контакте инструмента с материалом. Изготавливаются они из специальных сплавов, не дающих искры или с применением специальных покрытий сверел. Одной из технологий является покрытие поверхности сверла специальными наночастицами, которые создают защитный слой от искр. Эти частицы содержат алюминий или цирконий, которые реагируют со взрывчатыми газами и забирают лишнюю энергию, предотвращая возможность возникновения опасных условий. Другая технология – это использование специального инструментального безыскрового материала для изготовления сверел. В качестве неискрящих сплавов применяются бериллиевые бронзы, титановольфрамовые, вольфрамокобальтовые твердые сплавы, сверла с медным, борсодержащим покрытием. Например, карбид вольфрама имеет очень высокую твердость и прочность. Такие сверла могут использоваться для сверления самых твердых материалов без риска возникновения искр. Бронзовые сверла ввиду отсутствия железа не

искрят, применяется во взрыво- и пожароопасных средах. Искробезопасные сверла из медно-бериллиевого сплава (Be-Cu) обладают высокой прочностью и немагнитными свойствами, а также являются антикоррозионными и могут применяться в условиях взрывоопасного производства в коррозионно-агрессивных средах. Выбор искробезопасного сверла зависит от типа материала, который необходимо обработать. Так, для сверления латуни или алюминия можно использовать спиральные сверла с покрытием из титана или карбида вольфрама. Если необходимо обрабатывать стали или другие металлы более высокой твердости, то рекомендуется использовать спиральные искробезопасные сверла со специальным покрытием – нитридом титана или оксидом алюминия, которые повышают твердость и износостойкость. Также существуют и другие методы производства искробезопасных сверл, например, применение лазера для создания защитного слоя на поверхности сверла или использование специальных покрытий на основе бора. При этом важно перед началом работ следить за состоянием инструмента – поврежденные или старые сверла могут стать причиной возникновения искры. Признаками износа могут быть: образование зазубрин на лезвии, изменение цвета покрытия, появление трещин или сколов.

Одной из основных особенностей искробезопасных сверл является способность минимизировать риск возникновения искр. Для этого они обладают специальной конструкцией, которая позволяет уменьшить трение между сверлом и материалом. Искробезопасные сверла часто имеют форму спирального шлица. Это позволяет уменьшить нагрузку на инструмент при работе с твердыми материалами. Также шлицевая форма делает возможным быстрое удаление стружки из отверстия без её зажимания. Еще одной особенностью искробезопасных сверел является точность заточки. Конечно же, точный угол заточки обеспечивается и у обычных сверел. Однако при использовании искровых сверел этот параметр играет еще более значимую роль. Неправильный угол может привести к нагреванию материала и, как следствие, к возгоранию.

При выборе подходящего типа искробезопасного сверла необходимо учитывать материал, который будет обрабатываться. К примеру, для работы с металлом подходят сверла с покрытием из карбида вольфрама или твердого сплава, а для работы с бетоном и кирпичом следует использовать специальные буры.

При работе с искробезопасными сверлами необходимо следить за правильной установкой инструмента. Он должен быть закреплен на буровой машине таким образом, чтобы он не дребезжал и не трясся в

процессе работы. Также рекомендуется использовать смазочно - охлаждающую жидкость для уменьшения нагрузки на сверло и повышения его эффективности. Важно также правильно подбирать режимы работы для каждого типа материала и инструмента. Необходимо учитывать скорость вращения сверла, подачу и глубину сверления. Это поможет предотвратить перегревание инструмента и материала. Искробезопасные сверла – это надежный способ обеспечения безопасности при работе с металлом. Правильный выбор инструмента и его использование в соответствии с рекомендациями позволят получить высокое качество работы и защитить работника от возможных опасностей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шебеко, Ю.Н. Методика оценки искробезопасности материалов / Ю.Н. Шебеко, В.Ю. Навценя, С.Н. Копылов и др. М.: Мир, 2000.
2. Айрапетян А.К. Требования к материалам искробезопасных инструментов и полов, Ставрополь, 02–27 апреля 2018 года
3. Жуков А. А., Изотов В. А., Мусинов В. В. Искробезопасный износостойкий сплав на основе меди повышенной твердости и прочности, патент на изобретение, Ставрополь, 02–27 апреля 2018 года

УДК 004.89

Фомина К.А., Барсуков А.А.

***Научный руководитель: Марьясова Е.А., канд. филос. наук., доц.
Белгородский государственный университет, г. Белгород, Россия***

ROBOTIZATION OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS

The modern world cannot do without technological innovations and advanced technical solutions. There was a time when a push-button mobile phone with a color screen was a luxury item. However, today a smartphone not only provides communication, but also helps to drive a car and determine the time of sleep.[1] Along with these changes, saturated with competition, the constant increase in quality and the long life of products, there are other dangers associated with the use of robots and automation of production processes.

These dangers are expressed through the threat to jobs, the deterioration of working conditions and the violation of the social balance in general.

All these dangers mean that people can be left without work and forced to retrain or suffer losses. In addition, automation can increase inequality by increasing wage inequality and exacerbating differentiation between different segments of the population. Even more serious problems may arise with the growing number of automated production lines. There are not only jobs destroyed, but also people who remain in their positions but should be mostly bystanders. Robotization will hit the manufacturing sector, agriculture and some service areas the hardest. Youth and low-skilled workers are at greater risk of losing their jobs to automation.

Poor countries that cannot afford to invest in automation will not suffer as much from change. However, in wealthier countries such as Germany and the US, about a third of the workforce may need to be retrained to meet new challenges. In developed countries, the need for higher education will increase, as the number of available jobs for people with a low level of education will decrease.

However, all the side effects of robotization and automation cited are not technological problems, but social ones. If humanity determines how to distribute the new privileges created by new technological capabilities as efficiently as possible, these technological trends can become a driver of progress in other areas. Robots work more accurately, faster and more reliably than humans.

One of the disadvantages of using industrial robots is the high initial cost of working to implement them in the production process, which requires the involvement of expensive highly qualified specialists. However, the robotics market is constantly growing, and as the number of robots produced increases, their cost decreases, which allows more and more processes to be automated.

But back to the question: why does a very prosperous economy need such radical changes? First of all, the answer is that this is an economically driven phenomenon in itself. Robots and automation can achieve high production efficiency, which in turn increases labor productivity, reduces costs and improves the quality of manufactured goods.

The most effective robotic operations are those that are repetitive, associated with standard input or data reading, manual and performed in different information systems, as well as stable and mature processes. In various functional areas, suitable tasks for automation can be identified, for example, in the financial sector, the generation of reconciliation acts, the processing of bank statements, and the preparation of standard letters. In the personnel service - preparation of various certificates and documents. In the area of workflow, there are many tasks that can be robotized, such as generating reports based on downloads from IC, EDMS and the distribution

of these reports on a schedule, processing mail attachments, processing protocols, orders and entering information into information systems.[2]

Robots can perform a number of tasks in the supply chain process, including approving specifications, tracking delivery dates, creating payment requests, taking inventory, and verifying that it matches financial statements. RPA can also be used in the sales department, where robots can process customer requests, manage complaints, and enter data.[2]

One of the main advantages of robots is their ability to work around the clock without the need for breaks for food, rest or sleep. This means that production processes can run continuously, which increases the flexibility and speed of production.

The manufacturing process, which is manually performed by a person, is prone to errors. Mistakes can be a waste of time and money to correct production errors. Robots, on the other hand, work more accurately and make fewer mistakes. They can process materials with high precision and repeat the same tasks with high precision, which improves product quality and reduces scrap.

Robots can perform dangerous tasks that may pose a threat to human health and safety. These can be tasks associated with chemical and toxic substances, heavy and dirty work, as well as tasks associated with work at height or in depths.

Robots complete tasks faster and more accurately, resulting in increased worker productivity. Instead of wasting time on the same routine tasks, an employee can take on more complex tasks and increase productivity. Robots can also run at higher speeds and perform more complex tasks, which increases production efficiency.

In addition, robotization and automation can also alleviate many heavy and under-skilled jobs, thus raising living standards at all levels. So, new technologies and robots in the medium term will contribute to further economic growth.

In general, it is important to address these issues in order to ensure more equal and fair access to technology, take into account the interests of workers, and pay attention to ethical and safety issues.

Today we do not know what knowledge will be useful for children, as robots will replace people in the labor market in the next 30 years. However, there is a way to prevent this. Left unaddressed, new technologies could lead to a concentration of power in the hands of an elite or a dictatorial regime in some countries, which could be the biggest threat to freedom and equality in history.[3]

In conclusion, we can say that robotization and automation play a role in the modern world. However, despite the many advantages in using new

technologies, it is necessary to pay attention to the risks and nuances associated with their use. If you do not take into account the dangers that may arise from the spread of automation, in the end the damage will exceed the benefit.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Плюсы и минусы роботизации производства: [сайт]. - URL: <https://narobraz.ru/professii/plyusy-i-minusy-robotizatsii-proizvodstva.html> (дата обращения: 13.05.2023). - Текст : электронный.
2. Риски программной роботизации: [сайт]. – 2019. - URL: <https://www.it-world.ru/cionews/security/145248.html> (дата обращения: 13.05.2023). - Текст : электронный.
3. Будущее при тотальной роботизации: [сайт]. - URL: <https://poisk-ru.ru/s49762t19.html> (дата обращения: 13.05.2023). - Текст : электронный.

УДК 666.94

Чувев К.В., Мутовалов Э.А., Немцев А.А.

*Научный руководитель: Хуртасенко А.В., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ "ВТУЛКА" ПРИ КРУПНОСЕРИЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Современные технологические процессы в машиностроении требуют постоянной оптимизации и совершенствования. Одной из важных задач является выбор подходящей технологии изготовления детали при уже существующем оборудовании. В данной статье мы рассмотрим оптимизацию технологического процесса изготовления детали "Втулка" для крупносерийного производства [1-5].

Для производства металлорежущего инструмента требуется производство детали «Втулка» (рис. 1), в количестве 1200 штук в месяц. Данная деталь входит в конструкцию составной части фрезы, которая служит для крепления режущей пластины к основанию. Узел, в котором присутствует деталь представляет собой один из компонентов универсального зажима, позволяющего использовать несколько

диаметров фрез с одной цангой. Зажим позволяет более быстро производить смену инструмента, т.к. не требуется откручивать гайку.

Деталь «Втулка», представляет собой цилиндр $\varnothing 20$ мм с двумя отверстиями $\varnothing 9h14$ и $\varnothing 13h14$ мм, которые служат для установки пружины и винта М8. На торцах выполнены 2 фаски $1 \times 45^\circ$.

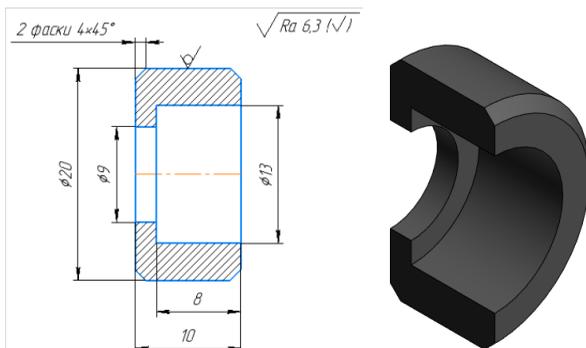


Рис. 1 Чертеж и 3D модель детали “Втулка”

В данной статье исследовались два варианта технологии изготовления детали “Втулка” штучная и выполненная из прутка. Рассмотрим их поподробнее:

1. Технологический процесс изготовления детали «Втулка», выполненный из штучной заготовки предложен заводом-заказчиком и представлен в таблице 1. Он имеет ряд недостатков, а именно:

- необходимость наличия специального установочного приспособления для контроля вылета заготовки при зажиме на токарном станке с ЧПУ, для того чтобы не перенастраивать станок на каждую деталь;
- из-за переустановки заготовки для обработки торца и снятия фаски возникает погрешность установки, что отражается на качестве и форме изделия;

Таблица 1 - ТП изготовления втулки из штучной заготовки

№ Оп	Наим-е	Описание	То, мин	Твс, мин
005	Отрезная	Установить. Отрезать заготовку на ленточнопильном станке, выдерживая размер 12 мм. Снять.	1,05	0,22
010	Токарная ЧПУ	Точить деталь согласно управляющей программе.	2,55	

		Установить заготовку в патрон с использованием упора.		0,2
		Подрезать торец, выдерживая l=11 мм.		
		Снять фаску 1мм.		
		Сверлить отверстие $\varnothing 9$, на глубину 15мм.		
		Расточить отверстие $\varnothing 13$, на глубину 8 мм.		
		Снять заготовку.		0,1
015	Токарная	Установить заготовку в проточенные кулачки.		0,2
		Точить торец, выдерживая размер l=10мм.	0,55	
		Сменить инструмент		0,15
		Снять фаску	0,75	
		Сменить инструмент		0,15
		Снять заготовку.		0,13
020	Контроль	Контроль		0,3
Всего			4,9	1,45

2. Технологический процесс изготовления детали «Втулка», выполненный из прутков длиной 327 мм. Данная длина обусловлена минимизацией биения хвоста прутка по шпиндельному узлу токарного станка. При производстве деталей из одного прутка выходит 25 детали. В таблице 2 указан ТП изготовления 25 втулок.

Как к достоинствам, так и к недостаткам данного метода можно отнести высокую повторяемость деталей. Если на одной детали получится брак, то и на последующих деталях этот брак появится, что исключается при производстве единичных деталей.

Таблица 2 - ТП изготовления втулки из прутка

№ Оп	Наим-е	Описание	То, мин	Твс, мин
005	Отрезная	Установить. Отрезать заготовку на ленточнопильном станке, выдерживая l = 300 мм. Снять.	1,05	0,22
010	Токарная ЧПУ	Установить заготовку в патрон		0,2
		Подрезать торец, выдерживая размер l=1мм.	0,16	
		Снять фаску 1мм.	0,04	
		А. Переустановить заготовку в патрон с использованием упора, выдерживая l= 40мм.		0,22
		Б. Точить 3 детали согласно управляющей программе.	11,19	
		Сверлить отверстие $\varnothing 9$, на глубину 45 мм.		

		a. Расточить отверстие $\varnothing 13$, на глубину 8 мм.		
		b. Снять фаску 1мм.		
		c. Отрезать заготовку, выдерживая $l = 10$ мм.		
		Повторить переходы a, b и c для 3х деталей		
		Повторить операции А и Б для 24 деталей.	89,5	1,76
		Переустановить заготовку в патрон с использованием упора		0,2
		Точить деталь согласно управляющей программе (сверление и фрезерование 1 шт.)	1,4	
		Переустановить заготовку в патрон с использованием упора		0,2
		Подрезать торец, выдерживая размер $l=1$ мм.	0,16	
		Снять фаску 1мм.	0,04	
		Снять деталь		0,1
015	Контроль	Контроль осуществляется при осуществлении обработки		0
Всего на 25 деталей			92,4	2,68
Всего на 1 деталь			3,69	0,11

При составлении ТП использовалось оборудование, имеющееся на предприятии-изготовителе, а именно ленточнопильный станок, токарный станок с ЧПУ SK6136Н, токарно-винторезный станок 16К20. Это оборудование позволит нам осуществить отрезку деталей, подрезку торца, снятие фасок, сверление и расточку отверстий с продольными перемещениями до 50 мм и точностью в пределах 14 квалитета точности. На рис. 1 представлены перемещения режущей точки инструмента для двух заготовок.

Таблица 3 - Сравнение времени, затраченного на обработку

Характеристика	Вид заготовок			
	Штучная 1 шт.	Штучная 1200 шт.	Пруток 1 шт.	Пруток 1200 шт.
То, мин	4,9	5 880	2,68	3 216
Твс, мин	1,45	1 740	0,11	132
Тшт (То+Твс), мин	6,35	7 620	2,79	3 348
Ким	14.7/30.8=0,48		14.7/32.1=0,46	

В таблице 3 приведено время, затраченное на изготовление 1 штучной детали и 1 партии деталей, составляющей 1200 шт. Видно, что

штучно-калькуляционное время, затраченное на изготовление деталей из штучных заготовок превосходит более чем в 2,2 раза время на изготовление деталей из прутка. Коэффициент использования материала детали, изготовленной из прутка незначительно меньше, чем при штучной заготовке.

В данной работе проведено исследование по оптимизации технологического процесса крупносерийного изготовления детали «Втулка». Результатом исследования стала замена заготовки с единичной на заготовку, выполненную в виде прутка, с последующей заменой ТП изготовления детали. Данные мероприятия позволили уменьшить время изготовления детали «Втулка» за счёт обработки нескольких деталей сразу.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Имитационное моделирование динамических характеристик промышленного робота с использованием программного комплекса MSC Adams / К. В. Чуев, Т. А. Дуюн, Ю. А. Чуева // Всероссийская научно-методическая конференция, посвященная 100-летию со дня рождения Н.П. Малевича : Сборник докладов, Москва, 14 февраля 2020 года. – Москва: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет), 2020. – С. 19-23.

2. Оптимизация режимов резания при точении с применением граничного метода условной оптимизации / А. С. Данилова, Е. А. Леденева, И. И. Римская, К. В. Чуев // XII Международный молодежный форум "Образование. Наука. Производство" : Материалы форума, Белгород, 01–20 октября 2020 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2020. – С. 1221-1226.

3. Optimization of Cutting Conditions for the Processing of Bandages of Rotary Cement Kilns at a Special Stand / I. V. Shrubchenko, A. V. Hurtasenko, M. N. Voronkova, L. V. Murygina // World Applied Sciences Journal. – 2014. – Vol. 31, No. 9. – P. 1593-1600. – DOI 10.5829/idosi.wasj.2014.31.09.14481.

4. Контактные проявления погрешности формы и расположения в технологических барабанах / И. В. Шрубченко, А. В. Хуртасенко, М. С. Гончаров // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2016. – № 2. – С. 81-86.

5. Расчетный метод определения траектории движения оси шпинделя станка при высокоскоростной обработке / Р. Г. Кудояров, Р.

УДК 621:004

Чумаченко В.А.

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

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ «ВАЛЬ» В САМ-СИСТЕМАХ

Начальным этапом разработки управляющей программы является создание копии детали (рис. 1), это позволит менять элементы модели, не меняя оригинал, сохраняя при этом все связи с оригиналом. Для того, чтобы создать копию детали для первого установка, необходимо выполнить следующие действия:

- Перейти во вкладку Файл-создать-деталь
- Во вкладке «Массив, копирование» выбрать команду «Копировать объекты»
- В открывшемся окне выбрать нашу деталь, в дереве построения выбрать твердое тело
- Сохранить деталь

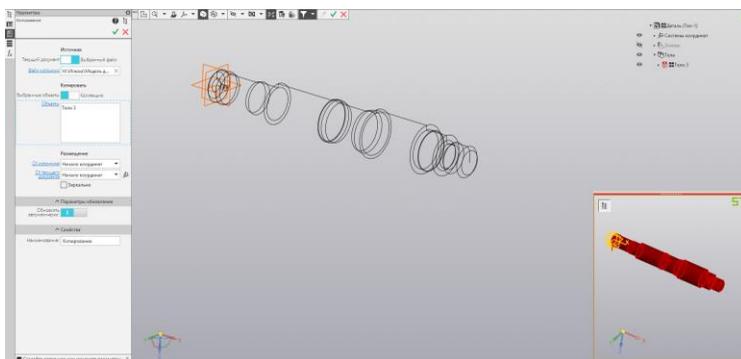


Рис. 1 Создание файла обработки

После чего создаем нулевую точку на торце нашей детали для ее привязки в рабочей зоне станка. Данная точка имеет свои оси координат и начало отсчета, от которого будут заданы все размеры и координаты

перемещения инструмента во время обработки на станке. Для создания необходимо выполнить следующие действия:

- Во вкладке «Вспомогательные объекты» выбрать команду «Локальная система координат» (ЛСК), Способ – по объекту
- Задать ЛСК на торце детали (рис. 2)

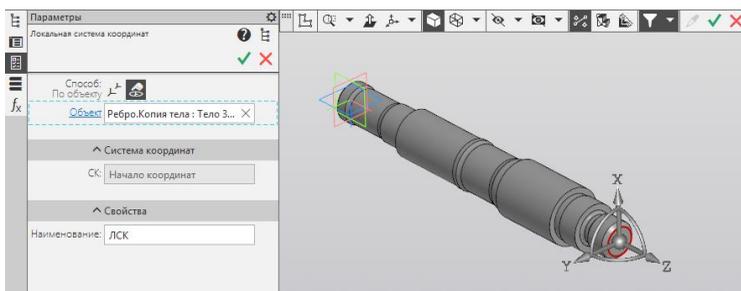


Рис. 2 Задание нулевой точки детали

Следующий шаг – выбор модуля токарной обработки и указание системы координат ЧПУ станка. В качестве системы ЧПУ выберем FANUC Series 0i-TD, а в качестве системы координат станка укажем ранее созданную ЛСК (рис. 3).

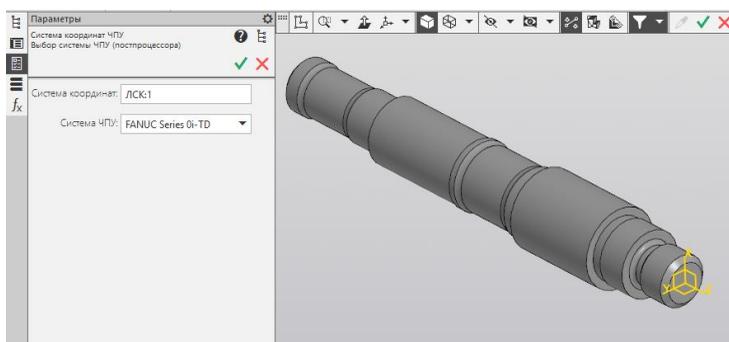


Рис. 3 Выбор системы ЧПУ и задание системы координат станка

Для создания управляющей программы, необходимо задать заготовку и режущие инструменты. В качестве заготовки используем поковку (рис. 4). В качестве инструментов нам необходимы подрезной, проходной упорный и расточной резцы, которые мы выберем и назначим во вкладке «Таблица инструментов» (рис 5).

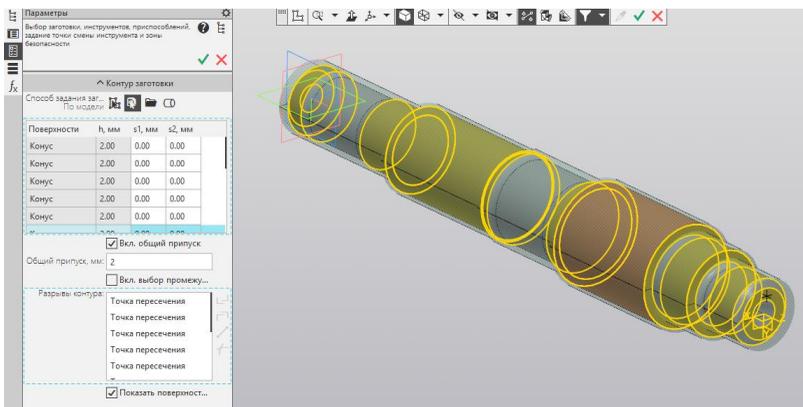


Рис. 4 Выбор заготовки

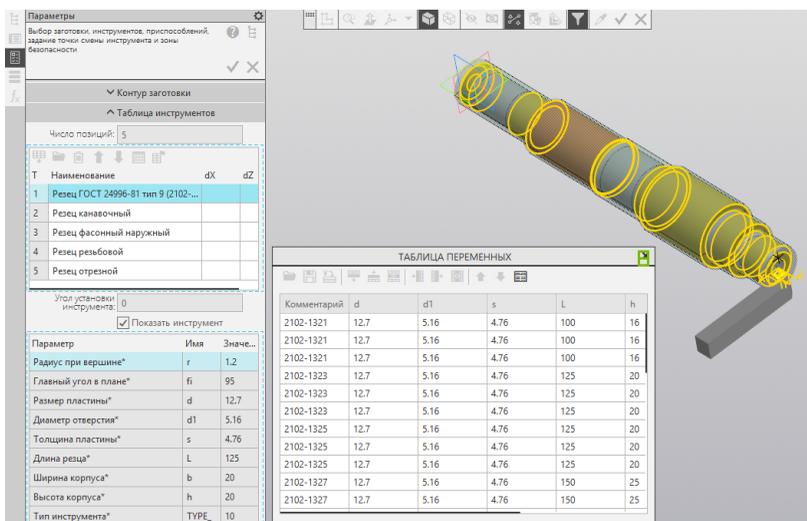


Рис. 5 Назначение инструмента

Для того, чтобы безопасно сменить инструмент во время обработки управляющей программы, необходимо задать исходную точку, откуда инструмент будет начинать свое движение, для этого в вкладке «Исходная точка» необходимо указать координаты начального положения инструмента (рис. 6).

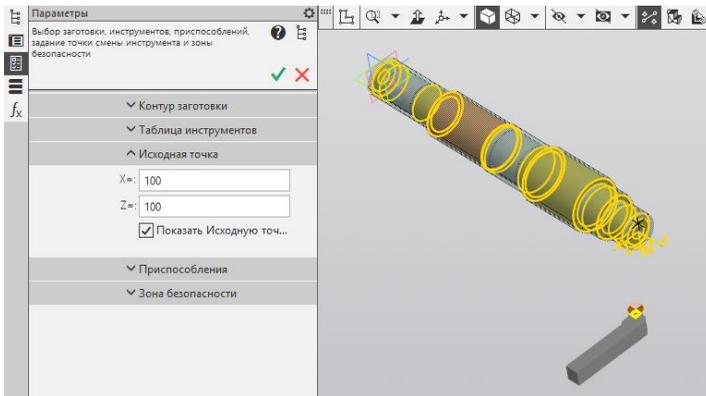


Рис. 6 Настройка исходного положения инструмента

Далее необходимо создать приспособление – токарный патрон и центр, что позволит заметно снизить риск столкновения инструментов в процессе обработки и избежать большого количества корректировок программы в процессе ее отработки. В качестве патрона выберем готовую модель из каталога и настроим необходимые параметры под обрабатываемую деталь (рис. 7).

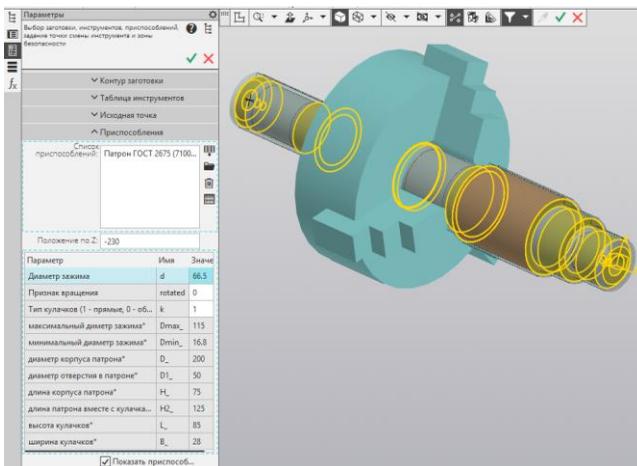


Рис. 7 Создание приспособления

Теперь требуется настроить зону безопасности, которая предназначена для ограничения движения инструмента на быстром ходу при обработке по управляющей программе (рис. 8).

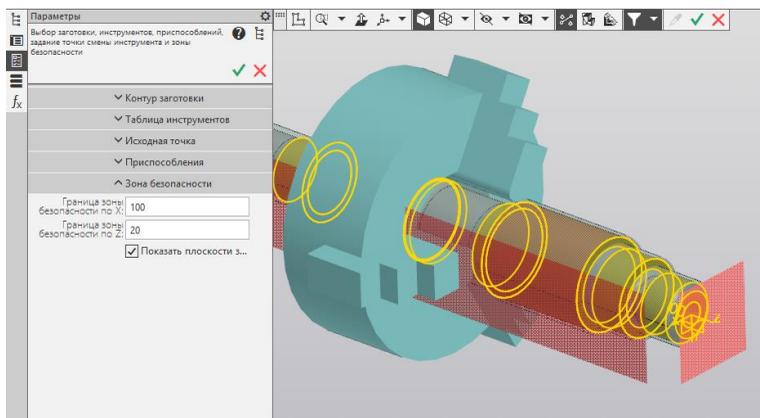


Рис. 8 Настройка безопасной зоны

В модуле токарной обработки представлены различные операции: многопроходная, наружное точение, растачивание, контур, канавка, отрезка (с периодическим выводом резца), нарезание резьбы (пашками, метчиками, резцами), сверление (центрование).

Первой операцией выбираем – точение наружной цилиндрической поверхности. Для этого используем операцию «Контур». Здесь требуется указать «Рабочий контур», т.е. обрабатываемую поверхность – контур детали и «Исходный контур» - контур заготовки (рис. 9).

Во вкладке «Инструмент» выберем «Автоподбор инструмента» либо укажем ранее назначенный резец для наружного точения (рис.9).

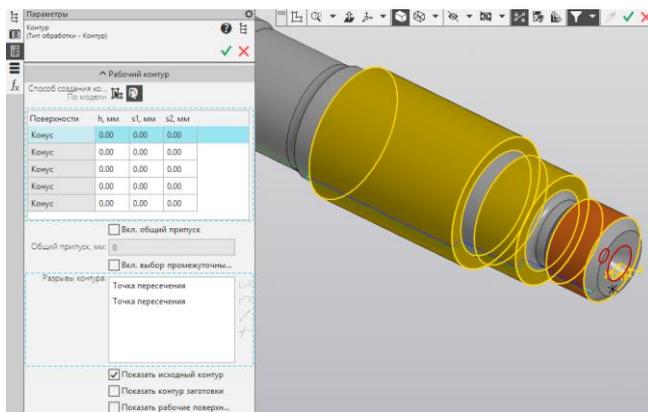


Рис. 9 Назначение исходного и рабочего контуров

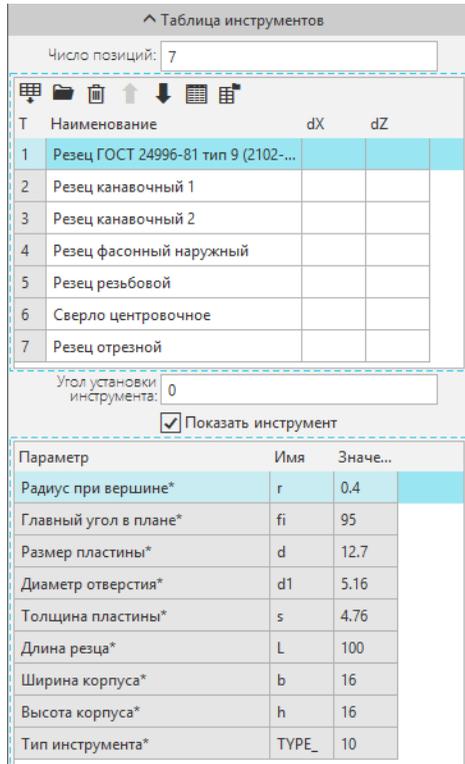


Рис. 10 Выбор инструмента и траектории движения

Во вкладке «Стратегия» назначаем величину подвода и перебега инструмента, выбираем траекторию входа в точку обработки и выхода в исходную точку (рис.11). Во вкладке «Режимы резания» задаем подачу и частоту вращения, так же можно включить охлаждение.

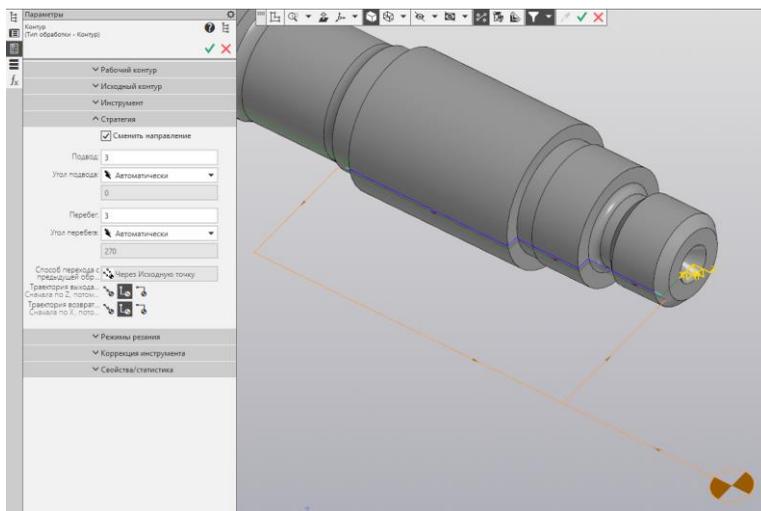


Рис. 11 Выбор стратегии обработки

Во вкладке «Свойства/статистика» отражается вся необходимая информация по пути и времени обработки. В строке «Имя обработки» можно задать наименование перехода.

Имя обработки: 005 - Обтачивание

Параметр	Значе...
Длина рабочего пути, мм	191.07
Длина холостого пути, мм	512.82
Общая длина пути, мм	703.89
Время рабочих перемещений, м...	0.96
Время холостых перемещений,...	0.02
Основное время Тосн, мин	0.98

Рис. 12 Информация об операции

По окончании редактирования операции отслеживаем анимацию резания. Для этого запускаем «Визуализацию обработки» (рис.13).

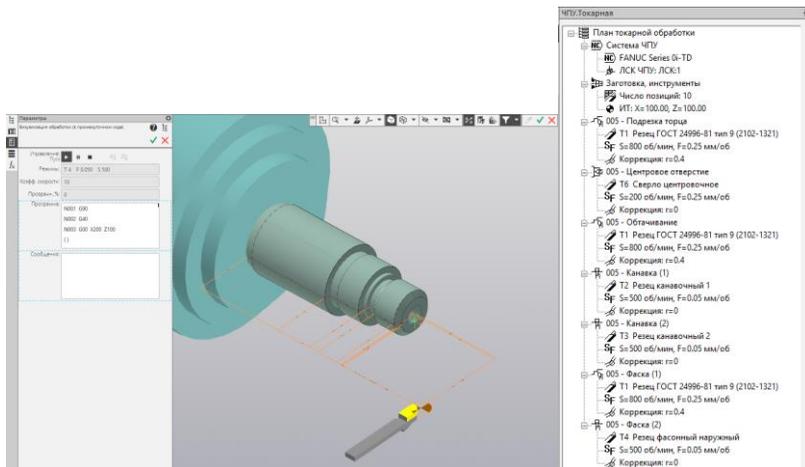


Рис. 13 Визуализация обработки наружного обтачивания

Результатом проделанной работы является визуализация процесса программной обработки на каждой операции и весь процесс изготовления детали на станке с ЧПУ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Разработка технологических процессов в Учеб. пособие/ Л.В. Лебедев, И.В. Шрубченко, А.А. Погонин и др. –Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2004. – 177с.
2. Компьютерное моделирование в системе MathCad: Учебное пособие./В. А. Охорзин – М.: Финансы и статистика, 2006. – 144 с.: ил
3. Программирование обработки в NX CAM. / Ведмидь П.А., Сулинов А.В. Учебное пособие - Москва. Издание, ДМК Пресс, 2014. – 305 с.
4. Автоматизированная технологическая подготовка в машиностроении. / А.В. Хуртасенко, И.В. Маслова. Учебное пособие – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2012. – 84 с.
5. Батуев, В.В. Автоматизация производственных процессов в машиностроении учебное пособие по выполнению курсового проекта / В.В. Батуев. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2015. – 39 с.

Чумаченко В.А.

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

ИНЖЕНЕРНЫЙ АНАЛИЗ ДЕТАЛИ «ВАЛ» С ПРИМЕНЕНИЕМ ИНТЕГРИРОВАННЫХ ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ

Для выполнения инженерного анализа конструкции проведем конечно-элементный анализ. Актуальность применения конечно-элементного анализа при проектировании изделий заключается в проверке поведения изделий в рабочих условиях, определении предельно-допустимых режимов работы, а также выявление недостатков конструкции.

Для начала работы используем команды «Начало - Расширенная симуляция». В открывшемся окне задаём все настройки по умолчанию: Настройки - Интерфейс пользователя – Общий - Сбросить настройки меню. Создаём новую модель и симуляцию, в качестве решателя выбираем NX Nastran (рис. 1.)

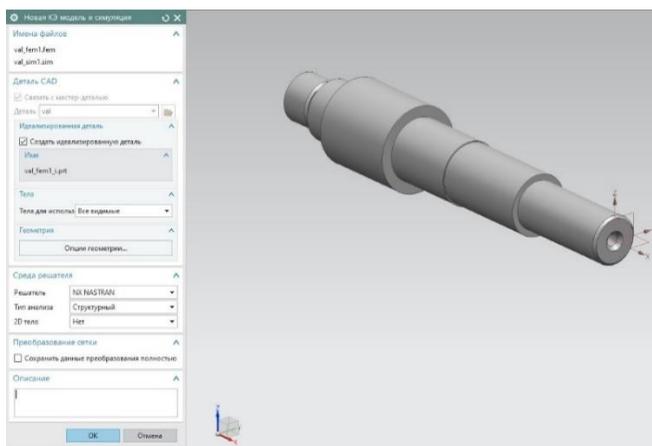


Рис. 1 Новая модели и симуляции

Далее необходимо отделить геометрию мастер-модели от идеализируемой. Для этого выполняем команду «Перенос» на панели инструментов. После чего идеализируем модель и переходим к модели, создаем таблицу физических свойств применяемых материалов, где назначаем материал - Iron_Cast_G25 (рис. 2).

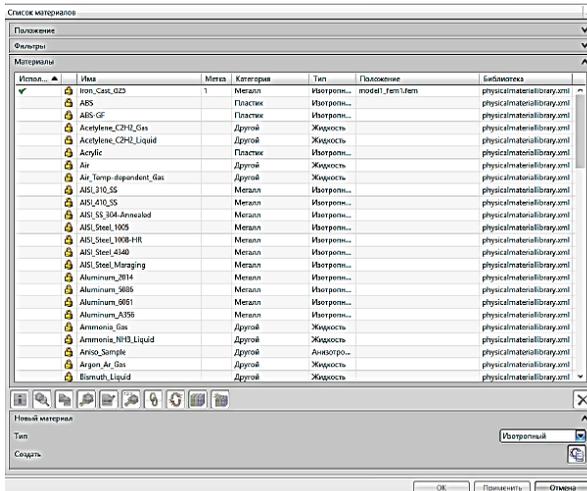


Рис. 2 Выбор материала

После выбора материала детали переходим к созданию коллектора сетки. Для генерации конечно-элементной сетки выбираем команду «3D тетраэдральная сетка». И появившемся окне задаем свойства, параметры и необходимые настройки - в опции «Тип» выбираем «STETRA(10)», в качестве объекта для генерации сетки выберем деталь, как показано на рис. 3. Во вкладке «Параметры сетки» для опции «Размер элемента» устанавливаем автоматический размер элемента равно 10,2 мм.

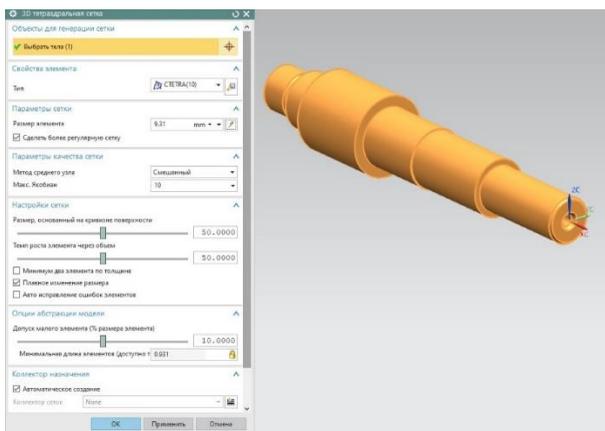


Рис. 3 Создание 3D сетки

Полученная конечно-элементная модель представлена на рис. 4.

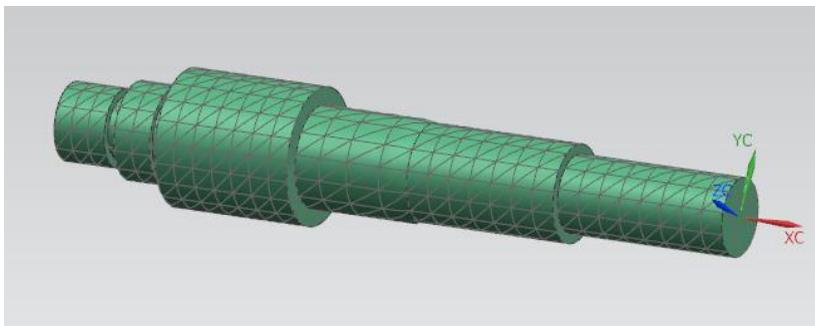


Рис. 4 Конечно-элементная модель детали «Вал»

Для того чтобы проверить как полученная модель, поведет себя в рабочих условиях необходимо задать ограничения и нагрузку. Для этого в «Контейнере сопряжений» задаём ограничение «Цилиндрический шарнир» в области шеек вала (рис. 5).

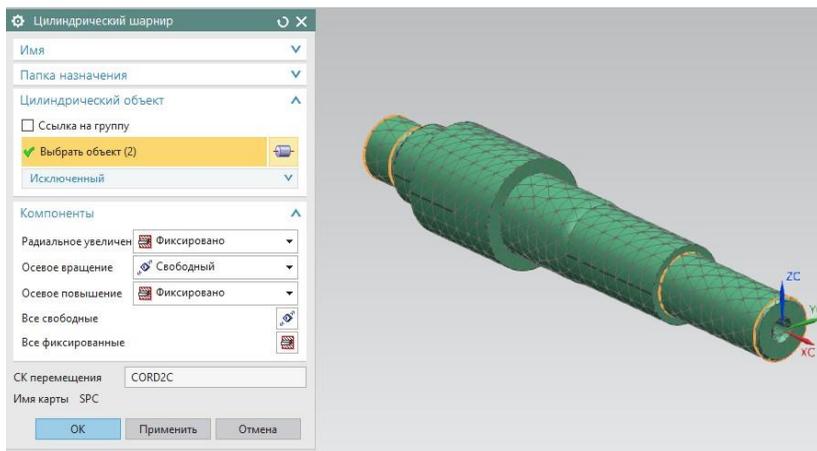


Рис. 5 Цилиндрический шарнир

А в качестве нагрузки назначаем крутящий момент, ступень вала диаметром 32 мм (указано красными стрелками) рис. 6. Задаем величину крутящего момента - 120 Н*м.

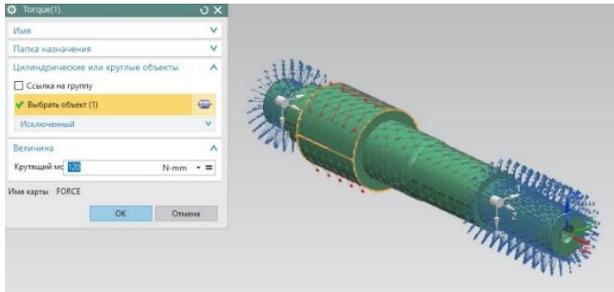


Рис. 6 Наложение нагрузки

С помощью команд «Solution1 – Решить» проводим расчет и анализируем полученные результаты. В навигаторе постпроцессора получаем визуальное отображение перемещения по узлам и напряжения по элементам для номинальной нагрузки (рис. 7, 8).

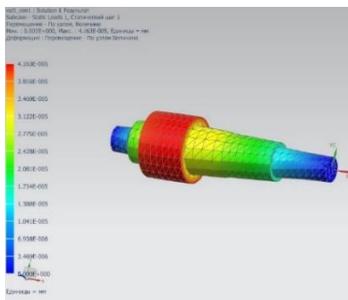


Рис. 7 Перемещение по узлам

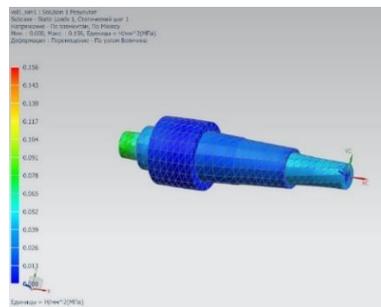


Рис. 8 Напряжения по элементам

Полученные результаты конечно-элементного анализа приведены на рис. 9.

Структурный Результаты

Система координат : Абсолютно прямоугольный
Число случаев нагрузки : 1

Subcase - Static Loads 1 : Число итераций = 1								
	Перемещение - По узлам (мм)				Напряжение - По элементам/узлам (МН/мм ² (кПа))			
	X	Y	Z	Величина	Вон-Мизес	Мин. главный момент	Макс. главный момент	Макс. сдвиг
Статический шаг 1								
Макс.	1.584e-004	1.750e-006	1.618e-004	9.415e-003	1.835e+004	4.215e+003	2.157e+004	9.869e+003
Мин.	-1.800e-004	-9.415e-003	-3.250e-004	0,000e+000	4.029e+001	-1.717e+004	-4.699e+003	2.323e+001

Рис. 9 Результаты конечно-элементного анализа

Для более эффективного анализа рассмотрим еще 2 варианта по улучшению конструкции и сравним, какой из них выдерживает

нагрузки и какой вариант принять будет экономически целесообразно - а) заменим материал на сталь 40х; б) увеличим диаметр ступени вала с 26 до 28 мм – результаты представлены на рис. 10.

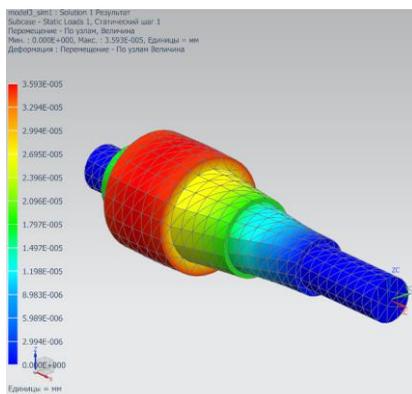


Рис. 10 Результаты конечно-элементного анализа модернизированной модели детали Вал

По результатам анализа можно сделать вывод, что из представленных вариантов изменения конструкции видно, что назначенные нагрузки выдерживают оба варианта, однако меньшие узловые перемещения испытывает второй вариант. Мы выбираем первоначальный вариант в качестве проектного, так как предложенный вариант с материалом сталь 40х повысит стоимость самой детали, что приведет к плохой реализации продукции.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Разработка технологических процессов в Учеб. пособие/ Л.В. Лебедев, И.В. Шрубченко, А.А. Погонин и др. –Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2004. – 177с.
2. Программирование обработки в NX CAM. / Ведмидь П.А., Сулинов А.В. Учебное пособие - Москва. Издание, ДМК Пресс, 2014. – 305 с.
3. Технология машиностроения. Ч. 1. Основы технологии сборки в машиностроении: Учебное пособие. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2005. – 236 с.
4. Автоматизированная технологическая подготовка в машиностроении. / А.В. Хуртасенко, И.В. Маслова. Учебное пособие – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2012. – 84 с.

5. NX для конструктора-машиностроителя. / Гончаров П.С., Ельцов М.Ю., Коршиков С.Б., Лаптев И.В., Осипук В.А. Учебное пособие – Москва. Издание, ДМК Пресс, 2010. – 503 с.

УДК 629.1

Чумаченко Я.О.

*Научный руководитель: Дуганова Е.В., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ВИДЫ И КЛАССИФИКАЦИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Автомобильные дороги имеют важное значение для развития государственной экономики. Они обеспечивают свободное движение транспортных средств и удобный доступ к различным регионам страны.

Автомобильная дорога - это элемент автотранспортной инфраструктуры, которая предназначена для перемещения механических транспортных средств и включает в себя соединенные конструктивные элементы (дорожные покрытия и полотно) и искусственные инженерные сооружения, а также участки земли, на которых они расположены.

Все дороги можно объединить по различным признакам. По условиям доступа автотранспортных средств на дорогу и по условиям движения дороги делятся на три класса:

1. Автомагистраль.
2. Скоростная дорога.
3. Дорога обычного типа (нескоростная дорога) [1].

Автомагистрали это многополосные дороги с центральной разделительной полосой или дорожным ограничением. Для каждого направления движения – раздельная проезжая часть. У автомагистралей нет одноуровневых пересечений (например, перекрестков или железнодорожных путей). Скоростной режим тут выше, чем на обычных дорогах – до 110 км/ч. Обязательный признак автомагистралей и скоростных дорог – наличие четырех и более полос движения, при ширине каждой 3,75 м.

Скоростные дороги это дороги, выезд на которые возможен только через регулируемые перекрестки или транспортные развязки. На скоростных дорогах также запрещены остановки. Если водителю нужно передохнуть или приостановить движение, есть особые площадки для остановок автотранспорта. Отличие скоростных дорог от автомагистралей – в возможности съезда на прилегающую дорогу.

Правда, есть ограничение – такие съезды не должны быть чаще, чем через 5 км пути [2].

К классу дорог обычного типа относятся все остальные нескоростные дороги. На них условия проезда существенно проще – допускаются остановки, одноуровневые съезды, пересечения с путями для другого автотранспорта (поезда, трамвай и пр.). Эти дороги обычно так же разделены центральной полосой на два направления.

По уровню проходимости автодороги могут быть систематизированы по степени проходимости на дороги I, II и III класса. Дороги I класса обеспечивают связь между различными регионами страны и имеют максимальную проходимость. Дороги II класса связывают города и села и имеют среднюю проходимость. Дороги III класса соединяют населенные пункты внутри региона и имеют низкую проходимость [3].

По уровню сервиса автодороги также могут быть систематизированы по уровню сервиса на дороги автомагистрального типа, первого, второго, третьего и четвертого класса. Дороги автомагистрального типа – это магистральные дороги с высоким уровнем сервиса и развитой инфраструктурой. Дороги первого класса обеспечивают связь между крупными городами и имеют высокий уровень сервиса. Дороги второго класса обслуживают средние города и села и имеют средний уровень сервиса. Дороги третьего класса связывают населенные пункты внутри региона и имеют низкий уровень сервиса. Дороги четвертого класса имеют небольшой радиус действия и обслуживают отдаленные сельские районы.

С точки зрения влияния опорной поверхности на эксплуатационные показатели работы автомобиля (расход топлива, среднюю скорость движения, максимальную скорость движения на повороте, длину тормозного пути и др.) главным параметрами дорожных условий являются: коэффициент сопротивления качению, коэффициент сцепления, угол продольного наклона, радиус поворота, высота и длина микронеровностей дорожного полотна. При этом для разных отрезков даже одной и той же дороги все указанные параметры приобретают разные значения, которые можно рассматривать как случайные величины [4].

Эксплуатационное состояние дороги — степень соответствия неустойчивых параметров и характеристик дороги, технического оборудования, организации и условий движения, изменяющихся в процессе эксплуатации в результате воздействия автотранспорта и погодных-климатических факторов. К переменным параметрам и характеристикам дороги относятся: надежность дорожной одежды,

состояние покрытия, фактически используемая ширина проезжей части и обочин, сцепные качества (шероховатость) и ровность дорожного покрытия, состояние технического оборудования, состояние дорожной разметки, состояние въездов и переездов [5].

Автодороги могут быть систематизированы по типу покрытия на асфальтовые, бетонные, грунтовые дороги и дороги с другим типом покрытия. Асфальтовые дороги гарантируют плавное движение автотранспортных средств и имеют высокий уровень комфорта. Бетонные дороги также обеспечивают плавное движение автотранспортных средств и имеют высокую износостойкость. Грунтовые дороги, как правило, обладают низким уровнем проходимости и характеризуются большими колебаниями в качестве покрытия.

Качество последнего покрытия зависит от многих факторов. Одним из них является естественная подложка. Если говорить точнее, то речь идет о грунте, который будет находиться под дорожной одеждой. Он и является первым слоем. В некоторых территориях вероятно сильное смещение поверхностного грунта, поэтому требуется углубляться до определенного уровня, который более устойчив, а также делать большой слой насыпи. Важным моментом при укладке дорожного полотна является обеспечение дренажей. Они своевременно отводят дождевую и другую воду, которая, задерживаясь, может привести к разрушению дорожного полотна. Особенно это случается в морозный период года, когда жидкость, замерзая в порах, расширяется и приводит к деформации асфальта.

Качественна дорожная одежда состоит из нескольких видов слоев. Она рассчитана на продолжительный срок службы. Такое дорожное покрытие требует больших затрат при производстве, но меньше при последующем обслуживании, т. к. срок службы продолжительный. При своевременном выполнении исправительных работ износу подвергается лишь верхний слой. Нижний слой дорожного покрытия, который служит фундаментом, и обеспечивают несущие характеристики, должен оставаться без повреждений, т. к. для его починки придется перестилать значительную часть. Ниже несущего покрытия располагается основание. В дорожном покрытии оно гарантирует равномерное распределение нагрузок на подложку или грунт, что исключает продавливание под большим весом грузовиков.

Автодороги являются главной частью автотранспортной системы и гарантируют независимое передвижение транспорта. Знание этих типов и классификаций может помочь в разработке и

усовершенствовании дорожной инфраструктуры, что делает движение более комфортабельным и безопасным [6].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Панков П. И. Эксплуатация проезжих дорог. М.: Изд. Archive Publica, 2022. 48 с.

2. Нарбеков М. Ф. Классификация автомобильных дорог в СНГ и странах Запада// Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2018. С. 260-269.

3. Категории дорог. Классификация дорог по категориям. Категории автомобильных дорог [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: <https://businessman.ru/new-kategorii-dorog.html> (дата обращения: 22.04.2023).

4. Автомобильная дорога [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: <https://www.npfselena.ru/technologies/avtomobilnaja-doroga/> (дата обращения: 22.04.2023).

5. Виды дорожного покрытия автомобильных дорог [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: <https://bouw.ru/article/vidi-dorozhnogo-pokritiya-avtomobilnyh-dorog> (дата обращения: 22.04.2023).

6. Новиков И.А., Кравченко А.А., Шевцова А.Г., Васильева В.В. Научно-методологический подход к снижению аварийности на дорогах Российской Федерации // Мир транспорта и технологических машин. 2019. № 3. С. 58-64.

УДК 629.1

Чумаченко Я.О.

*Научный руководитель: Дуганова Е.В., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

МЕТОДЫ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Автодороги являются важным элементом инфраструктуры любого государства. Они позволяют связывать различные регионы, обеспечивать безопасную и эффективную транспортную связь для граждан и экономики. Однако, плохое качество дорог может привести к

серьезным последствиям, таким как аварии, задержки в движении, повышенный износ автомобилей, а также негативным влиянием на экономику.

В связи с этим, качество автодорог является одной из важнейших задач в области транспорта и инфраструктуры. На разных этапах создания, а также на этапах эксплуатации дороги, необходимо принимать меры по улучшению ее качества [1].

Кардинально решить проблему повышения эффективности работы автомобильного транспорта и обеспечения безопасности движения на автомобильных дорогах России в сложившихся условиях можно только в том случае, если протяженность дорожной сети будет развиваться быстрее, чем растет численность автомобильного парка.

Под общим улучшением транспортно-эксплуатационных качеств дорог подразумевается реконструкция существующих дорог с тем, чтобы они соответствовали требованиям современных норм, а также другие улучшения, которые охватывают совершенствование как поперечного профиля дороги, так и ее продольного профиля. При общем улучшении дороги обычно восстанавливается также дорожная одежда и дорожное обустройство, например, ограждения, знаки и т.п. В некоторых случаях могут изменяться скоростные режимы, например, устанавливаться минимальные и максимальные ограничения скорости. Изменение скоростного режима при общем улучшении дорог осуществляется, как правило, на участке дороги, проходящем по населенному пункту, и реже за его пределами [2].

Одним из методов улучшения качества дорог является использование новых технологий и материалов. В настоящее время существует множество новых материалов и технологий, которые могут использоваться в строительстве и ремонте дорог. Например, использование более прочных и долговечных материалов, таких как гибридные смеси асфальта, может увеличить срок службы дороги. Также можно применять новые методы ремонта, такие как ультразвуковая регенерация асфальта, которая позволяет сохранить целостность дорожного полотна и улучшить его качество. Высокая долговечность бетона позволяет сократить расходы на содержание и ремонт до минимума. Применяя цементобетон на современном уровне, с использованием специальных добавок, регулирующих сроки схватывания, прочность, морозостойкость, инновационных методов укладки и ухода за бетоном, с реализацией новых конструкции дорожных одежд, отвечающих современным методам можно добиться повышения качества дорожного покрытия и увеличения показателей надежности и долговечности автомобильных дорог [3].

Помимо прямых экономических выгод от строительства, данное покрытие обеспечивает такие технико-экономические преимущества при эксплуатации дороги как:

- высокая прочность цементобетона и общая жесткость дорожных одежд с цементобетонными покрытиями, способными выдерживать нагрузки, намного превышающие проектные для асфальтобетона, при одинаковых условиях и требованиях;

- Большой срок службы цементобетонного покрытия (по данным многочисленных исследований отечественной и зарубежной практики в 1,5–2 раза больше, чем у асфальтобетонного).

Использование современных материалов и методик в дорожном строительстве позволяет достичь значительной экономии не только при строительстве дорог, но и их дальнейшем содержании и эксплуатации.

Сцепление качества покрытия является одним из важнейших, поэтому эксплуатационные службы постоянно следят за ними и выполняют мероприятия по поддержанию сцепных качеств на высоком уровне. Это влияет и на скорость потока и на безаварийную езду. Коэффициент сцепления может меняться от 0 да 1, где 1 является самым высоким показателем. При уменьшении коэффициента, тормозной путь автомобиля увеличивается.

Известно, что асфальтобетонные покрытия воспринимают нагрузки от движущихся автотранспортных средств и распределяют на нижележащие слои под углом 45°. Как показывают исследования, выполненные в СИБАДИ, толщины асфальтобетонных покрытий должны составлять не менее 13 см на IV технической категории дорог и не менее 25 см для I технической категории. В этом случае автомобильные дороги обеспечат требуемые транспортно-эксплуатационные качества в период эксплуатации до реконструкции или капитального ремонта, то есть нормативный срок службы [4].

Особенно существенное влияние на износ дорожных одежд оказывает превышение фактических осевых нагрузок автомобилей над расчетными, которое происходит в настоящее время и намечается на перспективу.

Нередко можно увидеть, как дороги начинают ремонтировать или прокладывать в самую неблагоприятную погоду. Однако такие ситуации подразумеваются стандартами работы для дорожников. В технологию укладки включены способы работы в снег, мороз и дождь. Согласно стандартам, новый ГОСТ подразумевает работу в температурных условиях от +10°C до -10°C осенью и зимой и от +5°C до -10°C весной. Исключением для работ может стать сильный дождь (свыше 5 мм осадков в сутки) и резкий ветер в сочетании с морозами.

С развитием глобального прогресса появляются новые технологии, современные методы строительства автомобильных дорог. На сегодняшний день существует три прогрессивных технологии для возведения транспортных путей это — геотекстиль, использование автомобильных шин, использование полимерных стабилизаторов грунта. Строительство дорог с использованием геотекстиля имеет экономический и экологический факторы. Дополнительно использования геосинтетики позволяет овысить долговечность конструкций земляного полотна и дорожных одежд и повысить культуру производства. Использование полимерных стабилизаторов грунта позволяет получить высокий экономический эффект за счет использования местных, как правило, глинистых грунтов при устройстве основания дорожной одежды.

Улучшение качества дорог является важным вопросом, который требует системного и комплексного подхода. Использование новых технологий и материалов, создание более эффективной системы обслуживания и технического обслуживания, а также обучение и повышение квалификации сотрудников - все это позволит создать безопасные и комфортные дороги, которые достойны нашего общества [5].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Панков П. И. Эксплуатация проезжих дорог. М.: Изд. Archive Publica, 2022. 48 с.
2. Павлова Л.В., Павлова Л.Н. Совершенствование качества автомобильных дорог// Инновационная наука. 2016. С. 92-93.
3. Способы увеличения долговечности дорог [Электронный ресурс]. Систем.требования: AdobeAcrobatReader. URL: <https://asfaltok.ru/sposoby-uvelichenija-dolgovechnosti-dorog/> (дата обращения: 22.04.2023).
4. Пути повышения качества проектирования и ремонта автомобильных дорог [Электронный ресурс]. Систем.требования: AdobeAcrobatReader. URL: <https://www.dorlab-ltd.ru/stati/2018-03-23/puti-povysheniya-kachestva-proektirovaniya-i-remonta-avtomobilny> (дата обращения: 22.04.2023).
5. Основные пути и задачи совершенствования дорожной сети [Электронный ресурс]. Систем.требования: AdobeAcrobatReader. URL: https://bstudy.net/645033/tehnika/osnovnye_puti_zadachi_sovershenstvovaniya_dorozhnoy_seti (дата обращения: 22.04.2023).

6. Новиков И.А., Кравченко А.А., Шевцова А.Г., Васильева В.В.
Научно-методологический подход к снижению аварийности на дорогах
Российской Федерации // Мир транспорта и технологических машин.
2019. № 3. С. 58-64.