

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»

(наименование кафедры)

15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных
производств»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Технология машиностроения

(направленность (профиль)/ специализация)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему Технологический процесс сборки коробки передач

Студент	<u>К.Г. Фофонов</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Руководитель	<u>Д.Ю. Воронов</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Консультанты	<u>А.Г. Егоров</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	<u>Н.В. Зубкова</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	<u>П.А. Корчагин</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	<u>О.Н. Брега</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой к.т.н., доцент Н.Ю. Логинов

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

« _____ » _____ 2019 г.

Тольятти 2019

АННОТАЦИЯ

Фофонов Кирилл Геннадьевич. Технологический процесс сборки коробки передач. Бакалаврская работа. Тольятти. Тольяттинский государственный университет, 2019.

В бакалаврской работе представлена технология сборки коробки передач в условиях массового производства.

Ключевые слова: данные для проектирования, технология сборки, приспособление для сборки, инструмент для сборки, безопасность и экологичность проекта, экономическая эффективность.

При выполнении бакалаврской работы достигнуты следующие результаты:

- по разделу «Введение» - исследована актуальность и сформулирована цель данной работы;

- по первому разделу - исследованы исходные данные для проектирования процесса сборки коробки передач;

- по второму разделу – проведена разработка технологического процесса сборки коробки передач;

- по третьему разделу – обосновано применение интеллектуальной нейронной сети для контроля технологических дефектов технической системы и процесса сборки, а также приведена методика повышения точности позиционирования промышленного робота для сборки;

- по четвертому разделу - исследованы мероприятия по безопасности и экологичности проекта;

- по пятому разделу – исследована величина экономической эффективности разработанной технологии;

- по разделу «Заключение» представлены достижения и выводы по данной работе.

Бакалаврская работа содержит пояснительную записку в размере 69 страниц, содержащую 10 таблиц, 4 рисунка, и графическую часть, содержащую 7 листов.

ABSTRACT

Fofonov Kirill Gennadievich. Technological process of gearbox Assembly. Bachelor's work. Togliatti. Togliatti state University, 2019.

Technology of Assembly of the gearbox in terms of mass production is presented in bachelor's work.

Key words: design data, Assembly technology, Assembly device, Assembly tool, safety and environmental friendliness of the project, economic efficiency.

During the implementation of bachelor's work the following results have been achieved:

- section "Introduction" - investigated the relevance and purpose of this work;
- in the first section - investigated the initial data for the design of the gearbox Assembly process;
- in the second section – development of technological process of transmission Assembly is carried out;
- in the third section – justified the use of intelligent neural network for the control of technological defects of the technical system and the Assembly process, as well as a method of improving the accuracy of the positioning of the industrial robot for Assembly;
- in the fourth section - measures on safety and environmental friendliness of the project are investigated;
- in the fifth section – the value of economic efficiency of the developed technology is investigated;
- the section "Conclusion" presents the achievements and conclusions of this work.

Bachelor's work contains an explanatory note in the amount of 69 pages, containing 10 tables, 4 figures, and a graphic part contains 7 sheets.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 Анализ исходных данных	7
1.1 Анализ служебного назначения узла.....	7
1.2 Анализ технологичности конструкции коробки передач.....	8
1.3 Задачи бакалаврской работы.....	8
2 Разработка технологической части работы	9
2.1 Обоснование выбора технологического процесса.....	9
2.2 Выбор организационной формы сборки.....	10
2.3 Определение трудоемкости сборки.....	11
2.4 Технология сборки коробки передач.....	12
3 Проектирование специальных средств оснащения.....	20
3.1 Интеллектуальная нейронная сеть для контроля технологических дефектов технической системы и процесса обработки.....	20
3.2 Повышения точности позиционирования промышленного робота.....	38
4 Безопасность и экологичность технического объекта.....	51
4.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта.....	51
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	51
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	52
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта.....	54
4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта.....	56
4.6 Заключение по разделу.....	57
5 Экономическая эффективность работы	59
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	63
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	64
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	67

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время бесспорным лидером в России в области автомобилестроения и производства авто компонентов является ПАО «АВТОВАЗ». Данная бакалаврская работа выполнена на основе данных, представленных для выполнения выпускной квалификационной работы в рамках целевой подготовки.

Важнейшим узлом современного автомобиля, определяющим качество его работы, является коробка перемены передач, или коробка передач (КП). Современная КП в своей конструкции сочетает все передовые достижения науки и техники, имеет сложную конструкцию и требует тщательной организации процесса сборки. Причем к качеству сборки с каждым днем предъявляются все более и более жесткие требования.

Для реализации данных требования необходимо более широко применять новые технологии в области автоматизации сборки и способах организации сборочного процесса, обеспечивающего без дефектное производство, что является неким трендом в современном производстве. Поэтому, тема данной бакалаврской работы, направленная на решение данной актуальной проблемы является актуальной.

Тогда, цель бакалаврской работы может быть сформулирована следующим образом: разработка технологического процесса сборки коробки передач с максимальным качеством и минимальными затратами

1 Анализ исходных данных

1.1 Анализ служебного назначения узла

Важнейшим узлом современного автомобиля, определяющим качество его работы, является коробка перемены передач, или коробка передач. На сегодняшний день на ПАО «АВТОВАЗ» применяется следующая модификация КП – «High Face», применяемая на всех серийных моделях и зарекомендовавшая себя как качественное и сравнительно не дорогое изделие.

Эскиз коробка передач представлен на рисунке 1.1.

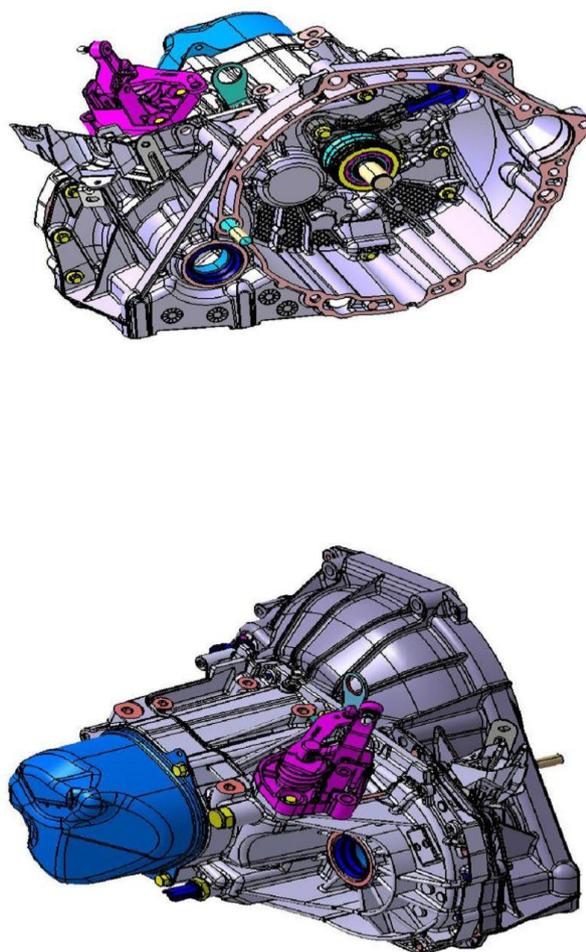


Рисунок 1.1 - Эскиз коробки передач

Таким образом, можно сформулировать служебное назначение КП как изменение передаточного числа и связи двигателя с трансмиссией.

1.2 Анализ технологичности конструкции коробки передач

Анализируя конструкцию КП можно говорить о том, что все основные элементы конструкции доступны для ручной и автоматической сборки, исходя из конструкции КП, наиболее предпочтительна узловая, поточная сборка. Основная часть деталей, составляющих конструкцию КП, подразумевают применение для сборки специальных приспособлений, инструментов и средств контроля, что соответствует стратегии массового производства.

Допуски на сборку достаточно жесткие, что подразумевает применение специальных технологических средств, для ее осуществления.

Таким образом, анализируя выше сказанное, можно говорить о не высокой степени технологичности данного изделия.

1.3 Задачи бакалаврской работы

Основной целью в бакалаврской работе является усовершенствование технологического процесса изготовления сборки коробки передач с максимальным качеством и минимальными затратами.

Для достижения цели необходимо решить ряд задач:

- исследовать исходные данные для проектирования процесса сборки коробки передач;
- провести разработку технологического процесса сборки коробки передач;
- обосновать применение интеллектуальной нейронной сети для контроля технологических дефектов технической системы и процесса сборки;
- разработать методику повышения точности позиционирования промышленного робота для сборки;
- исследовать мероприятия по безопасности и экологичности проекта;
- исследовать величину экономической эффективности разработанной технологии.

2 Разработка технологической части работы

2.1 Обоснование выбора технологического процесса

Организационная форма сборки машин определяется типом и условиям производства. При этом решающими факторами являются годовой объем выпуска изделий, трудоемкость сборочных работ и экономическая эффективность.

Годовая программа выпуска автомобиля в данной бакалаврской работе составляет $N=100000$ штук в год. Выбираем поточную подвижную форму сборки с принудительным ритмом.

При поточной сборке узловую сборку целесообразно располагать перпендикулярно линии общей сборки изделия таким образом, чтобы конечная операция сборки узла завершалась вблизи места его установки на линии общей сборки (рисунок 2.1)

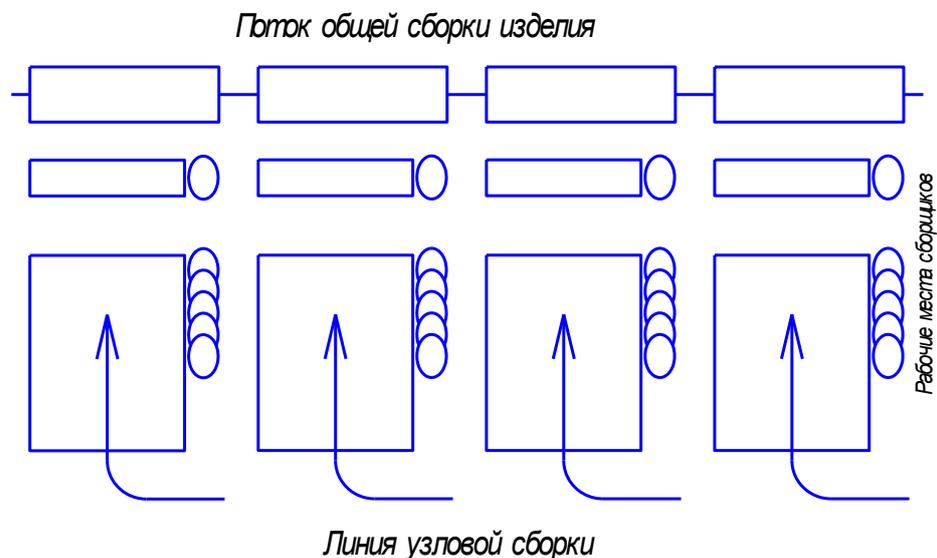


Рисунок 2.1 - План-схема потоков узловой и общей сборки.

На практике часто сборку узлов производят в одном или разных цехах, а общую сборку – в другом. Также собирается передняя подвеска автомобиля, причем полная сборка подвески производится уже

непосредственно на самом автомобиле при его сборке на главном конвейере завода.

2.2 Выбор организационной формы сборки

В массовом производстве задаются тактом выпуска изделий, исходя из годового объема выпуска изделия и действительного годового фонда рабочего времени сборочного оборудования.

Такт выпуска изделий :

$$T_d = \frac{F_d \times 60 \times m}{N} \text{ (мин)}, \quad (2.1)$$

где F_d - действительный годовой фонд рабочего времени сборочного оборудования в одну смену. Определяется по таблице 2.1, $m=2$ - количество смен; $N=100000$ шт. - годовой объем выпуска

Таблица 2.1 - Годовой действительный фонд времени сборочного оборудования в час.

Количество смен, m	Стационарная сборка		Подвижная сборка
	необорудованные стенды	оборудованные стенды	
1	2070	2030	2030
2	4140	4015	4015
3	6210	5960	5960

Исходя из двух сменного графика принимаем и поточной сборки принимаем действительный годовой фонд рабочего времени сборочного оборудования в две смены $F_d=4015$ ч. Определяем такт выпуска изделий по формуле (2.1)

$$T_d = \frac{4015 \times 60}{100000} = 2.41 \text{ мин.}$$

2.3 Определение трудоемкости сборки

Общее оперативное время на все виды работ:

$$t_{\text{оп}}^{\text{общ}} = t_{\text{оп}} = 13,3 \text{ мин.}$$

Суммарная трудоемкость сборки изделия определяется по формуле:

$$t_{\text{шт}}^{\text{общ}} = t_{\text{оп}}^{\text{общ}} + t_{\text{оп}}^{\text{общ}} \times \frac{\alpha + \beta}{100} \text{ мин.}, \quad (2.4)$$

где α – часть оперативного времени на организационно-техническое обслуживание рабочего места в процентах

$\alpha = 2-3\%$, принимаем $\alpha = 3\%$;

β – часть оперативного времени для перерыва и отдыха в процентах

$\beta = 4-6\%$, принимаем $\beta = 5\%$

Определяем суммарную трудоемкость сборки изделия:

$$t_{\text{шт}}^{\text{общ}} = 13,3 + 13,3 \frac{3+5}{100} = 14,36 \text{ мин.}$$

2.4 Технология сборки коробки передач

Таблица 2.2 – Технология сборки коробки передач

№ операции	Содержание операций, переходов	Приспособление, оборудование, инструмент	Время Т _{шт} , мин.
1	2	3	5
10	Взять поочередно первичные валы и установить на тележку (12 шт)	Тележка, перчатки	2,41
	Взять тележку и переместиться к стеллажу со вторичными валами		
	Взять поочередно вторичные валы и установить на тележку (12 шт)		
	Взять тележку и переместиться к стеллажу с вилками ½ передачи		
	Взять поочередно щток переключения ½ передачи с вилкой в сборе и установить на тележку (12 шт)		
	Взять тележку и переместиться к стеллажу с шестернями		
	Взять поочередно шестерни 1,2,3,4 передачи и установить на тележку (12 шт)		
	Взять тележку и переместиться на операцию 20		
20	Взять вторичный вал и установить на станцию	Измерительная станция	2,41
	Переместиться и начать обкатку вторичного вала		
	Взять поочередно щток переключения ½ передачи с вилкой в сборе и установить на паллету		
	Испытать на стук шестерни главной пары вторичного вала с эталонной ведомой шестерней переднего моста		
	Проверить межосевое расстояние		
30	Повернуться и взять первичный вал и шестерни 1,2,3,4 передачи на станцию	Измерительная станция	2,41
	Переместиться и начать обкатку первичного вала и шестерен 1,2,3,4 вторичного вала		
	Повернуться и взять обкатанный вторичный вал и положить на паллету		
	Испытание на стук первичного вала с ведомыми шестернями 1,2,3,4 передачи вторичного вала		
	Повернуться и взять обкатанные шестерни 3 и 4 передачи вторичного вала и установить на паллету		
	Повернуться и взять обкатанные шестерни 1 и 2 передачи и установить шестерню 1 передачи на вторичный вал, а шестерню 2 передачи на паллету		
	Первичный вал установить в последнюю очередь		
	Установить шестерню 1 передачи на вторичный вал		

Продолжение таблицы 2.2

1	2	3	4
35	Взять шестерню 5 передачи первичного вала и вторичного вала и установить на станцию	Измерительная станция	2,41
	Переместиться и начать обкатку шестерни 5 передачи		
	Повернуться и взять обкатанную шестерню 5 передачи и установить на паллету		
110	Взять и установить две центрирующих втулки картера КП и картера сцепления на нижнюю плиту	Сендвичевый пресс	2,41
	Поместить три втулки штока переключения передач на нижнюю пластину, сориентировать		
	Сканировать ярлык штрих-кода картера сцепления в начале каждой тележки		
	Переместить картер сцепления под сендвичевый пресс		
	Подтверждение работы на прессе		
	Автоматическая установка		
	Периодический контроль положения запрессованных втулок картера сцепления		
	Подтверждения окончания работы на прессе		
120	Установить наружное кольцо подшипника дифференциала на прессовую оснастку	Сендвичевый пресс	2,41
	Запрессовка наружного кольца подшипника дифференциала по оси дифференциала		
	Установить подсобранную с кольцом прессовую оснастку на пресс		
	Запрессовать наружное кольцо подшипника дифференциала в картер сцепления		
	Установить подшипник вторичного вала и маслосборника на прессовую оснастку		
	Снять предыдущую прессовую оснастку		
	Установить новую прессовую оснастку		
	Запрессовать подшипник вторичного вала и маслосборника по оси вала		
	Чеканка подшипника вторичного вала по оси вала		
	Снять предыдущую прессовую оснастку		
	Установить новую прессовую оснастку		
	Запрессовать подшипник первичного вала по оси вала		
	135		
230	Снять с паллеты вторичный вал с шестерней передачи и установить на специальную поддержку	Приспособление-спутник, инструмент специальный	2,41
	Взять наружное и внутреннее блокирующие кольца синхронизатора и установить на маслораспределитель		
	Взять внутреннее блокирующие кольца синхронизатора и установить на вторичный вал		

Продолжение таблицы 2.2

1	2	3	4
	<p>Взять и установить промежуточный конус на внутреннее блокирующее кольцо синхронизатора и установить на приспособление</p> <p>Взять наружное блокирующее кольцо синхронизатора и установить на приспособление</p> <p>Взять наружное блокирующее кольцо синхронизатора и поместить на подсорбу</p> <p>Взять и поместить муфту скользящую синхронизатора 1/2 передачи на приспособление</p> <p>Взять и установить 3 пружины синхронизатора и 3 фиксатора синхронизатора</p> <p>Взять и установить 3 фиксатора в муфту специальным инструментом</p> <p>Взять наружное блокирующее кольцо синхронизатора и сориентировать на муфте скользящей синхронизатора 1/2 передачи</p> <p>Взять и установить промежуточный конус на наружное блокирующее кольцо синхронизатора</p> <p>Взять наружное блокирующее кольцо синхронизатора и сориентировать на муфте</p> <p>муфту скользящую синхронизатора 1/2 передачи двумя руками и установить на вторичный вал</p> <p>Взять подобранный вторичный вал и установить на паллету</p> <p>Взять и поместить муфту скользящую синхронизатора 3/4 передачи на приспособление</p> <p>Взять и установить 3 пружины синхронизатора и 3 фиксатора на муфту</p> <p>Взять наружное блокирующее кольцо и установить на маслораспределитель</p> <p>Взять наружное блокирующее кольцо синхронизатора и сориентировать на муфте</p> <p>Взять внутреннее блокирующее кольцо и установить на маслораспределитель</p> <p>Взять внутреннее блокирующее кольцо синхронизатора и сориентировать на муфте</p> <p>Взять муфту скользящую синхронизатора 1/2 передачи двумя руками и установить на паллету</p>		
240	<p>Запрессовать кольцо стопорное ступицы синхронизатора на вторичный вал</p> <p>Установить шайбу зубчатую упорную шестерни 2,3 передачи на вторичный вал</p> <p>Установить шестерню 2 передачи на вторичный вал</p>	Приспособление-спутник, инструмент специальный	2,41

Продолжение таблицы 2.2

1	2	3	4
	Установить шайбу зубчатую упорную шестерни 2,3 передачи на вторичный вал Запрессовать кольцо стопорное ступицы синхронизатора на вторичный вал Установить шайбу зубчатую упорную шестерни 2,3 передачи на вторичный вал Установить шестерню 3 передачи на вторичный вал Установить шайбу зубчатую упорную шестерни 2,3 передачи на вторичный вал Запрессовать кольцо стопорное ступицы синхронизатора на вторичный вал Установить муфту скользящую синхронизатора $\frac{3}{4}$ передачи на вторичный вал Установить шестерню 4 передачи на вторичный вал Установить пластинчатую шайбу на вторичный вал		
250	Запрессовка кольца внутреннего переднего подшипника вторичного вала на вторичный вал Запрессовка кольца внутреннего подшипника дифференциала на оси дифференциала Взять вторичный вал, установить на специальный стол Взять дифференциал, установить на специальный стол	Приспособление-спутник, инструмент специальный	2,41
270	Смазать шток переключения $\frac{1}{2}$ передачи Вставить шток переключения $\frac{1}{2}$ передачи с вилкой в сборе в канавку синхронизатора $\frac{1}{2}$ передачи в сборе на вторичном валу в сборе Совместить первичный вал со вторичным валом и дифференциалом в сборе Состыковать ведущую шестерню 4 передачи п первичного вала с ведомой шестерней 4 передачи вторичного вала Состыковать ведущую шестерню вторичного вала с ведомой шестерней дифференциала Поместить комплект первичного и вторичного вала и дифференциала в сборе в картер сцепления Поместить магнит на место в картере сцепления	Приспособление-спутник, инструмент специальный	2,41
280	Вставить 2 сухаря блокировочных $\frac{1}{2}$ и $\frac{3}{4}$ передачи в картер сцепления Одеть вилку включения $\frac{3}{4}$ передачи на шток вилки включения Вставить шток включения $\frac{3}{4}$ передачи с вилкой в сборе в канавку синхронизатора $\frac{3}{4}$ передачи Вставить штифт пружинный вилки к штоку $\frac{3}{4}$ передачи	Приспособление-спутник, инструмент специальный	2,41

Продолжение таблицы 2.2

1	2	3	4
	Разъединить щток переключения 5 передачи с вилкой		
	Установить щток переключения 5 Передачи в отверстие картера сцепления		
	Поместить ось шестерни заднего хода промежуточной шестерней в картер сцепления		
	Установить штифт стопорный оси промежуточной шестерни заднего хода		
310	Установить два кольца заднего подшипника первичного вала в картер	Приспособление-спутник, инструмент специальный	2,41
	Установить два шариковых подшипника в картер		
	Запрессовать кольцо подшипника первичного вала в картер		
	Запрессовать шариковый подшипник в картер		
	Запрессовать три втулки штока выбора передач в картер		
	Запрессовать втулку механизма выбора передач в картер		
320	Поместить трубку сапуна внутреннюю в картер	Приспособление-спутник, инструмент специальный	2,41
	Запрессовать кольцо наружное дифференциала на оси дифференциала		
	Разобрать задний подшипник вторичного вала		
	Запрессовать кольцо наружное заднего подшипника вторичного вала на оси вторичного вала		
350	Измерение картера сцепления производится при включенной 3 передаче	Приспособление-спутник, инструмент специальный	2,41
	Провести минимум 10 вращений		
	Измерение размера под нагрузкой размера на вторичном валу		
	Определение размера кольца регулировочного		
360	Провести минимум 10 вращений имитатора вторичного вала с задним подшипником вторичного вала в сборе	Приспособление-спутник, инструмент специальный	2,41
	Измерение размера под нагрузкой в трех точках на торце заднего подшипника вторичного вала в сборе		
	Определение размера для кольца регулировочного		
370	Нанесение непрерывного корда анаэробного герметика	Инструмент специальный	2,41
380	Взять механизм выбора передач в сборе и снять рычаг выбора передач со штока	Приспособление-спутник, инструмент специальный	2,41
	Установить механизм выбора передач в сборе штифтом вверх в картер		
	Установить рычаг выбора передач на щток механизма выбора передач в сборе и совместить два отверстия для штифта механизма выбора передач		

Продолжение таблицы 2.2

1	2	3	4
	<p>Предварительно завернуть три болта крепления механизма выбора передач</p> <p>Затянуть три болта крепления механизма выбора передач</p> <p>Установить штифт механизма выбора передач</p> <p>Установить рычаг блокировки заднего хода в картер</p> <p>Затянуть болт крепления рычага блокировки заднего хода</p>		
390	<p>Установить три фиксатора штоков переключения передач в картер</p> <p>Установить кольцо регулировочное на вторичный вал</p> <p>Установить кольцо внутреннее заднего подшипника вторичного вала на вторичный вал</p> <p>Поместить лоток подачи масла в картер</p> <p>Установить устройство для центрирования дифференциала в сборе</p> <p>Установить картер КП на картер сцепления и манипулировать механизмом выбора передач до зацепления механизма выбора передач с головкой штока переключения $\frac{3}{4}$ передачи</p> <p>Проверить зацепление механизма выбора передач на третьей передаче</p> <p>Убрать устройство для центрирования дифференциала в сборе</p> <p>Установить два болта в головку гайковерта</p> <p>Завернуть автоматически два болта</p>	<p>Приспособление-спутник, инструмент специальный</p>	2,41
410	<p>Завернуть автоматически восемь болтов крепления картера коробки передач и картера сцепления</p>	<p>Приспособление-спутник, инструмент специальный</p>	2,41
420	<p>Завернуть автоматически шесть болтов М8×43 крепления картера коробки передач и картера сцепления</p> <p>Затянуть автоматически два болта</p> <p>Установить гидравлический выжимной подшипник в картер сцепления и на первичный вал</p> <p>Завернуть автоматически два болта крепления цилиндра гидропривода сцепления</p> <p>Смазать отверстие под сальник дифференциала в картере сцепления</p>	<p>Приспособление-спутник, инструмент специальный</p>	2,41
440	<p>Смазать отверстие под сальник дифференциала в картере КП</p> <p>Установить сальник полуоси левый в картере КП</p> <p>Установить сальник полуоси правый в картере сцепления</p>	<p>Приспособление-спутник, инструмент специальный</p>	2,41

Продолжение таблицы 2.2

1	2	3	4
450	Вставить два рычага синхронизатора 5-ой передачи в муфту скользящую синхронизатора 5-ой передачи и сориентировать по двум пазам	Приспособление-спутник, инструмент специальный	2,41
	Вставить кольцо блокирующее синхронизатора 5-ой передачи в муфту скользящую синхронизатора 5-ой передачи и сориентировать два выступа по двум пазам		
460	Установить шайбу опорную шестерни 5-ой передачи первичного вала на первичный вал	Приспособление-спутник, инструмент специальный	2,41
	Установить втулку шестерни 5-ой передачи первичного вала на первичный вал		
	Поместить шестерню 5-ой передачи первичного вала на линию первичного вала		
	Установить фиксированную шестерню 5-ой передачи вторичного вала на вторичный вал		
	Совместить вилку переключения 5-ой передачи с канавкой синхронизатора 5-ой передачи в сборе		
	Поместить данную подсорку по оси первичного вала		
	Поджать синхронизатор 5-ой передачи в сборе на первичном валу		
	Поджать шестерню 5-ой передачи вторичного вала на вторичном валу		
470	Установить шайбу стопорную гайки крепления первичного вала выступом вверх и совместить с пазом подвижной ступицы	Приспособление-спутник, инструмент специальный	2,41
	Завинтить гайку M18×150 крепления первичного вала		
	Смазать поверхности первичного вала		
	Смазать два места на рычагах KYOWA		
	Нанести две капли локтайта на диаметрально противоположную друг другу верхнюю часть вторичного вала		
	Завинтить болт M10×100 крепления шестерни 5-ой передачи вторичного вала на вторичном валу		
	Установить штифт крепления вилки к штоку 5-ой передачи в вилку переключения 5-ой передачи		
	Поместить красную пластиковую заглушку в пробку заливочного отверстия в картере КП		
480	Завинчивание выключателя заднего хода в картер КП	Приспособление-спутник, инструмент специальный	2,41
	Протестировать выключатель света заднего хода		
	Поместить прокладку крышки 5-ой передачи на картер КП		
	Установить крышку 5-ой передачи на картер КП		
	Завинтить три болта M8×125 крепления крышки 5-ой передачи		

Продолжение таблицы 2.2

1	2	3	4
520	Заполнить КП маслом	Приспособление-спутник, инструмент специальный	2,41
	Выбрать скорость линии и передачу посредством рычага переключения передач		
	Провести испытание КП		
	Удалить масло из КП		
535	Смазка первичного вала антикоррозийным составом	Приспособление-спутник, инструмент специальный	2,41
540	Одеть прокладку пробки сливной на пробку М16×150 сливную и установить в сборе в картер сцепления	Приспособление-спутник, инструмент специальный	2,41
	Закрутить пробку М16×150 сливную в картер сцепления		
	Установить рым коробки передач		
	Закрутить болт М8×18 крепления рыма		
	Вставить корпус сапуна внутренний в отверстие картера КП		
	Распечатать ярлык штрих кода		
	Ярлык штрих кода приклеить на крышку 5-ой передачи		
560	Установить кронштейн крепления штекера датчика кислорода и кронштейн крепления тросов привода двумя болтами М8×125 на картер сцепления	Приспособление-спутник, инструмент специальный	2,41
	Завернуть два болта М8×125 крепления тросов привода на картер сцепления		
	Завинтить шпильку М12×55 крепления КП к двигателю в картер сцепления		
	Вставить пластиковую защиту дифференциала в отверстие дифференциала		
	Установить пластиковую защиту на первичный вал		
565	Закрепить захватное устройство на КП	Захватное устройство, тара	2,41
	Поднять подъемное устройство до натяжения цепи		
	Поместить КП в тару		
	Отсоединить захватное устройство на КП		

3 Проектирование специальных средств оснащения

3.1 Интеллектуальная нейронная сеть для контроля

технологических дефектов технической системы и процесса обработки

В способе идентификации зарождающихся дефектов технологических объектов получают данные объекта контроля; формируют эталонную выборку показателей работы объекта; строят матрицы состояния и эмпирические модели прогностики состояния объекта контроля. Также определяют разладки и интегральные критерии, характеризующие отклонения показателей параметров объекта контроля; анализируют информацию от объекта контроля; модифицируют эталонную выборку;

обновляют эмпирические модели. Также определяют степень отклонения показателей параметров объекта контроля от показателей эмпирических моделей и выявляют разладки для таких показателей. Затем ранжируют вычисленные разладки; определяют аномалию для показателя работы объекта; определяют тип дефекта для каждой аномалии; формируют классификатор дефектов объекта и определяют зарождающийся дефект и прогнозирование его развития. Происходит автоматизация определения дефектов.

Методика относится к системе прогностики и удаленного мониторинга (далее СПиУМ), а также искусственного интеллекта и применяющегося в ней способа для автоматической идентификации и прогнозирования развития зарождающихся дефектов технологических объектов, относящихся к их оборудованию.

Известен расширенный способ поиска нейронной сети на основе искусственного интеллекта (патент CN 106354856, BEIJING BAIDU NETCOM SCI & TEC, 25.01.2017). Способ содержит этапы реализации, в которых отправленный терминалом запрос поиска содержит элемент поиска и неявные сведения; элемент поиска импортируется на этап, где результаты

сопоставляются с элементом поиска и определяются первые сходства между результатами и объектом поиска; результаты поиска и неявный элемент поиска, определенные в соответствии с неявной информацией поиска, импортируются в предварительно обученную неявную модель соответствия, и определяются второе сходство между результатами поиска и неявным поиском; в соответствии с первым сходством и вторым сходством, результаты поиска упорядочиваются и получается порядок отображения результатов поиска; результаты поиска и порядок отображения отправляются на терминал, так что терминал отображает результаты поиска в соответствии с порядком отображения, что позволяет улучшить точность поиска.

Недостатками данного решения является отсутствие автоматизирующей диагностики и прогнозирования на базе эталонных выборок параметров.

Известен способ использования нейронной сети для прогнозирования контроля агломерационных машин (WO 2008031177, GERDAU ACOMINAS SA, 20.03.2008). Способ основан на обучении нейронной сети фрагментами информации процесса. Обучение проходит в режиме реального времени при помощи специального программного обеспечения, что позволяет скорректировать прогнозы и обеспечивает операционную стабильность.

Недостатками данного решения являются ведение прогнозирования в реальном времени без учета имеющихся ранее данных, что не позволяет быстро и точно определить возможное нарушение работы объекта в будущем.

Известна система и способ наблюдения за промышленным процессом (US 08/255586, ARCH DEVELOPMENT CORPORATION, 17.12.1996). Система и способ включают в себя множество датчиков, контролирующих параметры промышленного процесса, устройства для преобразования воспринимаемых данных в совместимую с компьютером информацию и компьютер, который выполняет компьютерное программное обеспечение,

предназначенное для анализа данных датчика, для выявления статистически достоверных условий тревоги. Компьютерное программное обеспечивает удаление информации о последовательной корреляции, а затем вычисление данных распределения для расчета коэффициента вероятности определения условий тревоги.

Известен способ и система наблюдения за переходными сигналами промышленного устройства для определения рабочего состояния (US 08/521892, ARCH DEVELOPMENT CORPORATION, 28.04.1998), которые включают в себя этапы считывания данных обучения памяти, определения весовых значений нейронной сети до достижения целевых выходов, близких к выходу нейронной сети. Если целевые выходы неадекватны, параметры определяются так, что выход нейронной сети приближается к требуемому набору целевых выходов, а затем предоставляет сигналы, характерные для промышленного процесса, и сравнивает выход нейронной сети с сигналами промышленного процесса для оценки рабочего состояния промышленного процесса.

Недостатком данного решения является отсутствие возможности автоматической идентификации зарождающегося дефекта и прогнозирования его развития.

Наиболее близким аналогом данного изобретения является система удаленного мониторинга и диагностики (патент RU 2626780, Акционерное общество «РОТЕК», 01.08.2016) - средство, автоматизирующее поиск аномалий (определение изменения в техническом состоянии, вызванного ранжированными по «весам» отклонениями от эталона группы аргументов-параметров). Прозрачный и математически обоснованный алгоритм на основе MSET (Multivariate State Estimation Technique), применяемый в СУМиД анализирует входные данные на предмет наличия отклонений относительно модели по превышению порогового уровня критерия Хотеллинга (T^2), и, при его обнаружении, позволяет выявить параметры,

ставшие причиной отклонения. Статистический критерий T_2 , квадратичная форма стандартизованных невязок, является оптимальным для оценки технических систем.

Интерпретация полученных результатов работы системы СУМиД по точному определению причин возникновения и локализации дефектов выполняется автоматизировано с использованием экспертных модулей. СУМиД автоматически с высокой эффективностью определяет факт изменения технического состояния объекта, но не определяет в автоматическом режиме причину (не локализует дефект). СУМиД позволяет прогнозировать тенденцию изменений в техническом состоянии объектов.

Недостатком данного решения является отсутствие возможности автоматической идентификации зарождающегося дефекта и прогнозирования его развития.

Прогнозирования развития зарождающихся дефектов и их удаленной идентификации (СПиУИД) и реализуемого в ней способа классификации дефектов объектов (далее объекты контроля и элементы объекта контроля), которая позволит на ранней стадии выявлять изменения в техническом состоянии технологических объектов и прогнозировать нарушение их работы и/или их частей, автоматически идентифицируя зарождающийся дефект.

Техническим результатом является создание системы искусственного интеллекта СПиУИД, обеспечивающей автоматическое определение причин возникновения и локализации зарождающихся дефектов на различных режимах работы объектов удаленного мониторинга, за счет обнаружения и распознавания возникновения аномалий в их работе.

Для решения задачи выявления аномалий возможно использование помимо MSET других непараметрических методов моделирования, например, ядерной регрессии (Kernel Regression) и ядерного сглаживания, метода опорных векторов (Support Vector Machine - SVM), методов нечетких

логик, бустинга деревьев решений, главных компонент, нейронных сетей и, наконец, методов моделирования на основе подобия (Similarity Based Modeling - SBM). Результаты работы обозначенных дополнительных методов непараметрического моделирования в режиме онлайн могут быть проверены методом MSET в режиме офлайн.

Все методы непараметрического моделирования используются для определения аномалий в работоспособном техническом состоянии объектов, для идентификации зарождающегося дефекта - нейронная сеть.

Главным недостатком существующих в настоящее время систем искусственного интеллекта и глубоких нейронных сетей считается их неспособность самостоятельно осваивать новые навыки. Чтобы научить их выполнению новой задачи, приходится использовать большие массивы данных, вручную обработанные человеком. В СПиУИД база существенных аномалий технического состояния для обучения нейронной сети генерируется самой системой, экспертом добавляется лишь комментарий, идентифицирующий дефект.

В одном из предпочтительных вариантов осуществления заявленного изобретения представлен способ идентификации зарождающихся дефектов технологических объектов, который заключается в выполнении этапов, на которых:

- получают данные объекта контроля, характеризующие показатели параметров работы упомянутого объекта;
- формируют на основании полученных параметров эталонную выборку показателей работы объекта, причем упомянутая выборка соответствует временному промежутку непрерывной работы объекта контроля;
- осуществляют построение матрицы состояния на основании значений показателей эталонной выборки;

- осуществляют построение по меньшей мере одной эмпирической модели прогностики состояния объекта контроля, которая отображает состояние объекта в многомерном пространстве показателей параметров работы объекта;
- определяют интегральные критерии, которые характеризуют отклонения показателей параметров объекта контроля;
- определяют разладки, отображающие степень влияния показателей работы объекта на упомянутое отклонение показателей параметров объекта контроля;
- осуществляют анализ поступающей информации от объекта контроля с помощью полученного набора эмпирических моделей путем сравнения полученных показателей объекта контроля с параметрами модели в заданный промежуток времени;
- модифицируют эталонную выборку с помощью ее пополнения точками за новый промежуток времени и фильтрацией точек, соответствующих режиму функционирования, описываемому моделью, и соответствующих новому функциональному состоянию объекта контроля;
- обновляют на основании отфильтрованной выборки созданные эмпирические модели;
- определяют с помощью упомянутых интегральных критериев степень отклонения поступающих показателей параметров объекта контроля за заданный промежуток времени от показателей эмпирических моделей и выявляют разладки для таких показателей;
- выполняют ранжирование вычисленных разладок для определения старших разладок, отображающих показатели, вносящие наибольший вклад в изменение состояния объекта контроля;

- определяют по меньшей мере одну существенную аномалию для по меньшей мере одного показателя работы объекта мониторинга на основании определенных интегральных критериев и старших разладок;
- определяют тип дефекта работы объекта мониторинга для каждой существенной аномалии;
- формируют на основании выявленных существенных аномалий цифровой классификатор дефектов объекта, содержащий выявленные параметры аномалий на различных режимах работы объекта мониторинга;
- осуществляют определение по меньшей мере одного зарождающегося дефекта и прогнозирование его развития с помощью обработки информации, поступающей от объекта мониторинга посредством нейронной сети, обученной на сформированных цифровых классификаторах.

В одном из частных вариантов реализации способа эмпирические модели создаются с помощью метода, выбираемого из группы: MSET (Multivariate State Estimation Technique), ядерной регрессии (Kernel Regression), ядерного сглаживания, опорных векторов (Support Vector Machine - SVM), моделирования на основе подобия (Similarity Based Modeling - SBM), нейронных сетей, нечеткой логики, главных компонент, или бустинга деревьев решений.

В другом частном варианте реализации способа эмпирические модели представляют собой статистические и динамические модели для множества различных режимов работы объекта контроля.

В другом частном варианте реализации способа при изменении режима работы объекта контроля выполняется автоматическое переключение соответствующей данному режиму эмпирической модели.

В другом частном варианте реализации способа обучающие выборки существенных аномалий для нейронной сети генерируются самой системой прогностики и удаленного мониторинга.

В другом частном варианте реализации способа цифровой классификатор дефектов представляет собой набор пар: данные существенных аномалий, соответствующий ему дефект.

В другом частном варианте реализации способа существенные аномалии определяются в режиме онлайн методами непараметрического моделирования.

В другом частном варианте реализации способа интегральный критерий выбирается из группы: критерий Хотеллинга, критерий Кремера или критерий Вилкоксона.

В другом предпочтительном варианте осуществления заявленного изобретения представлена система идентификации зарождающихся дефектов технологических объектов, содержащая по меньшей мере один процессор и средство памяти, содержащее машиночитаемые инструкции, которые при их выполнении упомянутым процессором реализуют вышеупомянутый способ идентификации зарождающихся дефектов технологических объектов.

В частном варианте реализации системы содержится по меньшей мере одно АРМ персонала, на которое передается уведомление об идентификации зарождающегося дефекта объекта мониторинга и/или его узла.

В частном варианте реализации системы уведомление дополнительно содержит информацию об остаточном ресурсе работы объекта мониторинга и/или его узла.

В частном варианте реализации системы АРМ персонала выбирается из группы: персональный компьютер, ноутбук, планшет, смартфон или тонкий клиент.

В частном варианте реализации системы уведомление передается посредством проводного и/или беспроводного типа связи.

В частном варианте реализации системы уведомление в зависимости от типа дефекта передается на соответствующее АРМ персонала.

СПиУИД состоит из систем нижнего и верхнего уровней. Оба уровня реализованы на серверах, выполняющих специальные функции. Задачей сервера нижнего уровня является сбор, первичная обработка, буферизация и обеспечение передачи данных на сервер верхнего уровня, задача которого - решение аналитических задач, связанных с осуществлением контроля и прогностики состояния технологических объектов контроля.

Под объектом контроля следует понимать различные технические средства, например, энергетическое оборудование (турбоагрегаты, различного рода установки, реакторы и т.п.), оборудование для контроля процесса производства (конвейеры, роботизированное оборудование), отопительное оборудование (котлы, насосы и т.п.).

В качестве объекта мониторинга могут также выступать транспортные средства, например, автомобили, железнодорожный транспорт, самолеты и т.д. Процесс сбора и передачи данных реализован на основе двух серверной схемы. Процесс получения данных начинается на нижнем уровне, уровне объекта мониторинга (контроля), где осуществляется запись значений эксплуатационных параметров, например, температуры, вибрации, степень износа, скорости вращения, силы тока, напряжения, частоты и т.п., с помощью датчиков, которыми оснащен объект контроля. Показания с группы датчиков направляются в первичные контроллеры, откуда затем передаются на основной сервер АСУ ТП. Сервер системы нижнего уровня СПиУИД может быть установлена в собственном шкафу в специализированном помещении серверной, в непосредственной близости от имеющихся серверов АСУ ТП объекта. Передача данных с технологической сети, образованной с помощью одного или нескольких серверов АСУ ТП, осуществляется на

сервер нижнего уровня СПиУИД. Передача данных на сервер нижнего уровня может осуществляться с использованием протокола OPC (OLE for Process Control) и технологии OPC туннелирования.

Зона нижнего уровня СПиУИД может быть выполнена в виде демилитаризованной зоны, организованной с помощью сетевых экранов, которые осуществляют прием данных от сервера АСУ ТП и передачу данных в зону верхнего уровня через коллектор обмена данными между серверами.

Такая схема изолирует работу АСУ ТП объекта и системы нижнего уровня, а также обеспечивает сохранность получаемых данных при возникновении внештатных ситуаций. Данные показателей технологического состояния, получаемые от датчиков объекта контроля, передаются в единый архив сервера верхнего уровня СПиУИД. Передача данных на сервер верхнего уровня (180) осуществляется с помощью ЛВС, например, глобальной сети Интернет. Для передачи данной информации может использоваться защищенный канал передачи данных ЛВС, который обеспечивает передачу данных в режиме реального времени без потери качества, используя процедуру синхронизации серверов нижнего и верхнего уровней. Кроме того, получение данных в полном объеме на сервере верхнего уровня обеспечивает возможность подробного анализа технического состояния объекта специалистами, работающими с системой верхнего уровня, что дает возможность контролировать техническое состояние всех объектов мониторинга силами этих специалистов.

Сервер верхнего уровня настроен на аналитическую обработку данных в режиме онлайн, автоматически осуществляемую средствами эмпирического моделирования. Эмпирические модели строятся статистическими методами на базе выборки значений технологических параметров объекта за период работы, принимаемый в качестве эталонного.

На данном этапе сервер верхнего уровня получает данные, характеризующие показатели технологического состояния объекта мониторинга согласно показаниям, полученными с датчиков.

На следующем этапе формируют на основании полученных параметров объекта контроля эталонную выборку показателей работы объекта, состоящую из значений упомянутых показателей технологического состояния объекта. Каждый из показателей представляет собой точку выборки, которая соответствует временному промежутку непрерывной работы объекта контроля для одного или более показателей технического состояния работы объекта.

Далее выполняется построение матрицы состояния из компонентов точек эталонной выборки, в которой компонентами являются значения упомянутых показателей работы объекта контроля. После этого осуществляют построение эмпирических моделей прогностики состояния объекта контроля, каждая из которых отображает его состояния в многомерном пространстве показателей работы объекта и моделирует его состояние. Эмпирические модели для прогностики состояния объекта контроля строятся статистическими методами на базе выборки значений технологических параметров объекта за период работы, принимаемый в качестве эталонного.

Для построения эмпирических моделей могут применяться различные методы и подходы, например, MSET (Multivariate State Estimation Technique), ядерная регрессия (Kernel Regression), ядерное сглаживание, опорные вектора (Support Vector Machine - SVM), моделирования на основе подобия (Similarity Based Modeling - SBM), нейронные сети, алгоритм нечеткой логики, главных компонент, бустинга деревьев и т.п.

Для одного объекта мониторинга может создаваться несколько моделей, каждая из которых соответствует определенному режиму его работы. Поведение объекта при различных режимах работы может

существенно различаться, поэтому для моделирования его поведения необходимо использовать ряд моделей, соответствующих различным режимам работы. Переключение между моделями режимов производится при онлайн моделировании автоматически в соответствии с условиями смены режима функционирования объекта мониторинга.

После этого определяются интегральные критерии, которые характеризуют отклонения показателей параметров объекта контроля. Интегральные критерии определяются решаемой задачей и рассчитываются по формулам. В частности, используется критерий Хотеллинга, который является обобщением критерия Стьюдента на многомерный случай или квадратичной формой нормализованных невязок.

В качестве интегральных критериев также может использоваться критерий Крамера-Уэлча и/или Вилкоксона. На этапе разладки, отображается вклад показателей работы объекта контроля на упомянутое отклонение показателей технологических параметров объекта контроля, т.е. степень влияния на интегральные критерии. Разница между предсказанным моделью значением параметра и измеренным - невязка, является оценкой разладки системы.

Последовательное удаление (фильтрация) из модели подозрительных переменных, в совокупности с анализом трендов измеряемых переменных и с учетом инженерных знаний о процессе, позволяет в большинстве случаев выявить причину аномалии или по крайней мере найти ее источник.

Решение об отклонении в поведении для полученных показателей технологических параметров принимается по единственному расчетному критерию, а причины изменений характеризуются набором рассчитанных разладок. Модель имеет статистический характер, поэтому для вывода об изменении технического состояния объекта необходимо обнаружить явный выход критерия за предельное значение для некоторого интервала времени (не в отдельные моменты этого интервала). По отклонению от нормы

интегрального показателя и локализованного перечня главных аргументов (технологических параметров), вносящих основной вклад в отклонение технического состояния от эталонной статистической модели, можно выявить наиболее критичные разладки в работе объекта контроля.

На следующем этапе осуществляют анализ поступающей информации от объекта контроля с помощью полученного набора эмпирических моделей путем сравнения полученных показателей объекта контроля с параметрами модели в заданный промежуток времени.

После этого выполняют модификацию эталонной выборки, соответствующую режиму работы объекта контроля, описываемому моделью, за счет применения фильтрации и замены показателей параметров работы объекта, соответствующих измененному техническому состоянию объекта в заданный момент времени. Далее обновляют на основании отфильтрованной выборки сформированную одну или более обновленных эмпирических моделей. На основании обновленных моделей определяют отклонение в работе объекта мониторинга, в частности показателей параметров работы объекта контроля. После чего выполняют ранжирование разладок, полученных ранее, для выявления показателей, вносящих наибольший вклад в изменение состояния объекта контроля, что позволяет выявить старшие разладки.

Старшие разладки используются для более точного анализа изменения технического состояния объекта и причин его изменения. Определение старших разладок производится на базе ранжирования значений наибольших разладок. Для соответствующих сигналов, отображающих отклонение в работе объекта, изучаются их зависимости от времени и от других сигналов с наибольшими значениями разладок.

Для автоматизации анализа возникающих проблем производится фиксация обнаруженных отклонений, принятых мер и результатов. Такого

рода статистика позволяет создавать правила для выявления узлов и деталей, с которыми ожидаются в дальнейшем проблемы.

Для расчета разладки j используется псевдообратная матрица к матрице, полученной из обнулением j -ых строки и столбца. Рассчитывается аналогичная квадратичная форма для этой псевдообратной матрицы и вычитается из T_2 . Результат - j -ая разладка.

Обнаруженные СПиУИД отклонения (аномалии) в работе технологических объектов, формируют статистическую базу, на основании которой, осуществляется анализ дефектов технологического состояния объекта мониторинга для последующего создания цифрового классификатора дефектов. Эта процедура будет детально описана далее.

В СПиУИД создан искусственный интеллект, позволяющий решить главную задачу технической диагностики - автоматического определения причины возникновения дефекта и его локализации, что позволяет заранее определить его зарождение и своевременно предупредить о необходимых действиях во избежание потери работоспособности объекта.

Для решения задачи выявления аномалий в работе объекта мониторинга возможно использование помимо MSET других методов непараметрического моделирования, например, ядерной регрессии (Kernel Regression), ядерного сглаживания, опорных векторов (Support Vector Machine - SVM), нечетких логик, бустинга деревьев решений, главных компонент, нейронных сетей и, наконец, методов моделирования на основе подобия (Similarity Based Modeling - SBM). Результаты работы обозначенных дополнительных методов непараметрического моделирования в режиме онлайн могут быть проверены методом MSET в режиме офлайн. В основе решения распознавания дефектов (классификации возможного дефекта по определенным аномалиям) используются нейронные сети. Основная проблема заключается в выборе структуры сети, наиболее подходящей для объекта (точность, вычислительные мощности и т.д.). Наиболее

предпочтительно использовать структуры по типу многослойного персептрона или его ближайших вариаций.

В СПиУИД создан цифровой классификатор дефектов, элементами которого являются пары типа - набор входных данных каждой аномалии, в частности, показатели нарушения работы параметра работы объекта и соответствующий ему дефект. Цифровой классификатор дефектов представляет собой набор файлов данных за некоторый промежуток времени, содержащие информацию о событиях существенных изменений в техническом состоянии объекта, зарегистрированные СПиУИД.

Дополнительно классификатор может дополняться экспертными знаниями о причинах возникновения и локализации дефекта. Цифровой классификатор дефектов применяется как тренировочный массив для нейронной сети, обрабатывающей информацию при мониторинге объекта и определении типов зарождающихся дефектов.

Цифровой классификатор дефектов постоянно модифицируется при работе СПиУИД с помощью его пополнения обнаруженными существенными аномалиями за новый промежуток времени работы объекта мониторинга. Также, классификатор может дополняться экспертными заключениями, идентифицирующими дефект, без фильтрации точек, соответствующих режиму работы, описываемому моделью, и соответствующих новому техническому состоянию объекта контроля.

Метод моделирования с помощью нейронных сетей основан на построении математических конструкций, представляющих организацию нейронов и связей между ними как в нервной системе у живых существ. Элементом такой конструкции является единичный нейрон, который характеризуется несколькими входами и одним выходом.

На вход подаются сигналы, которые суммируются с заданными числовыми весами. Если результат превышает заданное для данного нейрона

пороговое значение, на выходе формируется сигнал 1, иначе - 0. Эти элементы связываются друг с другом таким образом, что выходы некоторых из них подаются на входы одного из аналогичных элементов.

Полученную конструкцию можно разбить на слои. На входы нейронов самого первого слоя подаются входные сигналы. Результаты работы нейронной сети получаются на выходах нейронов последнего слоя. Нейронные сети различаются количеством нейронов, структурой их соединений, весами для входных сигналов каждого нейрона.

По архивным данным работы объекта проводится процедура настройки нейронной сети - ее обучение. В результате обучения создается модель объекта, задающая связи между моделируемыми технологическими параметрами и параметрами-аргументами. Эта процедура повышает ценность архивных данных.

Каждому входному набору данных нейронной сети на выходе соответствует набор вероятностей, принадлежащих тому или иному типу дефекта, что и требуется для целей работы системы по своевременному выявлению наступления критических событий.

При работе СПиУИД в режиме онлайн события существенных аномалий (формируются триггером) сравниваются с цифровыми «слепокми» аномалий из классификатора дефектов, созданного для оборудования технологического объекта.

Происходит автоматическое распознавание типа дефектов и последующего прогнозирования состояния объекта контроля.

Нераспознанная аномалия автоматически записывается в базу, которая в последующем интерпретируется экспертом и используется для дополнительных обучений нейронной сети. Данные о выявленном отклонении (дефекте) и последующее состояние объекта мониторинга могут отображаться на сервере, а также передаваться на одно или более удаленных

устройств пользователей системы, например, АРМ персонала, мобильные устройства и т.п. Дополнительно может задаваться триггер оповещения по различным типам дефектов, причем данные оповещения могут направляться на соответствующие АРМ персонала. Привязка дефектов к конкретным АРМ персонала может осуществляться при использовании идентификатора типа событий (дефектов), связанных с идентификаторами соответствующих АРМ, например, учетная запись персонала, IP адреса, MAC-адрес устройств, номер телефона и т.п.

Генерируемая СПиУИД статистика существенных аномалий позволяет создать цифровой классификатор дефектов объекта, представляющий собой структурированный файл, состоящий из значений упомянутых показателей существенных аномалий (цифровых слепков) на различных режимах эксплуатации с экспертными заключениями, идентифицирующими дефект.

Возможно обучение нейронной сети на цифровом классификаторе дефектов, являющемся тренировочным массивом для нее и представляющем собой пары данных (критерий и признаки существенной аномалии, соответствующий ему дефект). Нейронная сеть автоматически переучивается на добавляемых в цифровой классификатор дефектов новых событий существенных аномалий.

В режиме онлайн методом MSET определяется существенная аномалия в работоспособном техническом состоянии, формируется ее цифровой слепок и направляется на вход в обученную нейронную сеть, которая верно ее распознавая, идентифицирует дефект.

Если выявляется дефект, то выполняется переход на этап, на котором выполняется регрессивный анализ тегов старших разладок, внесшими наибольший вклад в интегральный критерий, после чего на основании полученных данных оценивается срок наступления неблагоприятного или критического события для работы объекта мониторинга и/или его части (узла), который оценивается по достижению заданных предельных значений.

При вычислении высокой вероятности наступления такого события выдается соответствующее предупреждение, в противном случае начинается следующий цикл аналитической обработки.

Выявленные события существенных аномалий, интегральный критерий каждой аномалии, ранжированные разладки аргументов, невязки, измеряемые и рассчитываемые технологические параметры, сравниваются с цифровыми «слепокми» (классификаторами) аномалий из базы, созданной для каждого объекта. Происходит автоматическое распознавание с помощью аналитического модуля нейросети. Результатом работы искусственного интеллекта является информация следующего характера: оборудование работоспособно, и/или оборудование частично неработоспособно, и/или обнаружено зарождение дефекта, в частности, название дефекта и его локализация, срок достижения уровней предупредительной и аварийной сигнализаций (остаточный ресурс).

Если не распознается дефект, то нераспознанная аномалия записывается в базу и дополняется комментарием эксперта о причинах возникновения дефекта и его локализации. Передача необходимой информации, в частности, при получении сигналов при отклонении работы объекта контроля может выполняться по общеизвестным проводным и беспроводным типам связи, например: ЛВС Ethernet типа (LAN сеть), Wi-Fi, GSM, WiMax или MMDS (Multichannel Multipoint Distribution System) и т.п.

Информация от системы верхнего уровня СПиУИД может передавать на различные удаленные компьютерные устройства, например, АРМ, выполненные на базе компьютеров типа IBM PC, или мобильные устройства пользователей системы, например, смартфоны, планшеты или ноутбуки, получающие данные от сервера верхнего уровня с помощью сообщений электронной почты и/или SMS-сообщений и/или PUSH-уведомлений.

СПиУИД также обеспечивает выполнение анализа технического состояния объекта по запросу пользователя с помощью отправки сообщений

на сервер, который инициируется посредством электронного устройства (смартфона, ноутбука) или с помощью настройки получения регулярных уведомлений за заданный промежуток времени (ежедневно, ежечасно, раз в неделю и т.д.) отчета о техническом состоянии объекта и предупреждении о выходе из строя тех или иных его элементов или объекта в целом.

Контроль объекта мониторинга может выполняться через стандартный веб-браузер и портал в сети Интернет, предназначенный для отображения параметров состояния объекта контроля. Также, возможно оперативное контролирование объекта мониторинга с помощью специального программного приложения, устанавливаемого на устройства пользователей.

Уведомление о наступлении критического состояния или необходимости проверки каких-либо элементов объекта мониторинга, которые в будущем могут привести к падению мощности работы объекта или выхода его из строя, может направляться на устройства до тех пор, пока сервер в ответ на рассылаемые уведомления не получит сообщение о том, что уведомление было просмотрено пользователем. Данная функция может быть реализована с помощью отправки электронных сообщений с заданным промежутком времени или с помощью специализированного приложения или веб-портала, которое в ответ на идентификацию пользователя, связанного с системой уведомления сервера верхнего уровня (180), анализирует статус получения упомянутым пользователем упомянутого уведомления. Статус может быть привязан к изменению состояния параметра уведомления на сервере, который может представлять собой запись в базе данных отметки о получении ответного сообщения от устройства пользователя.

3.2 Повышения точности позиционирования промышленного робота

Для калибровки некинематических параметров измеряют координаты точки на запястье робота в заданных координатах расположения робота с

рабочей нагрузкой при вращении наиболее длинных звеньев А и Б с заданным шагом. Вычисляют функцию удельной ошибки угла поворота звена Б от угла звена Б к горизонту и набор функций удельной ошибки угла поворота звена А от заданного угла звена А к горизонту для всех измеренных углов звена Б. Вносят изменения в кинематическую модель робота, при этом угловая поправка для звеньев А и Б вычисляется интегрированием функции удельной ошибки угла поворота соответствующего звена на участке между максимумом функции и заданным значением угла поворота звена к горизонту. Изобретение направлено на повышение точности позиционирования робота с учетом рабочей нагрузки.

Известен способ повышения точности позиционирования промышленного робота, опубликованный в статье «Accuracy and Calibration Issues of Industrial Manipulators», Mohamed Abderrahim, Alla Khamis, Santiago Garrido, Luis Moreno, ISBN:3-86611-286-6. Повышение точности позиционирования робота осуществляется путем измерения набора точек позиции робота в рабочем пространстве робота, вычисляется набор параметров, уменьшающих погрешность между номинальной моделью робота и реальным роботом. Способ включает калибровку кинематических и некинематических параметров промышленного робота.

Известен патент US 8457786 (B2), опубликованный 04.06.2013 г, «Method and an apparatus for calibration of an industrial robot system». Раскрыт способ и устройство для калибровки промышленной роботизированной системы, содержащей один робот, включающий систему координат робота и манипулятор, включающий систему координат манипулятора и приспособленный удерживать ориентацию заготовки и менять эту ориентацию поворотом вокруг некоторой оси вращения. Заданные точки робота программируются в координатной системе объекта. Устройство содержит контроллер робота, по меньшей мере, три калибровочных объекта, расположенных на манипуляторе, и калибровочный инструмент,

удерживаемый роботом. Положения калибровочных объектов известны в координатной системе объекта. Контроллер робота выполнен для определения положений калибровочных объектов в координатной системе робота, для определения положений первого и второго упомянутых калибровочных объектов при трех различных углах оси вращения манипулятора, для определения направления оси вращения манипулятора в координатной системе робота на основе определенных положений первого и второго калибровочных объектов при трех углах оси и для определения взаиморасположения координатной системы первого объекта и координатной системы манипулятора посредством достижения наилучшего соответствия известных и определенных положений калибровочных объектов.

За прототип взят способ повышения точности позиционирования промышленного робота, описанный в статье «Absolute calibration of an ABB IRB 1600 robot using a laser tracker», Albert Nubiola, Iljan A. Bonev. Способ повышения точности позиционирования робота, включающий калибровку кинематических параметров робота и калибровку некинематических параметров путем вычисления крутящего момента каждого звена на основе данных о массе звена, его центра тяжести, массы рабочего органа, крутящий момент каждого звена рассчитывается рекурсивно и зависит от центра масс последующих звеньев и рабочего органа, затем на основе данных о крутящем моменте каждого звена вычисляется вклад крутящего момента в угловое отклонение звена робота. Угловое отклонение звена используется в параметрах Денавита-Хартенберга (DH-параметры), описывающих кинематическую модель робота.

Техническая задача заключается в расширении арсенала технических средств, создании способа повышения точности позиционирования промышленного робота с учетом рабочей нагрузки.

В соответствии с первым вариантом изобретения техническая задача в способе повышения точности позиционирования промышленного робота, включающем калибровку кинематических и некинематических параметров промышленного робота, достигается тем, что калибровка некинематических параметров содержит следующие шаги:

- проводят измерение действительных координат расположения робота в заданных координатах расположения робота с рабочей нагрузкой при вращении наиболее длинных звеньев А и Б с заданным шагом;

- из измеренных действительных координат расположения робота вычисляют действительные углы поворота звеньев А и Б, используя функции обратной кинематики;

- вычисляют функции отклонения действительных углов поворота звеньев А и Б от заданных углов поворота;

- вносят изменения в кинематическую модель робота с учетом полученных функций для корректировки углов поворота звеньев А и Б.

В соответствии со вторым вариантом изобретения техническая задача в способе повышения точности позиционирования промышленного робота, включающем калибровку кинематических и некинематических параметров промышленного робота, достигается тем, что калибровка некинематических параметров содержит следующие шаги:

- проводят измерение координат точки на запястье робота в заданных координатах расположения робота с рабочей нагрузкой при вращении наиболее длинных звеньев А и Б с заданным шагом;

- вычисляют функцию удельной ошибки угла поворота звена Б от угла звена Б к горизонту, используя выборку измеренных координат точки на запястье робота,

- соответствующих одному фиксированному положению звена А;

- вычисляют второй набор координат точки на запястье робота путем коррекции измеренных координат точки с учетом угловой поправки звена Б;

- используя второй набор координат точки на запястье робота, вычисляют набор функций удельной ошибки угла поворота звена А от заданного угла звена А к горизонту для всех измеренных углов звена Б;

- вносят изменения в кинематическую модель робота, при этом вычисляют функцию удельной ошибки угла поворота звена А для заданного угла звена Б путем интерполяции между двумя функциями из набора функций удельной ошибки угла поворота звена А,

- соответствующих двум, ближайшим к заданному, измеренным углам поворота звена Б;

- вычисляют угловую поправку для звеньев А и Б, интегрируя функцию удельной ошибки угла поворота соответствующего звена на участке между максимумом функции и заданным значением угла поворота звена к горизонту.

В соответствии с третьим вариантом изобретения техническая задача в способе повышения точности позиционирования промышленного робота, включающем калибровку кинематических и некинематических параметров промышленного робота, достигается тем, что калибровка некинематических параметров содержит следующие шаги:

- проводят измерение координат точки на запястье робота в заданных координатах расположения робота с рабочей нагрузкой при вращении наиболее длинных звеньев А и Б с заданным шагом;

- вычисляют функцию удельной ошибки угла поворота звена Б от угла звена Б к горизонту, используя выборку измеренных координат точки на запястье робота, соответствующих одному фиксированному положению звена А;

- вычисляют второй набор координат точки на запястье робота путем коррекции измеренных координат точки с учетом угловой поправки звена Б;

- используя второй набор координат точки на запястье робота, вычисляют набор функций удельной ошибки угла поворота звена А от заданного угла звена А к горизонту для всех измеренных углов звена Б;

- для каждого звена А и Б вычисляют набор значений поправок к углу поворота для всех комбинаций углов поворота звеньев А и Б, при этом для вычисления поправок к углу для звеньев А и Б, для звена А сначала вычисляют функцию удельной ошибки угла поворота звена А для заданного угла звена Б путем интерполяции между двумя функциями из набора функций удельной ошибки угла поворота звена А, соответствующих двум, ближайшим к заданному, измеренным углам поворота звена Б; угловые поправки для звеньев А и Б вычисляют, интегрируя функцию удельной ошибки угла поворота соответствующего звена на участке между максимумом функции и заданным значением угла поворота звена к горизонту;

- вычисляют функции отклонения угла поворота для каждого звена А и Б от заданных углов поворота звеньев А и Б, путем аппроксимации набора значений поправок к углу поворота звеньев А и Б;

- вносят изменения в кинематическую модель робота с учетом полученных функций отклонения угла поворота звеньев А и Б.

Калибровка кинематических параметров заключается в приведении номинальной модели робота в соответствие с реальными геометрическими параметрами робота. Суть калибровки заключается в измерении геометрических параметров робота и корректировки его кинематической модели, которая описывается параметрами Денавита-Хартенберга (ДН-параметры).

Идентифицируется плоскость вращения для каждого звена робота. Плоскость вращения содержит набор точек, описываемый запястьем робота при вращающемся звене. Из набора точек для каждого звена вычисляют центр вращения, который расположен на оси звена. Переводят плоскость вращения вдоль оси вращения так, чтобы она совпала с плоскостью ХУ ДН-параметров соответствующего звена, что позволяет извлечь и скорректировать ДН-параметры робота. Данная методика корректировки кинематической модели робота приведена в статье «Kinematic model identification of industrial manipulators», M. Abderrahim, A.R. Whittaker, опубликованной в журнале «Robotics and Computer Integrated Manufacturing» в 2000 г.

Калибровку некинематических параметров осуществляют после калибровки кинематических параметров. Известно, что при рабочей нагрузке позиция робота отклоняется от заданного положения, при этом величина отклонения зависит от массы рабочей нагрузки и положения звеньев робота. Наибольшее отклонение происходит в редукторах и при деформации наиболее длинных звеньев А и Б.

Корректировка углов поворота звеньев А и Б позволяет значительно увеличить точность позиционирования робота с рабочей нагрузкой. С помощью координатно-измерительной машины проводят измерение действительных координат расположения робота в заданных координатах расположения робота с рабочей нагрузкой 4 при вращении наиболее длинных звеньев А и Б с заданным шагом. При этом для шарнирного робота задается режим работы, при котором все звенья, кроме звена А и звена Б, неподвижны. Звено А вращается из крайнего положения с определенным шагом, например, 10 градусов, до другого крайнего положения, при этом в каждой точке остановки звена А звено Б так же совершает вращение между своими крайними положениями с определенным шагом, например, 10 градусов. В результате измерения получают два набора точек,

соответствующих действительным и заданным координатам расположения робота. Или, как вариант, набор точек, соответствующих действительным координатам расположения робота и набор заданных углов поворота звеньев А и Б робота.

Из измеренных действительных координат расположения робота вычисляют действительные углы поворота звеньев А и Б, используя функции обратной кинематики. Решая обратную задачу кинематики для шарнирного робота, вычисляют реальные углы поворота звеньев А и Б в каждой измеренной точке. При решении обратной задачи используют геометрические параметры робота, полученные при калибровке кинематических параметров. После вычисления получают набор действительных углов поворота звеньев А и Б для каждой измеренной точки. Набор заданных углов поворота можно так же вычислить, решая обратную задачу кинематики для заданных координат расположения робота. В результате получают наборы действительных и заданных углов поворота звеньев А и Б для каждой заданной точки расположения робота, что позволяет вычислить отклонение этих углов.

Вычисляют функции отклонения действительных углов от заданных углов поворота звеньев А и Б. Функции отклонения действительных углов вычисляются путем аппроксимации набора значений отклонения действительных углов от заданных углов поворота звена А и звена Б. Аппроксимация может быть осуществлена модифицированным методом Шепарда, описанным Robert J. Renka «Multivariate Interpolation of Large Sets of Scattered Data», 1988 г. Также существуют программные решения, основанные на методах аппроксимации, которые позволяют автоматизировать процесс аппроксимации измеренных данных. В результате аппроксимации для звена А и звена Б вычисляются функции отклонения действительных углов, зависящие от заданных углов поворота звена А и Б где - заданные углы поворота звена А и звена Б).

Вносят изменения в кинематическую модель робота с учетом полученных функций для корректировки углов поворота звеньев А и Б. Для звена А и Б шарнирного робота корректируют ДН-параметры, при этом угол поворота для этих звеньев будет равен и соответственно.

Таким образом, при позиционировании робота с рабочей нагрузкой углы поворота наиболее длинных звеньев А и Б робота рассчитываются с учетом значений функций отклонения действительных углов, увеличивая точность позиционирования промышленного робота.

Второй вариант основан на нахождении функции удельной ошибки углов поворота звеньев. Упругие деформации, возникающие на звеньях робота в результате действия силы тяжести, зависят от величины проекции силы тяжести на касательную к окружности вращения в точке центра масс. В положении оси робота, когда эта проекция равна нулю (условно вертикальное положение), звено робота находится в минимально деформированном состоянии. В условно горизонтальном положении, проекция силы тяжести и деформации максимальны.

Абсолютная ошибка угла поворота звена будет зависеть от длины плеча и величины деформаций. Дифференциал функции абсолютной ошибки угла поворота звена будет являться функцией удельной ошибки угла поворота звена, график функции удельной ошибки угла поворота звена имеет общий вид. Это подтверждается экспериментальными данными.

Максимум аппроксимирующей функции удельной ошибки угла поворота звена будет соответствовать значению угла звена к горизонту, при котором деформации и отклонение звена минимальны. Положение этого максимума может отличаться в зависимости от нагрузки и распределения масс, а также положения звеньев робота. Находя максимум на функции удельной ошибки угла поворота звена, мы находим точку с минимальной абсолютной ошибкой угла. Чтобы найти величину абсолютной ошибки угла

поворота звена в заданном значении угла нужно проинтегрировать функцию удельной ошибки между ее максимальным и заданным значением.

Для калибровки некинематических параметров проводят измерение координат точки на запястье 3 робота в заданных координатах расположения робота с рабочей нагрузкой при вращении наиболее длинных звеньев А и Б с заданным шагом. Для осуществления второго варианта способа достаточно измерения координат одной точки на запястье робота, поскольку в вычислениях используется угол, на который поворачивается звено при измерениях. Для этого на запястье робота закрепляют светоотражающую марку, координаты которой отслеживаются лазерным трекером. Траектория движения робота при измерениях аналогична описанному в первом варианте способа, при этом в каждом фиксированном положении звена А звено Б описывает окружность 5 маркером, закрепленным на запястье робота.

Вычисляют функцию удельной ошибки угла поворота звена Б от угла звена Б к горизонту, используя выборку измеренных координат точки на запястье 3 робота, соответствующих одному фиксированному положению звена А. Предпочтительно выборку измеренных координат осуществить при вертикальном положении звена А, так как в этом случае звено А вносит минимальную погрешность в измерение углового отклонения звена Б. Выборка измеренных координат представляет собой набор точек, принадлежащих окружности, который можно аппроксимировать окружностью, определить центр окружности и вычислить угол между двумя измеренными точками и центром окружности, который является фактическим шагом поворота звена Б. Значением удельной ошибки угла поворота звена Б является разница между фактическим и заданным шагом поворота звена Б, деленная на заданный шаг звена Б.

Набор значений удельной ошибки угла поворота звена Б аппроксимируется, в результате получают функцию удельной ошибки угла поворота звена Б от угла звена Б к горизонту. Для вычисления угловой

поправки звена Б для известного значения угла звена Б к горизонту интегрируют функцию удельной ошибки угла поворота звена Б на участке между максимумом функции и заданным значением угла поворота звена Б к горизонту, полученное значение и будет величиной угловой поправки звена Б.

Угловое отклонение звена А зависит от положения звена А и звена Б, поскольку при вращении звена Б смещается общий центр тяжести. Поэтому измеренные координаты точки на запястье робота несут в себе угловое отклонение двух звеньев А и Б. Для вычисления фактического шага поворота звена А необходимо сформировать новый набор координат точки на запястье З, который учитывает угловую поправку звена Б.

Для этого вычисляют второй набор координат точки на запястье З робота путем коррекции измеренных координат точки с учетом угловой поправки звена Б.

Используя второй набор координат точки на запястье робота, вычисляют набор функций удельной ошибки угла поворота звена А от заданного угла звена А к горизонту для всех измеренных углов звена Б. Выборка из второго набора координат точки на запястье робота, соответствующая одному измеренному углу звена Б так же будет представлять собой набор точек, лежащих на окружности, описываемой точкой на запястье при вращении звена А и фиксированном звене Б.

Аналогично описанному выше методу вычисления функции удельной ошибки угла поворота для звена Б, используя второй набор координат точки на запястье, вычисляют функции удельной ошибки угла поворота звена А от заданного угла звена А к горизонту для каждого измеренного угла звена Б. В результате получают набор функций удельной ошибки угла поворота звена А от заданного угла звена А к горизонту для всех измеренных углов звена Б.

Вычисление угловой поправки звена А для заданного угла звена Б осуществляется в два этапа.

Вычисляют функцию удельной ошибки угла поворота звена А для заданного угла звена Б путем интерполяции между двумя функциями из набора функций удельной ошибки угла поворота звена А, соответствующих двум, ближайшим к заданному, измеренным углам поворота звена Б. Значения измеренных углов поворота звена Б имеют дискретные значения, поэтому для вычисления функции удельной ошибки угла поворота звена А для заданного значения угла звена Б, лежащего между двумя дискретными значениями, проводят интерполяцию между двумя функциями из набора функций удельной ошибки угла поворота звена А, соответствующих этим дискретным значениям угла звена Б.

Вычисляют угловую поправку звена А для заданного угла звена Б и известного значения угла звена А к горизонту, интегрируя функцию удельной ошибки угла поворота звена А для заданного угла звена Б на участке между максимумом функции и заданным значением угла поворота звена А к горизонту.

Вносят изменения в кинематическую модель робота, при этом функция удельной ошибки угла поворота звена Б и набор функций удельной ошибки угла поворота звена А хранятся в программном обеспечении промышленного робота, а угловая поправка к звеньям А и Б рассчитывается при позиционировании робота.

Таким образом, при позиционировании робота с рабочей нагрузкой, углы поворота звеньев А и Б робота рассчитываются с учетом угловой поправки для этих звеньев, увеличивая точность позиционирования промышленного робота.

Третий вариант является комбинацией второго и первого варианта.

Так же, как и во втором варианте, проводятся измерения, вычисляются функция удельной ошибки угла поворота звена Б от угла звена Б к горизонту и набор функций удельной ошибки угла поворота звена А от заданного угла звена А к горизонту для всех измеренных углов звена Б. Так же, как и во втором варианте, для вычисления поправок к углу для звеньев А и Б, для звена А сначала вычисляют функцию удельной ошибки угла поворота звена А для заданного угла звена Б путем интерполяции между двумя функциями из набора функций удельной ошибки угла поворота звена А, соответствующих двум, ближайшим к заданному, измеренным углам поворота звена Б, угловые поправки для звеньев А и Б вычисляют, интегрируя функцию удельной ошибки угла поворота соответствующего звена на участке между максимумом функции и заданным значением угла поворота звена к горизонту.

Подобно первому варианту для каждого звена А и Б вычисляют набор значений поправок к углу поворота для всех комбинаций углов поворота звеньев А и Б способом, описанным в предыдущем абзаце, затем вычисляют функции отклонения угла поворота для каждого звена А и Б от заданных углов поворота звеньев А и Б путем аппроксимации полученного набора значений поправок к углу поворота звеньев А и Б.

Как и в первом варианте изобретения вносят изменения в кинематическую модель робота с учетом полученных функций отклонения угла поворота звеньев А и Б, что приводит к повышению точности позиционирования промышленного робота.

4 Безопасность и экологичность технического объекта

4.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта

Сведения о материалах, операциях и оборудовании, используемом в технологическом процессе, представлены в таблице 4.1 [7].

Таблица 4.1 – Технологический паспорт объекта

Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества
Сборка коробки передач	Сборочная	Слесарь механо-сборочных работ (МСР)	Измерительная станция, приспособление – спутник, инструмент специальный	Масло машинное,

4.2 Идентификация профессиональных рисков

Таблица 4.2 - Идентификация профессиональных рисков

Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и/или вредный производственный фактор	Источник опасного и/или вредного производственного фактора
1	2	3

Продолжение таблицы 4.2

Сборочная	Физические: движущиеся машины и механизмы, их незащищенные подвижные части, острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхности заготовок, инструмента и оборудования	Конвейер, приспособлениями спутниками	с –
	Психофизические: перенапряжение анализаторов, повышенные значения напряжения в электрической цепи	Экраны стойки управления, ток в электрической цепи, в которой подключен специальный инструмент	в к

4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Построим таблицу средств защиты от коллективных и индивидуальных опасных факторов (таблица 4.3).

Таблица 4.3 – Методы и средства снижения негативного воздействия опасных и вредных производственных факторов

Опасный и/или вредный производственный фактор	Организационно-технические методы и технические средства защиты, частичного снижения, полного устранения опасного и/или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
1	2	3

Продолжение таблицы 4.3

1	2	3
Движущиеся машины и механизмы	Применение специальных ограждений, проведение инструктажа	Костюм для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий, фартук для защиты от общих производственных загрязнений, ботинки кожаные с защитным подноском, наколенники, каска защитная, подшлемник
Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	Надежная изоляция электропроводки, наличие предохранителей	Рукавицы комбинированные или перчатки с полимерным покрытием
Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхности заготовок, инструмента и оборудования	Введение в техпроцесс слесарных переходов по скруглению острых углов и удалению заусенцев	Рукавицы комбинированные или перчатки с полимерным покрытием
Повышенная запыленность, загазованность воздуха рабочей зоны	Введение средств вентиляции, ведение работ в зоне, отделенной от человека, применение пылесборников	Средство индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД), очки защитные
Перенапряжение анализаторов	Увеличение времени перерывов	-
Повышенный уровень шума на рабочем месте	Применение звукоизоляционных материалов при	Наушники противозумные или вкладыши противозумные

Продолжение таблицы 4.3

1	2	3
	изготовлении оборудования	
Повышенный уровень вибрации	Применение демпфирующих опор	Ботинки кожаные с защитным подноском

4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Класс пожара, информация о технических средствах борьбы с пожаром и организационно-технические мероприятия представлены в таблицах 4.4-4.6.

Таблица 4.4 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
Сборочный	Конвейер, с приспособлениями – спутниками	Е	Высокая температура, задымленность, выделение ядовитых и канцерогенных паров при сгорании легкоплавких веществ	Части объектов, разрушившихся при возгорании, распространение тока при повреждении проводки, вредные выбросы в атмосферу из очага пожара из-за повреждения защитных сооружений, отравление окружающей среды средствами ликвидации пожара

Пожару присваивается класс Е, так как электрический шкаф конвейера находится под высоким напряжением, что может стать причиной пожара.

Таблица 4.5 – Технические средства обеспечения пожарной безопасности

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование
Песок, пенный огнетушитель	Пожарная мотопомпа	Аэрозольная система пожаротушения	Прибор управления пожарный	Пожарный шкаф
Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)		Пожарные сигнализация, связь и оповещение	
Респираторы, промышленные противогазы	Лопата совковая, багор, ведро		Извещатели пожарные	

Таблица 4.6 – Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Наименование технологического процесса	Наименование видов реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
1	2	3
ТП сборки коробки передач	Организация пожарной охраны, проведение мероприятий по обучению сотрудников действиям во время пожара,	Допустимая концентрация легковоспламеняющихся веществ, хранение пожароопасных веществ в отдельном помещении,

Продолжение таблицы 4.6

1	2	3
	идентификация пожароопасных веществ и определение правил их хранения и транспортировки	скорейшая утилизация пожароопасных отходов, наличие температуры и давления воздуха, препятствующего быстрому распространению пламени, установка молниеотводов

4.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта

После идентификации антропогенных воздействий технологического процесса на различные среды, составляется перечень мероприятий по предотвращению негативного влияния этих воздействий (таблицы 4.7-4.8).

Таблица 4.7 – Идентификация негативных экологических факторов технического объекта

Наименование технического объекта, производственно-технологического процесса	Структурные составляющие технического объекта, производственно-технологического процесса	Воздействие технического объекта на атмосферу	Воздействие технического объекта на гидросферу	Воздействие технического объекта на литосферу
ТП сборки коробки передач	Конвейер, с приспособлениями – спутниками	Пары масла	–	-

Таблица 4.8 – Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду

Наименование технического объекта	ТП сборки коробки передач
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Принудительная вентиляция в месте розлива масла в коробку передач
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу	–
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	-

4.6 Заключение по разделу «Безопасность и экологичность технического объекта»

1. В пункте 4.1 приведена характеристика технологического процесса сборки коробки передач, перечислены технологические операции, должности работников, производственно-техническое и инженерно-техническое оборудование, применяемые сырьевые технологические и расходные материалы, комплектующие изделия и производимые изделия (таблица 4.1).

2. В пункте 4.2 приведена идентификация профессиональных рисков по осуществляемому технологическому процессу сборки, выполняемым технологическим операциям, видам производимых работ (таблица 4.2).

3. В пункте 4.3 разработаны организационно-технические мероприятия, включающие технические устройства снижения профессиональных рисков, и подобраны средства индивидуальной защиты для работников (таблица 4.3).

4. В пункте 4.4 разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности технического объекта. Проведена идентификация класса пожара и опасных факторов пожара и разработка средств, методов и мер

обеспечения пожарной безопасности (таблица 4.4). Разработаны средства, методы и меры обеспечения пожарной безопасности (таблица 4.5). Разработаны Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности (таблица 4.6).

5. В пункте 4.5 идентифицированы экологические факторы (таблица 4.7) и разработаны мероприятия по обеспечению экологической безопасности на техническом объекте (таблица 4.8).

В результате приведенного выше анализа технологического процесса сборки коробки передач сделан вывод о полном соответствии технического объекта требованиям производственной, пожарной и экологической безопасности.

5. Экономическая эффективность работы

Цель раздела – рассчитать технико-экономические показатели проектируемого технологического процесса и произвести сравнительный анализ с показателями базового варианта, определить экономический эффект от предложенных в проекте технических решений.

Подробное описание технологического процесса сборки коробки передач представлено в предыдущих разделах. Сборка коробки передач выполняется на сборочном конвейере специальным пневматическим инструментом, закрепление коробки передач на конвейере обеспечивает приспособление спутник и сборочный пресс.

Учитывая описание всего технологического процесса, был рассчитан общий объем инвестиций в проектируемый вариант технологического процесса, при этом использовалась методика «Расчет капитальных вложений (инвестиций)» [10]. Данная величина учитывала целый ряд показателей, таких как: прямые капитальные вложения в основное оборудование; сопутствующие капитальные вложения, состоящие из:

- «затрат на проектирование,
- затрат на доставку и монтаж оборудования,
- затрат на транспортные средства,
- затрат на приспособление,
- затрат на инструмент,
- стоимости аппаратуры для записи программ,
- оборотных средств в незавершенном производстве» [10].

Основные показатели, входящие в общие инвестиции, такие как: прямые капитальные вложения и сопутствующие капитальные вложения, а также величина общих капитальных вложений (общих инвестиций в проектируемый вариант) представлены на рисунке 5.1.

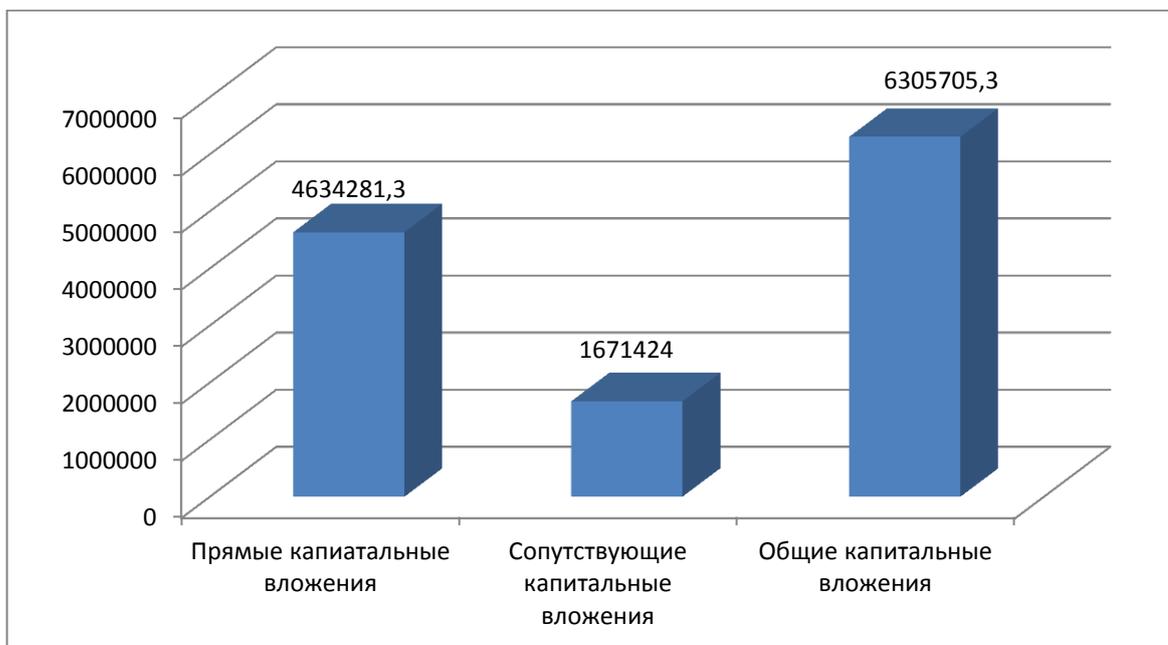


Рисунок 5.1 – Величина общих капитальных вложений и их основных показателей, руб.

Анализируя представленный рисунок, видно, что для внедрения описываемого технологического процесса необходимы инвестиции в объеме 6305705,3 рублей.

После определения величины инвестиций, необходимо определить технологическую и полную себестоимость сборки детали «Коробка передач» по разработанному технологическому процессу.

Используя методику «Расчет технологической себестоимости» [10], была определена величина данного показателя для заданной детали. Итоговое значение было получено путем суммирования таких значений, как:

- «основная заработная плата рабочих;
- начисления на заработную плату;
- расходы на содержание и эксплуатацию оборудования» [10].

При определении технологической себестоимости не использовался такой показатель, как «основной материал за вычетом отходов», т.к. определяется себестоимость выполнения сборки и все расходы связанные с материалом, были определены на предыдущих стадиях, обеспечивающих изготовление комплектующих коробки передач.

Значения описанных показателей сборки детали «Коробки передач» по разработанному технологическому процессу, представлены на рисунке 5.2.

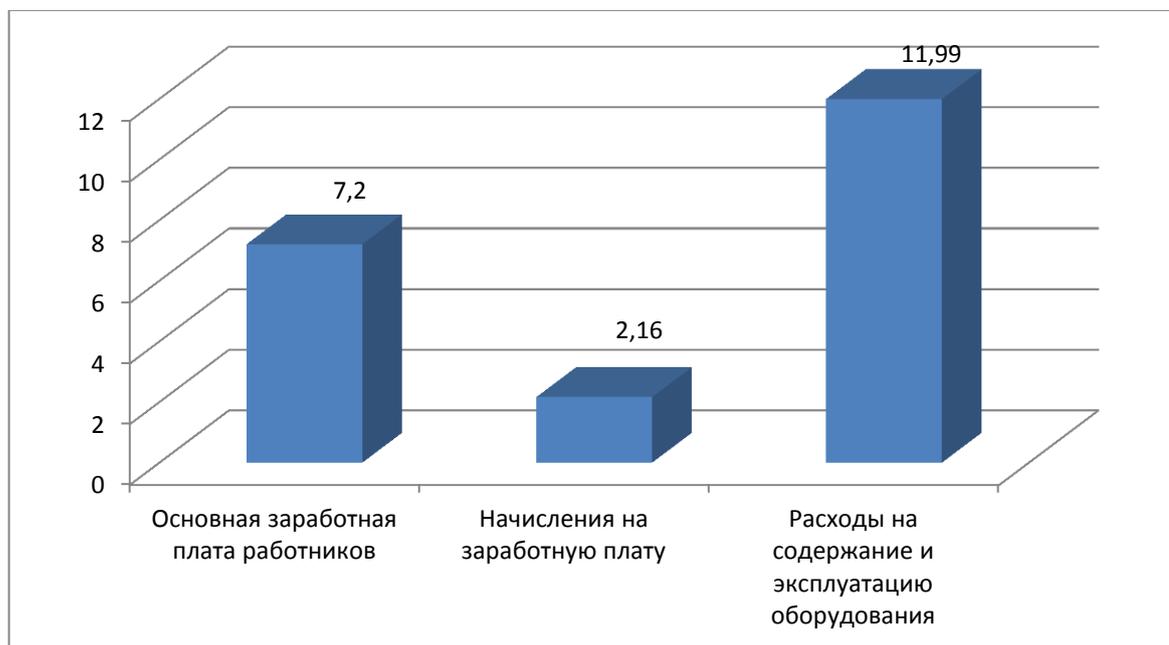


Рисунок 5.2 – Величина показателей, входящих в технологическую себестоимость сборки узла «Коробка передач», руб.

Анализируя представленные значения, можно сделать вывод о том, что самая большая доля, в формировании технологической себестоимости, принадлежит такому показателю, как, расходы на содержание и эксплуатацию оборудования. Доля данного показателя в общей величине технологической себестоимости, равной 21,36 рубля, составляет 56,2%. Следующим по величине, оказания влияния на технологическую себестоимость, является показатель «Основная заработная плата». На его долю приходится 33,7%. Третьим и последним являются начисления на заработную плату, с долей – 10,1%.

Учитывая полученные значения технологической себестоимости, по методике калькулирования себестоимости [10] была определена полная себестоимость изготовления узла «Коробка передач», которая составила 114,93 рублей.

Учитывая долю рентабельности производства в 18% и объем производства 100000 штук, предприятие может получить чистую прибыль в размере 1654992 рублей. Такая величина чистой прибыли позволит окупить предполагаемые инвестиции, в объеме 6305705,3 рублей, в течение 4-х лет. Данное значение срока окупаемости является основанием для того, чтобы предлагаемые совершенствования считать эффективными. Но для полноты формулируемых выводов, были проведены расчеты по определению величины чистого дисконтируемого дохода (интегрального экономического эффекта), который составляет 871995,1 рублей. «Так как значение ЧДД (Эинт) > 0 , то проект считается эффективным и поэтому определяется индекс доходности» [10]. Его величина составила 1,14 рублей на каждый вложенный рубль.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе бакалаврской работы выполнены все необходимые проектные и конструкторские расчеты, проведены необходимые исследования и т.д. Более подробно, по разделам, достигнуты следующие результаты:

- по разделу «Введение» - исследована актуальность и сформулирована цель данной работы;

- по первому разделу - исследованы исходные данные для проектирования процесса сборки коробки передач;

- по второму разделу – проведена разработка технологического процесса сборки коробки передач;

- по третьему разделу – обосновано применение интеллектуальной нейронной сети для контроля технологических дефектов технической системы и процесса сборки, а также приведена методика повышения точности позиционирования промышленного робота для сборки;

- по четвертому разделу - исследованы мероприятия по безопасности и экологичности проекта;

- по пятому разделу – исследована величина экономической эффективности разработанной технологии, величина чистого дисконтируемого дохода (интегрального экономического эффекта), составляет 871995,1 рублей;

Таким образом, можно сказать, что цель настоящей бакалаврской работы - разработка технологического процесса сборки коробки передач с максимальным качеством и минимальными затратами достигнута.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Барановский, Ю.В. Режимы резания металлов. Справочник / Ю.В. Барановский. - Изд. 3-е, перераб. и доп. - М., Машиностроение, 1995 г., 320 с.
- 2 Белоусов, А.П. Проектирование станочных приспособлений: Учеб. пособие для учащихся техникумов. / А.П. Белоусов.; 3-е изд., перераб. И доп.– М.: Высш.школа, 1980, 240 с.
- 3 Боровков, В.М. Разработка и проектирование чертежа штамповки. Метод. Указания / В.М. Боровков, ТолПИ, 1990., 25 с.
- 4 Боровков, В.М. Экономическое обоснование выбора заготовки при проектировании технологического процесса. Метод. Указания / В.М. Боровков, ТолПИ, 1990., 45 с.
- 5 Горбацевич, А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учеб. Пособие для вузов. / А.Ф.Горбацевич, В.А. Шкред; 5-е издание, стереотипное. Перепечатка с 4-го издания. – М: ООО ИД «Альянс», 2007.- 256 с.
- 6 Гордеев, А.В. Выбор метода получения заготовки. Метод, указания / А.В. Гордеев, - Тольятти, ТГУ, 2004.-9 с.
- 7 Горина, Л.Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве. Учеб. Пособие. / Л.Н. Горина, - Тольятти, 2016, 68 с.
- 8 ГОСТ Р 53464-2009. Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку [Текст]. – Взамен ГОСТ 26645-85; введ. 2010-24-08. – М.: Стандартиформ, 2010. – 35 с.
- 9 Добрыднев, И.С. Курсовое проектирование по предмету "Технология машиностроения" / И.С. Добрыднев, - М: Машиностроение 1985, 184 с.
- 10 Зубкова, Н.В. Методическое указание к экономическому обоснованию курсовых и дипломных работ по совершенствованию

технологических процес-сов механической обработки деталей (для студентов специальностей 120100 / Н.В. Зубкова, – Тольятти: ТГУ, 2015, 46 с.

11 Михайлов, А.В. Методические указания для студентов по выполнению курсового проекта по специальности 1201 Технология машиностроения по дисциплине «Технология машиностроения» / А.В. Михайлов, – Тольятти, ТГУ, 2005. - 75 с.

12 Нефедов, Н.А. Дипломное проектирование в машиностроительных техникумах: Учеб. Пособие для техникумов 2-е изд. перераб. и доп./ Н.А. Нефедов, 76 - М.: Высш. Школа, 1986-239 с.

13 Нефедов, Н.А. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режу-щему инструменту Учеб. Пособие для техникумов по предмету "Основы учения о резании металлов и режущий инструмент" 4-е изд. перераб. и доп. / Н.А.. Нефедов, - М., Машиностроение, 1984 г.- 400 с.

14 Справочник технолога - машиностроителя. В 2-х кн. Кн. 1/ А.Г. Косилова [и др.]; под ред. А.М. Дальского [и др.]; - 5-е изд., перераб. и доп. - М: Машиностроение-1, 2001 г., 912 с.

15 Справочник технолога - машиностроителя. В 2-х кн. Кн. 2/ А.Г. Косилова [и др.]; под ред. А.М. Дальского [и др.]; - 5-е изд., перераб. и доп. - М: Машиностроение-1, 2001 г., 944 с.

16 Станочные приспособления: Справочник. В 2-х кн. Кн. 1./ Б.Н. Вардашкин; под ред. Б.Н. Вардашкина [и др.]; - М.: Машиностроение, 1984.

17 Таймингс, Р. Машиностроение. Режущий инструмент. Карманный справочник. Пер. с англ. 2-е изд. Стер./ Р. Таймингс, – М.: Додэка-XXI, 2008, - 336 с.

18 Ткачук, К.Н. Безопасность труда в промышленности / К.Н. Ткачук [и др.] – К. Техника, 1982, 231 с.

19 Davim, J.P. Modern Machining Technology. / J.P. Davim, - A practice guide Woodhead Publishing, 2011. — 412 p.

20 Davim, J.P. (ed.) Sustainable Machining / J.P. Davim, - Springer, 2017. — 82 p.

21 Davim, J.P. Machining / J.P. Davim, - Fundamentals and Recent Advances. London: Springer, 2008, - 361 p.

22 Jackson, Mark. Machining with Abrasives Springer, / Mark Jackson, - New York, 2011. 439 p.

23 Klocke, F. Manufacturing Processes 2: Grinding, Honing, Lapping. Vol. 2Springer / F. Klocke, -Verlag Berlin Heidelberg, 2009. XXIV, - 433 p.

24 Linke, B. Life Cycle and Sustainability of Abrasive Tools Springer, 2016. — XVII, - 265 p.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Спецификация

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание		
Перв. примен.	A1			Документация				
				Сборочный чертеж				
				Детали				
		Справ. №		1	19.БР.ОТМП.624.70.001	Плита	1	
				2	19.БР.ОТМП.624.70.002	Заглушка	4	
				3	19.БР.ОТМП.624.70.003	Подставка	2	
				4	19.БР.ОТМП.624.70.004	Палец	2	
				7	19.БР.ОТМП.624.70.007	Планка	1	
				8	19.БР.ОТМП.624.70.008	Плитка	1	
				9	19.БР.ОТМП.624.70.009	Планка	4	
	12		19.БР.ОТМП.624.70.012	Кронштейн	1			
	15		19.БР.ОТМП.624.70.015	Кронштейн	2			
	16		19.БР.ОТМП.624.70.016	Основание	1			
Подп. и дата		19	19.БР.ОТМП.624.70.019	Планка	2			
				Стандартные изделия				
	Взам. инв. №		5		Винт М4-6d×0,8 ГОСТ 1478-84	4		
			10		Винт М6-6d×1 ГОСТ 1478-84	4		
			13		Винт М4-6d×1 ГОСТ 1478-84	2		
	Подп. и дата							
	Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	19.БР.ОТМП.624.70.000 СБ	
		Разраб.	Фофанов					
		Пров.	Воронов					
Н.контр.		Егоров						
Утв.	Логинов							
				Спутник		Лит.	Лист	Листов
						Д	1	1
						ТГУ ТМп-1501		

Копировал

Формат А4

