

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет»
(национальный исследовательский университет)
Политехнический институт
Кафедра «Технология автоматизированного машиностроения»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой
_____ В.И. Гузеев
29.05 2017 г.

**Конструкторско-технологическое обеспечение изготовления детали
«Крышка привода главного движения трактора»**

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ – 15.03.05.2017.413 ПЗ ВКР

Нормоконтролер
_____ Т.В. Столярова
29.05 2017 г.

Руководитель, к.т.н., доцент
_____ Л. В. Шипулин
29.05 2017 г.

Автор работы,
студент группы П-452
_____ М. Д. Давлетшина
29 мая 2017 г.

Челябинск 2017

АННОТАЦИЯ

Давлетшина М.Д. Конструкторско-технологическое обеспечение изготовления детали «Крышка привода главного движения трактора»: ТехМаш: Выпускная квалификационная работа – Челябинск: ЮУрГУ, 2017. – 101 с., 47 ил., 8 табл., библиографический список – 14 наименований, 2 прил.

В пояснительной записке описан узел (передача главная с дифференциалом), в котором работает деталь «Крышка привода главного движения трактора», его назначение и условия эксплуатации; служебное назначение детали и технические требования, предъявляемые к ней, проведены обзор и сравнение зарубежных и отечественных технологических решений для соответствующих отраслей машиностроения. А так же сформированы цели и задачи курсового проектирования, выполнены технологическая (проанализирован существующий технологический процесс и спроектирован новый) и конструкторская (аналитический обзор и выбор технологической оснастки и режущего инструмента, спроектированы и рассчитаны станочное приспособление и режущий инструмент, спроектированы операции технологического контроля и выбрано измерительное оборудование) части.

Таким образом, был спроектирован более современный и экономически выгодный технологический процесс механической обработки.

ЮУрГУ.15.03.05.2017.413 ПЗ ВКР				
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
Разраб.		Давлетшина		24.05.17
Пров.		Шипулин Л.В.		24.05.17
Н.контр		Столярова Т.В.		24.05.17
Утв.		Гузеев В.И.		25.05
Конструкторско-технологическое обеспечение изготовления детали «Крышка привода главного движения трактора»				
Лит. Лист Листов Д 8 107				
ЮУрГУ Кафедра ТАМ				

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	12
1 ОБЩАЯ ЧАСТЬ.....	13
1.1 Назначение, условия эксплуатации и описание узла изделия	13
1.2 Служебное назначение детали «Крышка привода главного движения трактора» и технические требования, предъявляемые к детали	15
1.3 Аналитический обзор и сравнение зарубежных и отечественных технологических решений отрасли тракторостроения.	17
1.4 Формирование целей и задач выполнения выпускной квалификационной работы.....	23
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	24
2.1 Анализ существующей на предприятии документации по конструкторско-технологической подготовке действующего производства.....	24
2.1.1 Анализ операционных карт действующего технологического процесса.....	24
2.1.2 Анализ технологического оборудования, применяемой технологической оснастки и режущего инструмента	24
2.1.3 Размерно-точностной анализ действующего технологического процесса.....	26
2.1.4 Выводы по разделу.....	27
2.2 Разработка проектного варианта технологического процесса изготовления детали «Крышка привода главного движения трактора»	27
2.2.1 Аналитический обзор, выбор и обоснование способа получения исходной заготовки	27
2.2.2 Аналитический обзор и выбор основного технологического оборудования	28
2.2.3 Формирование операционно-маршрутной технологии проектного варианта.....	31

2.2.4	Размерно-точностной анализ проектного варианта технологического процесса.....	34
2.2.5	Расчет режимов резания и норм времени на все операции проектного варианта технологического процесса	35
2.2.6	Выводы по разделу.....	44
3	КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ	45
3.1	Аналитический обзор и выбор стандартизованной технологической оснастки.....	45
3.2	Аналитический обзор и выбор станочного приспособления.....	47
3.3	Аналитический обзор и выбор стандартизованного режущего инструмента.....	51
3.4	Проектирование и расчёт специального режущего инструмента... ..	58
3.4.1	Исходные данные.....	58
3.4.2	Выбор типа инструмента и материала режущей части.....	59
3.4.3	Расчет режимов резания и выбор геометрических параметров... ..	59
3.4.4	Выбор сменной пластины	62
3.5	Выбор измерительного оборудования и оснастки на операциях технического контроля	66
4	АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА..... ..	72
4.1	Анализ возможных направлений автоматизации технологического процесса изготовления детали	72
4.2	Разработка структурной схемы гибкого производственного участка..	76
4.2.1	Определение состава и числа оборудования станочного комплекса ГПС.....	76
4.2.2	Определение структуры и состава автоматизированной транспортно-складской системы ГПС	78

4.2.3	Определение характеристик стеллажа-накопителя.....	79
4.2.4	Расчет числа позиций загрузки и разгрузки.....	79
4.2.5	Расчет числа позиций контроля	80
4.2.6	Проектирование предварительной компоновки ГПС	81
4.2.7	Определение числа подвижных транспортных механизмов АТСС.....	86
4.3	Выбор оборудования для функционирования автоматизированной системы.....	87
4.3.1	Определение вспомогательных систем и участков, необходимых для функционирования ГПС	87
4.3.2	Выбор вспомогательного оборудования, необходимого для функционирования ГПС	88
4.4	Базирование заготовки, полуфабриката, готовой детали в промышленном роботе, транспортном устройстве, промежуточном накопителе	91
4.5	Анализ производительности автоматизированной системы	93
5	ОРГАНИЗАЦИОННО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ЧАСТЬ.....	95
6	БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ЦИКЛА ИЗДЕЛИЯ	97
6.1	Мероприятия и средства по созданию безопасных и безвредных условий труда.....	97
6.2	Мероприятия по электробезопасности.....	99
6.3	Мероприятия по пожарной безопасности.....	100
	ВЫВОДЫ ПО КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ.....	103
	БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	104
	ПРИЛОЖЕНИЯ.....	106
	Приложение А – размерный анализ действующего технологического процесса.....	106
	Приложение Б – размерный анализ проектного технологического процесса.....	107

ВВЕДЕНИЕ

Проектирование технологических процессов изготовления новых конкурентно способных изделий в машиностроении – сложная комплексная задача, связанная с обеспечением требуемого технического уровня этих изделий, максимально высоких потребительских качеств, при приемлемой, для потребителя, стоимости изделий, расходов на их эксплуатацию и обслуживание.

Для создания современной конкурентоспособной продукции необходимо проектирование гибкого серийного производства, которое позволяло бы на определённом технологическом оборудовании изготавливать различные изделия, сходные по конструкторским и технологическим признакам с минимальной переналадкой оборудования при переходе с изготовления одной партии изделий на другую партию. Этот стандартный способ обеспечения конкурентоспособности высокотехнологичных отраслей промышленности применяется практически во всех развитых странах мира.

Проектирование технологических процессов изготовления деталей должно вестись в соответствии с требованиями единой системы технологической подготовки производства (ЕСТПП), которая предусматривает широкое применение прогрессивных типовых технологических процессов, стандартной технологической оснастки и оборудования, средств механизации и автоматизации производственных процессов, инженерно-технических и управленческих работ.

Целью исследования является проектирование типовых технологических процессов обработки деталей типа «Крышка» для обеспечения конкурентоспособности машиностроительного производства в условиях рыночной среды.

						Лист
					ЮУрГУ – 15.03.05.2017.413 ПЗ ВКР	12
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1 ОБЩАЯ ЧАСТЬ

1.1 Назначение, условия эксплуатации и описание узла изделия

Рабочим узлом для крышки является главная передача с дифференциалом (рис. 1).

Главная передача служит для увеличения общего передаточного числа и передачи вращающего момента через дифференциал и конечные передачи к ведущим колесам трактора. Главная передача трактора представляет собой одинарную передачу, состоящую из пары конических или цилиндрических шестерен.

Дифференциал представляет собой планетарный механизм, предназначенный для распределения вращающего момента между ведущими полуосями трактора и обеспечения вращения ведущих колес с различной частотой при движении по кривой или неровностям пути. На повороте, неровном пути ведущие колеса совершают движение по дугам разной длины.

Главная передача (рис. 1) состоит из: 1 – сальниковое уплотнение; 2 – фланец карданной передачи; 3 – крышка; 4 – регулировочные прокладки; 5 и 6 – двухрядные конические роликоподшипники; 7 и 18 – стаканы подшипника; 8 – кожух; 9 – регулировочные гайки; 10 – вставка; 11 – ведомая шестерня; 12 – ступица; 13 – ведущая муфта; 14 – чаша; 15 – шарикоподшипник; 16 – цилиндрический роликоподшипник; 17 – корпус; 19 – вал-шестерня.

Ведущий мост состоит из конической пары шестерен с дифференциалом, расположенных в средней части, и двух редукторов с колесными тормозами, размещенных по бортам.

Ведущая коническая шестерня с валом 19 установлена на двух роликоподшипниках: цилиндрическом 16 и двухрядном коническом 5. Ведомая шестерня 11 прикреплена штифтами и болтами к корпусу дифференциала, который опирается на шариковый 15 и роликовый 6 подшипники. Подшипник 6 установлен в стакане 7, закрепленном во вставке 10. Для правильного зацепления конических

						ЮУрГУ – 15.03.05.2017.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			13

шестерен их перемещают: ведущую – подбором прокладок 4, расположенных под фланцем стакана 18, а ведомую – сдвигом стакана 7 во вставке с помощью гаек 9.

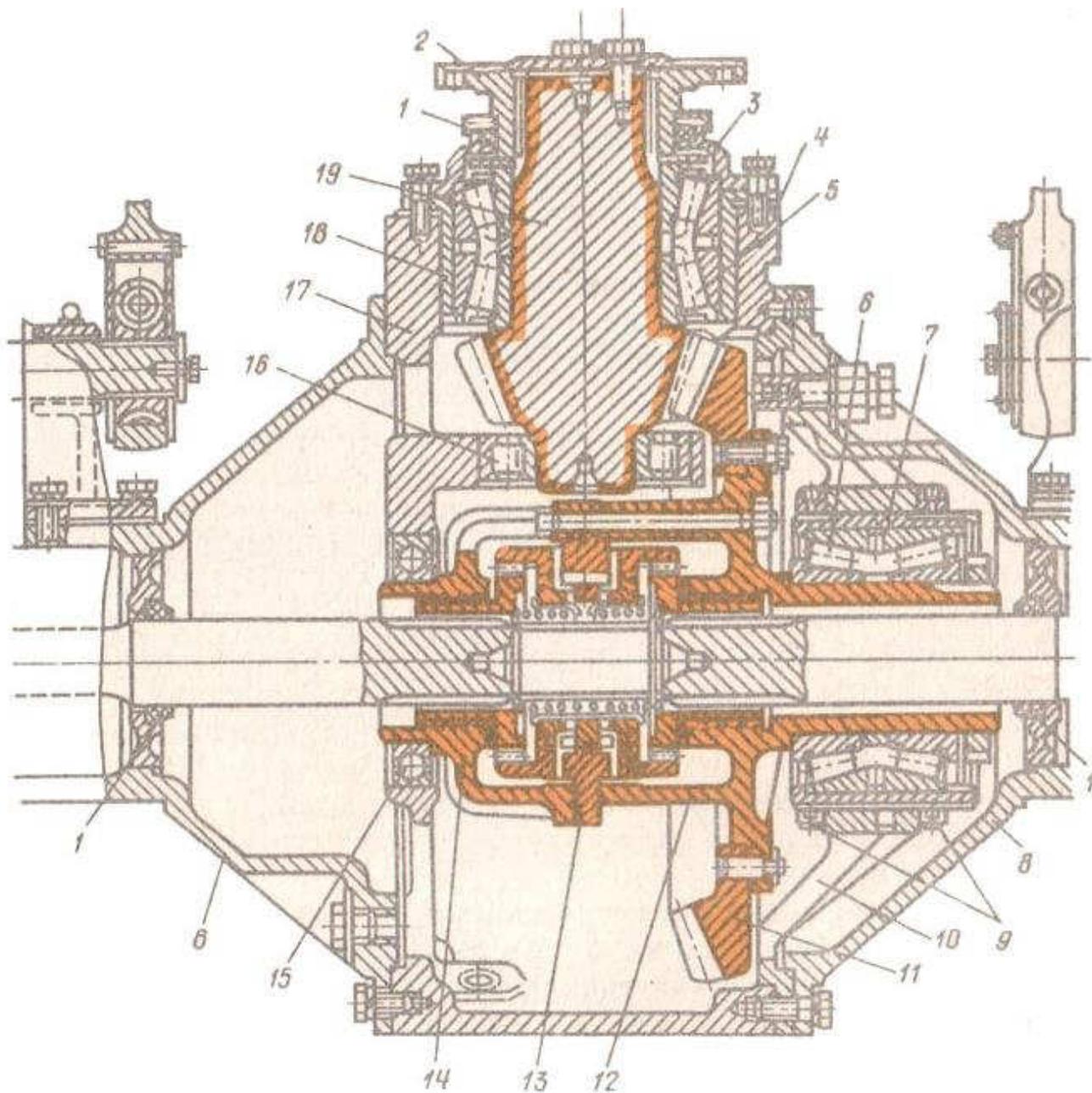


Рисунок 1 – Передача главная с дифференциалом

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

К поверхностям, на которых упирается подшипник, предъявляются требования шероховатости Ra 2,5мкм и Ra 5мкм, допуск радиального биения, требования по точности: H8 и h9. Такие требования необходимы для того, чтобы избежать перекоса колец подшипника, а также вмятин на поверхностях качения в процессе эксплуатации. На поверхности, где крышка сопряжена со стаканом – предъявляются отклонения перпендикулярности и отклонения от плоскостности для более точной установки и фиксации. К отверстиям предъявляется зависимый позиционный допуск, необходимый для точного расположения крепежных элементов, а также для облегчения процесса сборки.

Также предъявляются следующие технические требования на чертеже:

1. Поковка гр. II, 174..229 НВ ГОСТ 8974-70, класс точности II ГОСТ 7505-89.
2. Штамповочные уклоны не более 7°, неуказанные штамповочные радиусы не более 5 мм.
3. На необрабатываемых поверхностях допускаются вмятины, забоины и другие поверхностные дефекты с контрольной зачисткой глубиной не более 1 мм.
4. Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H14, h14, ±IT14/2.
5. На поверхностях Б, В, Г допускается след от выхода инструмента глубиной не более 0,2 мм.
6. Размеры обеспечить инструментом.

Все технические требования обоснованы, полностью соответствуют служебному назначению детали и должны выполняться в процессе механической обработки. Их невыполнение приводит к неточности установки детали в узле и неточности взаимного расположения деталей.

						Лист
					ЮУрГУ – 15.03.05.2017.413 ПЗ ВКР	16
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1.3 Аналитический обзор и сравнение зарубежных и отечественных технологических решений для отрасли тракторостроения

Рабочим узлом для крышки является передача главная с дифференциалом.

Машиностроение делится на три группы — трудоёмкое, металлоёмкое и наукоёмкое. В свою очередь, эти группы делятся на следующие отраслевые подгруппы: тяжёлое машиностроение, общее машиностроение, среднее машиностроение, точное машиностроение, производство металлических изделий и заготовок, ремонт машин и оборудования.

Крышка является частью главной передачи с дифференциалом трактора, а значит относится к корпусным деталям тракторостроения (отрасль среднего машиностроения).

В тракторостроении с 1959 года предпринимались попытки создания колёсных трелёвочных тягачей. Но эти разработки оказались неудачными, имели низкую проходимость и низкое качество изготовления. В дальнейшем были начаты разработки отечественных колёсных тракторов по двум направлениям:

- создание трелёвочных модификаций сельскохозяйственных тракторов общего назначения;
- создание специального лесопромышленного трактора по опыту зарубежных фирм, полностью отвечающего требованиям лесозаготовительной промышленности.

Рассмотрим несколько моделей отечественных лесопромышленных тракторов:

Трактор К-703.

Разработан Кировским заводом совместно с ЦНИИМЭ, данный трактор является лесопромышленной модификацией сельскохозяйственного трактора К-700А класса тяги 5 и представляет собой базовое шасси, предназначенное для установки на нем различного технологического оборудования. Трактор имеет шины повышенной грузоподъемности, на задней полураме также имеются места для установки технологического оборудования.

Трактор Т-157.

Данный трактор, выпускаемый Харьковским тракторным заводом, является лесопромышленной модификацией сельскохозяйственного трактора Т-150К класса тяги 3, и представляет собой базовое шасси для установки на нем различного технологического оборудования. Трактор отличается наличием шин увеличенного размера, отсутствием рессорной подвески переднего моста, усиленными элементами ведущих мостов. На базе трактора Т-157 разработан ряд машин различного назначения. Это:

- трелёвочные машины ЛТ-171, ЛТ-157;
- лесотранспортные машины ЛТ-143, ЛТ-143А;
- погрузочно-транспортная машина ЛТ-175.

Машина для бесчokerной трелёвки ЛТ-190.

Данная машина предназначена для подтаскивания, сбора, погрузки, на коник деревьев или хлыстов, трелёвки пачки деревьев в полупогруженном состоянии, разгрузки и окучивания деревьев на верхнем лесоскладе лесхозов и лесных комплексных предприятий.

В состав машины входят:

- 1.) передний тяговый модуль - колёсный трактор МТЗ-80, с которого демонтированы передние колёса с подвеской и приводом, а также устройства для прицепного сельскохозяйственного оборудования;
- 2.) задний приводной модуль - задняя тележка автогрейдера ДЗ-143, привод который осуществляется от заднего вала отбора мощности трактора, при помощи карданных валов и синхронизирующего редуктора;
- 3.) рама тележки сварной конструкции;
- 4.) гидроманипулятор ЛВ-184, расположенный в передней части рамы тележки;
- 5.) зажимной коник трактора ТБ-1.

Передний и задний модули сочленены между собой шарнирно. Управление машиной осуществляется при помощи двух гидроцилиндров, гидроруля и рулевого

					ЮУрГУ – 15.03.05.2017.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

колеса. Управление манипулятором осуществляется рычагами перемещения золотников распределителей из кабины машины.

Кабина снабжена универсальным поворотным сиденьем, регулируемым по высоте в зависимости от роста оператора машины.

Погрузочно-транспортная машина ЛТ-189

Карельский НИИ лесной промышленности и Петрозаводское АО “Ремонтно-механический завод” разработали семейство полноприводных погрузочно-разгрузочных машин ЛТ-189. Это сортиментовозы, предназначенные для сбора, погрузки, транспортировки и разгрузки с подсортировкой сортиментов при перемещении их с лесосеки к лесовозной дороге. Машины используются при проведении всех видов несложных рубок на участках с равнинным и слабопересеченным рельефом местности.

Для работы на грунтах с низкой несущей способностью или при снежном покрове до 70см монтируют гусеничные ленты.

Машины семейства ЛТ-189 применяются в комплексе с многооперационными машинами, при заготовке сортиментов вальщиком, заготовке пневого осмола, сборе лесосечных отходов, нижескладских работах и др.

Машина состоит из трактора МТЗ-80 без передней оси тандемной тележки, гидроманипулятора и технологического оборудования.

Серийный выпуск машин ЛТ-189 налажен Петрозаводским ремонтно-механическим заводом в 1990 году.

Машины успешно эксплуатируются в хозяйствах Карелии, Латвии, а также в Московской, Новгородской и Вологодской областях.

Машина соответствует всем предъявляемым требованиям, имеет высокую проходимость, проста в обслуживании и управлении.

Сортиментовоз СФ-55С - предназначен для сбора, транспортировки по лесосеке, волокам, усам к лесовозным дорогам, к лесным приречным складам, разгрузки и складирования сортиментов от рубок главного и промежуточного

						Лист
					ЮУрГУ – 15.03.05.2017.413 ПЗ ВКР	19
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

пользования. Может использоваться как погрузочно-транспортная машина. Трактор обладает высокой скоростью, маневренностью, проходимостью на грунтах с низкой несущей способностью.

Обзор зарубежных колёсных тракторов.

Во всех странах с развитой лесозаготовительной промышленностью нашли широкое применение колёсные тракторы, оснащенные различным технологическим оборудованием. К достоинствам зарубежных колёсных тракторов можно отнести наличие гидромеханических трансмиссий, электрогидроуправляемых коробок передач, лебёдок с гидроприводом, кабин, обеспечивающих безопасные и комфортные условия труда операторов тракторов.

Рассмотрим несколько моделей зарубежных колёсных тракторов.

1. Форвардер Локомо 910.

Машина выпущена фирмой «Раума-Репола». Она имеет четырёхцилиндровый дизельный двигатель с водяным охлаждением и турбонаддувом «Перкинс Т4-236» мощностью – 71,кВт и гидромеханическую трансмиссию «Кларк 1800» типа Пауэр Шифт, обеспечивающую тягу на крюке 140,кН и скорость до 36 км/ч.

На передней полураме установлены двигатель и коробка передач, передняя ось, кабина оператора, управление погрузчиком и вспомогательные устройства.

Задняя полурама несёт на себе погрузчик, платформу со стойками, подвижной защитный экран и заднюю колёсную тележку. Шарнирное устройство соединения полурам снабжено автоматическим стабилизирующим тормозом.

Форвардер Локомо 910 имеет ширину в зависимости от типа шин 2,48...2,64,м , высоту, включая гидроманипулятор- 3,27,м. Полезная нагрузка машины- 10,т , при собственной массе- 9,5,т.

Машина в 1985 году оказалась наиболее популярной среди подобных машин в Финляндии. Это достигнуто за счет эффективного соотношения массы

						ЮУрГУ – 15.03.05.2017.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			20

трактора и грузоподъемности, эффективной трансмиссии, высокой маневренности и низкого удельного давления на грунт.

2. Форвардер Локомо 933С.

Предназначен для трелёвки хлыстов и деревьев.

Шасси трактора состоит из двух шарнирно соединенных двухосных тележек. Машина имеет четырёхцилиндровый дизельный двигатель с водяным охлаждением и турбонаддувом, максимальная мощность- 141 кВт; гидромеханическую трансмиссию с гидротрансформатором Кларк и коробкой передач типа Пауэр Шифт; тандемные тележки с автоматической блокировкой дифференциалов, типа Ноу Слин, шины 17,5—25 или 20—25.

Габаритные размеры машины: длина- 9400,мм; ширина- 2980,мм; высота без манипулятора- 3700,мм.

Масса форвардера- 20,т и скорость до 30,км/ч.

3. Форвардер ЭСА-260.

Создан на базе шестиколёсного трактора, все колёса имеют гидромеханический привод. Управление машиной, при движении по дорогам, осуществляется с помощью рулевого колеса, а при движении по лесосеке и в сложных условиях местности электронно-пульсирующей системой, через кулисные переключатели. Форвардер имеет надёжную тормозную систему. Для погрузки-разгрузки лесопродукции установлен манипулятор ЭСА-373, с максимальным вылетом стрелы 6,5,м и грузоподъёмным моментом 84,7,кН·м.

Одноместная безопасная кабина имеет внутри низкий уровень шума, ремни безопасности, кондиционер, систему отопления, а также хорошее освещение.

Машина имеет следующие габаритные размеры: длина- 9,3,м; ширина- 2,8,м; высота- 3,7,м. Масса машины- 14,т.

4. Форвардер Брюннет-Мини 672.

Машина имеет восемь ведущих колёс, установленных попарно на четырёх тележках. На форвардере установлен четырёхцилиндровый дизельный двигатель,

						ЮУрГУ – 15.03.05.2017.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			21

мощностью 57,кВт. Масса машины 8,5,т, грузоподъемность 7,5,т. Форвардер имеет манипулятор, который установлен на силовом каркасе ограждения кабины. Наибольший вылет стрелы манипулятора до 7,5,м, грузовой момент 55,кН·м, площадь захвата- 0,35,м², угол поворота- 360⁰. Масса трактора- 1380,кг, прицепа- 310,кг. Грузоподъемность форвардера- 1,7,т.

На форвардере установлен телескопический манипулятор.

Машина рассчитана на трелёвку тонкомерного леса, с её помощью можно трелевать и крупный пиловочник, однако это требует ограничения в диаметре и длине сортиментов (не более 60,см и 3,м соответственно).

В качестве североамериканских форвардеров можно отметить новую модель, выпущенную фирмой «Гафнер Машин» (США)- модель 5510. это колёсная машина с шарнирно-сочлененной рамой, оснащенная коником и погрузочным устройством манипуляторного типа. Новая модель отличается от ранее выпущенных экономичным расходом топлива, более низким центром тяжести, увеличенным крутящим моментом. Грузоподъемность машины- 6350,кг. Грузоподъемность стрелы на полном вылете до 1179,кг, а на вылете 2,4,м- 2041,кг.

Зарубежные машины превосходят отечественные по многим показателям: по техническим характеристикам, и по удобству обслуживания и ремонту, по уровню комфортабельности работы оператора, и по многим другим показателям. Еще за рубежом выпускается широкий спектр лесозаготовительных машин, из которого можно выбирать машины, применительно для данных условий работы. Однако разработанные отечественные конструкции лесных машин не во многом уступают зарубежным образцам, а сравнительно невысокая стоимость и низкие эксплуатационные расходы делают эти машины конкурентоспособными по сравнению с импортной техникой такого же класса. Также при дальнейшем обслуживании зарубежные машины обходятся намного дороже, чем отечественные образцы, так как на закупку запасных частей требуются очень большие затраты, а также обученные специалисты в области ремонта машин.

										Лист
										22
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

1.4 Формирование целей и задач выполнения выпускной квалификационной работы

Целью выпускной квалификационной работы является разработка нового варианта технологического процесса изготовления детали «Крышка привода главного движения трактора», отличающегося по ряду конструкторских и технологических показателей.

Задачами выпускной квалификационной работы являются:

1. Спроектировать новый технологический процесс изготовления детали «Крышка привода главного движения трактора» в условиях серийного конкурентоспособного производства;
2. Провести аналитический обзор и выбрать технологическую оснастку;
3. Спроектировать и рассчитать станочное приспособление;
4. Провести аналитический обзор и выбрать режущий инструмент;
5. Спроектировать и рассчитать применяемый режущий инструмент;
6. Спроектировать операции технического контроля и выбрать измерительное оборудование;
7. Провести автоматизацию технологического процесса;
8. Разработать организационно-производственную часть;
9. Рассмотреть мероприятия по обеспечению безопасности технологического цикла изделия.

2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1 Анализ существующей на предприятии документации по конструкторско-технологической подготовке действующего производства

2.1.1 Анализ операционных карт действующего технологического процесса

Анализ операционных карт действующего технологического процесса невозможен, так как на предприятии отсутствуют операционные карты.

2.1.2 Анализ технологического оборудования, применяемой технологической оснастки и режущего инструмента

Данный технологический процесс состоит из 6 операций:

005 Токарная операция (2 установка)

010 Токарная операция

015 Токарная операция

020 Сверлильно-фрезерная операция

025 Слесарная операция

030 Контрольная операция

На 005 токарной операции осуществляется предварительное точение внутреннего диаметра и наружных поверхностей. Комплект баз: двойная направляющая, опорная. В качестве режущего инструмента используются резцы: проходной отогнутый правый 2102-0055 25 x 16 x 140 T5K10 ГОСТ 18877-73, проходной упорный 2101-0009 20x12x140 T5K10 ГОСТ 18879-73, расточной для сквозных отверстий 2140-0026 20x20x170 T15K6 ГОСТ 18882-73, станочного приспособления – универсальный трехкулачковый патрон типа К-250.35.11 Н 7100-0035, мерительного инструмента – штангенциркуль ШЦ-III-300-0,05 ГОСТ166-89. Оборудование: токарный станок 1К62.

На 010 токарной операции осуществляется точение внутреннего диаметра, фаски, проточек, а также наружных поверхностей. Комплект баз: двойная

						Лист
					ЮУрГУ – 15.03.05.2017.413 ПЗ ВКР	24
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

направляющая, опорная. В качестве режущего инструмента используются резцы: проходной резец 2102-0005 20x20x140 Т15К6 ГОСТ 18877-73, расточной резец 2140-0026 20x20x170 Т15К6 ГОСТ 18882-73, станочного приспособления – универсальный трехкулачковый патрон 7100-0048 ГОСТ 2675-80, мерительного инструмента – штангенглубиномер ШГ-160-0,05 ГОСТ162-90, штангенциркуль ШЦ-III-300-0,05 ГОСТ166-89, специальный штангенциркуль для измерения канавок Т9520-027. Оборудование: универсальный токарно-винторезный станок 16К20.

На 015 токарной операции осуществляется точение внутреннего диаметра, проточка фасок, внутренних проточек, а также точение наружных поверхностей. Комплект баз: двойная направляющая, опорная. В качестве режущего инструмента используются: проходной резец 2102-0005 20x20x140 Т15К6 ГОСТ 18877-73, расточной резец 2140-0026 20x20x170 Т15К6 ГОСТ 18882-73, станочного приспособления – универсальный трехкулачковый патрон 7100-0048 ГОСТ 2675-80, мерительного инструмента – штангенглубиномер ШГ-160-0,05 ГОСТ162-90, штангенциркуль ШЦ-III-300-0,05 ГОСТ166-89, специальный штангенциркуль для измерения канавок Т9520-027, нутромер. Оборудование: универсальный токарно-винторезный станок 16К20.

На 020 сверлильно-фрезерной операции осуществляется сверление отверстий и расточка пазов. Комплект баз: установочная, двойная направляющая. В качестве режущего инструмента используются: сверло спиральное с цилиндрическим хвостовиком 2300-0222 ГОСТ 10902-77, фреза концевая 2220-0226 ГОСТ 17025-71. В качестве мерительного инструмента применяется: штангенглубиномер ШГ-160-0,05 ГОСТ162-90, специальный радиусный шаблон. Оборудование: универсальный вертикально-фрезерный станок 6Р11.

На 025 слесарной операции избавляются от заусенцев.

На 030 контрольной операции производят окончательный контроль детали мерительными инструментами.

					ЮУрГУ – 15.03.05.2017.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

2.1.3 Размерный анализ действующего технологического процесса

С целью расчета припусков замыкающих звеньев и возможности выявления брака проведем проверочный размерный анализ действующего технологического процесса.

Размерный анализ решает более широкий круг задач и кроме расчета операционных цепей, охватывает очень широкий комплекс технологических расчетов. На стадии проектирования необходимо экономить металл и материальные затраты за счет уменьшения размеров износа, трудоемкости изготовления детали и снижения брака [7].

В действующем технологическом процессе замыкающими звеньями размерных цепей являются припуски.

Расчет припусков:

$$\text{На операции 005: } [86\ 87] = + (86\ 16) - (16\ 87) = + 60_{\pm 1,5} - 51_{-1,2} = 9_{-1,5}^{+2,7}$$

$$[16\ 17] = + (16\ 87) - (87\ 17) = + 51_{-1,2} - 49_{-0,62} = 2,0_{-1,2}^{+0,62}$$

$$\text{На операции 010: } [17\ 18] = + (87\ 17) - (18\ 87) = 49_{-0,62} - 47_{-0,62} = 2_{\pm 0,62}$$

$$\text{На операции 015: } [87\ 88] = + (87\ 18) - (18\ 88) = 47_{-0,62} - 45_{-0,62} = 2_{\pm 0,62}$$

Размерный анализ действующего технологического процесса представлен в приложении А.

Рассчитываются минимальные необходимые припуски. Минимальный припуск для любой операции рассчитывается по формуле:

$$\Delta_{\min} = Df + Rz,$$

где Df – величина дефектного слоя, мм;

Rz – шероховатость с предшествующей операции, мм.

Для штамповки обычной точности: $Df = 300$ мкм; $Rz = 250$ мкм. Тогда:

$$\Delta_{\min} = 0,3 + 0,25 = 0,55 \text{ мм.}$$

В результате проведенного размерного анализа выявлено, что припуски на обработку завышены.

2.1.4 Выводы

В действующем технологическом процессе в качестве исходной заготовки используется штамповка на молотах, что нетехнологично, так как коэффициент использования материала (КИМ) низкий. При использовании заготовки изготовленной таким способом штамповки много материала уходит в стружку.

В качестве станочных приспособлений и технологической оснастки в действующем технологическом процессе используются стандартные приспособления и оснастка, что эффективно для любых типов производств. В качестве контрольных приспособлений используются как стандартные, так и специальные приспособления, что эффективно для единичного и мелкосерийного производств, но не эффективно для крупносерийного.

После проведения размерного анализа действующего технологического процесса стало видно, что припуски на обработку являются больше минимальных необходимых – значит, существующие припуски завышены. Это приводит к увеличению срезаемого в стружку металла и уменьшению КИМ, что неэффективно для любых типов производств.

2.2 Разработка проектного варианта технологического процесса изготовления детали «Крышка привода главного движения трактора»

2.2.1 Аналитический обзор, выбор и обоснование способа получения исходной заготовки

Для получения заготовки выбирается штамповка на ГKM, где деталь будет максимально приближена к форме готовой детали, следовательно, снизится расход материала по сравнению с действующим технологическим процессом, масса заготовки существенно уменьшится и ее легче будет транспортировать, соответственно КИМ повысится. Несмотря на то что изготовление штампов требует определенных затрат, но зато увеличится производительность,

уменьшится время на обработку, минимальное количество отработанного материала в виде стружки, которая мешает автоматизированному производству наматываясь на инструмент, шпиндель, и т.д.

2.2.2 Аналитический обзор и выбор основного технологического оборудования

Для токарной, сверлильной, фрезерной обработки возьмем токарный станок с ЧПУ Okuma Genos L300E-MY. На нем будет происходить полная обработка детали за два установка. Станок представлен на рисунке 3.



Рисунок 3 – Токарный обрабатывающий центр Okuma Genos L300E-MY

Станки GENOS, модель L, - это "простые многозадачные станки" с превосходными ценовыми характеристиками. Они сочетают в себе структуры для достижения высокого качества и простоту использования с огромным

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

разнообразием спецификаций для выполнения различных операций – от обработки деталей, зажимаемых в патроне, до обработки прутковых деталей сложной формы.

Это станки, которые соответствуют требованиям всех потребителей. Все характеристики станка приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики станка Okuma Genos L300E-MY

<i>Наименование</i>	<i>Ед.изм</i>	<i>Величина</i>
Рабочие характеристики		
Максимальный диаметр над станиной	мм	Ø520
Максимальный диаметр над суппортом	мм	Ø230
Максимальный диаметр обработки	мм	Ø300
Максимальная обрабатываемая длина	мм	1050
Перемещение по осям	град.	360°(0,001°)
Перемещение по оси X	мм	235 (230+5)
Перемещение по оси Z	мм	1050
Перемещение по оси Y	мм	100 (+50/-50)
Перемещение по оси C	град.	360° (0,001°)
Шпиндель		
Диапазон частоты вращения главного шпинделя	об/мин	25-3000
Число диапазонов частоты вращения главного шпинделя	кол-во	2 (с автоматическим выбором и переключением)
Типоразмер присоединительного конца главного шпинделя	тип	JIS A2-8
Диаметр сквозного отверстия главного шпинделя	мм	Ø80

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Продолжение таблицы 1

Наружный диаметр главного шпинделя у передней подшипниковой опоры	мм	Ø120
Револьверная головка		
Тип револьверной головки	тип	M-V12 VDI
Количество инструментальных позиций в револьверной головке	кол-во	12
Присоединительные размеры инструмента		
Сечение державки резца	мм	25×25
Присоединительный диаметр борштанги	мм	Ø40
Диапазон частоты вращения инструментальных шпинделей револьверной головки.	об/мин	45 –4500
Время на поворот револьверной головки из одной инструментальной позиции в следующую	сек	0,2
Перемещения		
Скорость осевых ускоренных перемещений	м/мин	X: 20, Z:20, Y:10
	об/мин	C: 200
Диапазон осевых подач при резании	мм/об	X, Z,Y: 0,001-1000
Задняя бабка		
Конус пиноли	тип	MT №4
Перемещение пиноли	мм	100

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Окончание таблицы 1

Мощность		
Мощность главного мотора-шпинделя	кВт	VAC 11/7,5 (30 мин./постоянно)
Мощность привода инструментальных шпинделей револьверной головки	кВт	PREX 7,0/3,3 (30 мин./постоянно)
Мощность осевых приводов	кВт	X:4; Z:6; Y:4
Мощность насоса системы охлаждения	кВт	0,25
Габариты станка		
Высота	мм	2 395
Площадь, занимаемая станком	мм×мм	3 537×2 393
Масса станка с системой ЧПУ	кг	7 500
Система ЧПУ		
Система ЧПУ	тип	OSP-P200L

2.2.3 Формирование операционно-маршрутной технологии проектного варианта

Маршрутный технологический процесс представлен состоит из следующих операций:

000 Заготовительная операция

005 Комплексная на обрабатывающих центрах с ЧПУ

010 Комплексная на обрабатывающих центрах с ЧПУ

015 Контрольная операция

Заготовка представлена на рисунке 4.

На 005 комплексной операции с ЧПУ (рисунок 5) выполняется точение внешней и внутренней поверхности заготовки, точение канавок, фасок, предварительное сверление отверстий.

На 010 комплексной операции с ЧПУ (рисунок 6) выполняется точение внешних и внутренних поверхностей, точение канавок, фасок, сверление отверстий, фрезерование пазов.

На 015 контрольной операции проводится окончательный контроль мерительными инструментами.

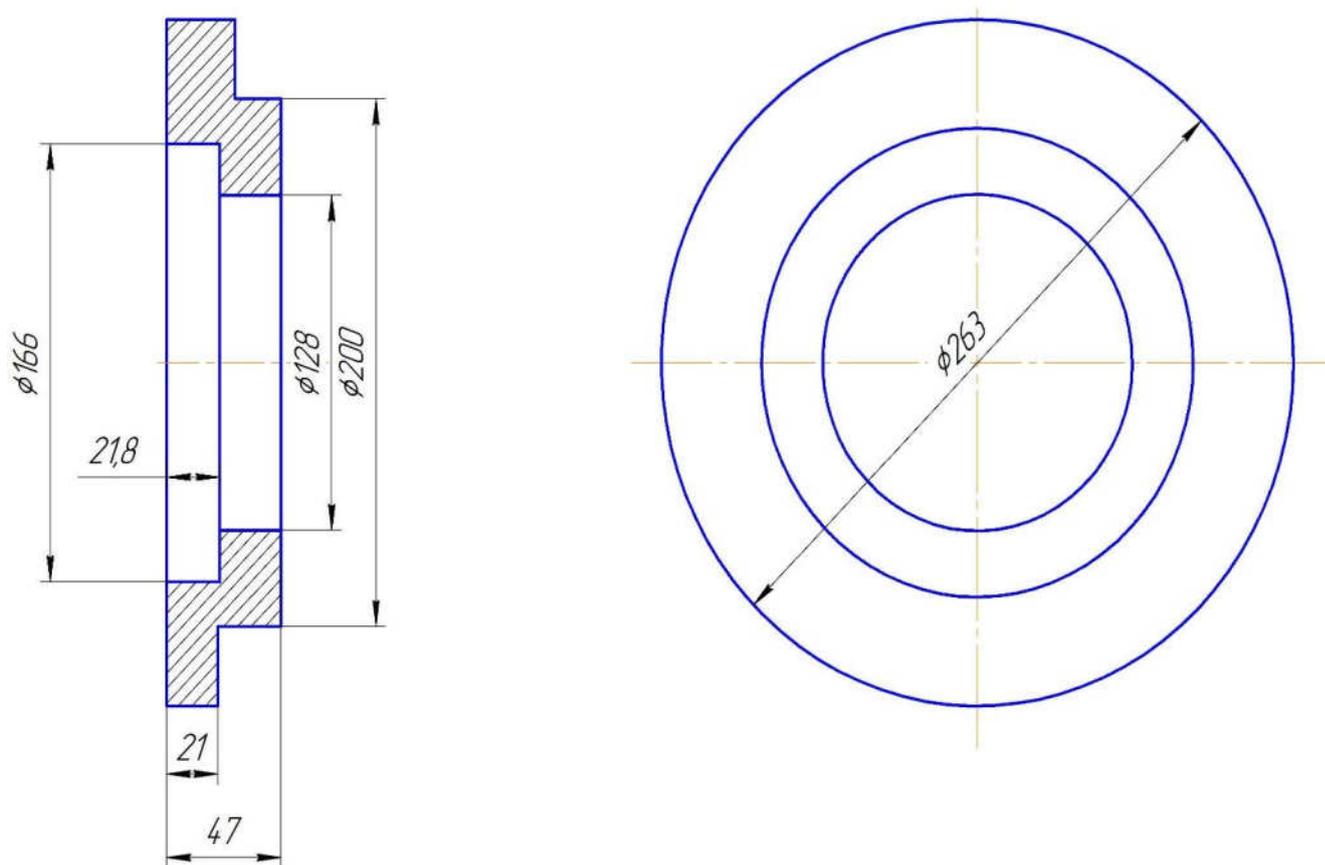


Рисунок 4 – 000 Заготовительная операция

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

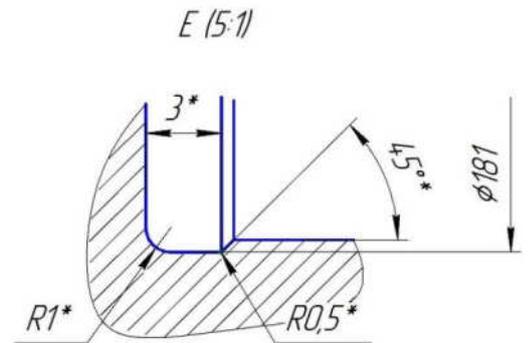
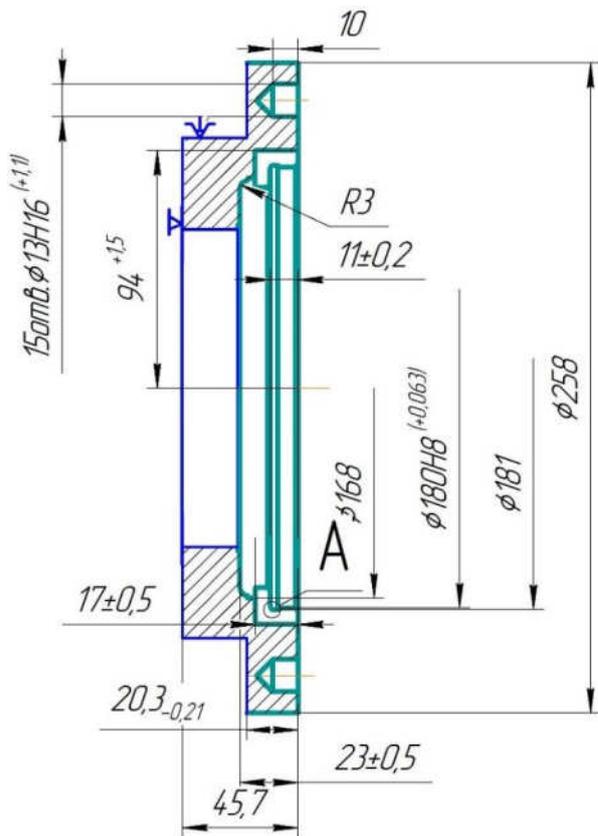


Рисунок 5 – 005 Комплексная на обрабатывающих центрах с ЧПУ

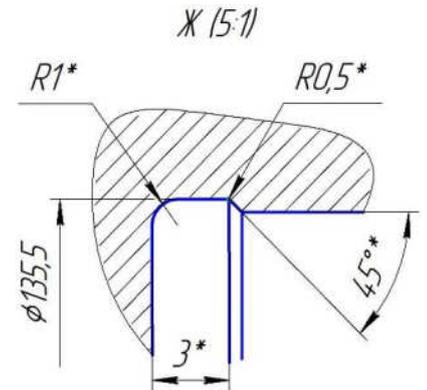
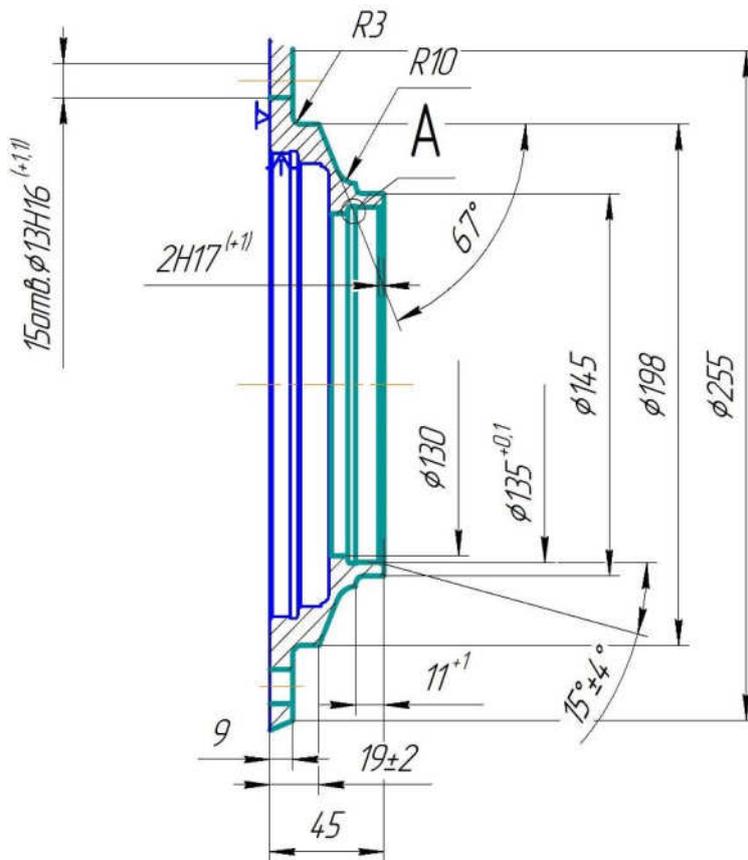


Рисунок 6 – 010 Комплексная на обрабатывающих центрах с ЧПУ

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

2.2.4 Размерно-точностной анализ проектного варианта технологического процесса

Размерная схема представлена в приложении Б.

Рассчитываются минимальные необходимые припуски. Минимальный припуск для любой операции рассчитывается по формуле:

$$\Delta_{\min} = Df + Rz,$$

где Df – величина дефектного слоя, мм;

Rz – шероховатость с предшествующей операции, мм.

Штампованная заготовка имеет $Rz = 150$ мкм и $Df = 250$ мкм, соответственно получаем:

$$\Delta_{\min} = 250 + 150 = 400 \text{ мкм} = 0,4 \text{ мм}$$

Размерная схема представлена в приложении Б.

Расчет припусков и межоперационных размеров:

$Z_{\text{расч}} = z_{\min} + \frac{W}{2} - [\Delta_0]$, где W – величина поля рассеяния, Δ_0 – величина середины поля допуска [7].

На операции 005:

$$[88 \ 87] = + A_{-0,25} - 45_{-0,25};$$

$$W_{ai} = 0,25 + 0,25 = 0,5;$$

$$\Delta_0 = \left(\frac{0 - 0,25}{2} \right) - \left(\frac{0 - 0,25}{2} \right) = 0;$$

$$Z = 0,4 + 0,5/2 = 0,65$$

$$0,65 = A_{-0,25} - 45_{-0,25};$$

$$A = 45,65_{-0,25} \approx 45,7_{-0,25};$$

$$[88 \ 87] = 0,65.$$

На операции 010:

$$[17 \ 18] = + B_{-0,74} - 45,7_{-0,25};$$

$$W_{ai} = 0,74 + 0,25 = 0,99;$$

$$\Delta_0 = \left(\frac{0-0,74}{2} \right) - \left(\frac{0-0,25}{2} \right) = -0,245;$$

$$Z = 0,4 + 0,99/2 + 0,245 = 1,24;$$

$$1,24 = B_{-0,74} - 45,7_{-0,25};$$

$$B = 46,94_{-0,25} \approx 47_{-0,25};$$

$$[17 \ 18] = 1,24.$$

Найдем размер С:

$$C = + (17 \ 18) + (18 \ 48) + (48 \ 47);$$

$$(48 \ 47) = 0,65;$$

$$C = 1,24 + 19 + 0,65 = 20,89 \approx 21_{-0,52}.$$

Найдем размер Г:

$$\Gamma = (18 \ 68) - (17 \ 18) = 23 - 1,24 = 21,76 \approx 21,8_{-0,52}$$

Найдем размер Б:

$$B = (58 \ 17) - (17 \ 18) = 21 - 1,24 = 19,76 \approx 19,7_{-0,21}$$

2.2.5 Расчёт режимов резания и норм времени на все операции проектного варианта технологического процесса

а) Расчет режимов резания для точения

1. полуцистовое точение для поверхности;

Материал пластины: Т15К6;

Вид крепления: клин прихватом;

Вид пластины: параллелограммная;

Главный угол в плане ϕ , град: 60;

Вспомогательный угол в плане ϕ_1 , град: 15;

Задний угол α , град: 6;

Передний угол γ , град: 10;

Угол наклона режущей кромки λ , град: 0;

Радиус при вершине r_e , мм: 0,8;

Радиус скругления $r_{скр}$, мм: 0,03;

						Лист
						35
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Стойкость инструмента T , мин: 30.

Выбор глубины резания: $t=1,5$ мм.

Выбор подачи: $S_{от}=0,88$ мм/об;

Поправочные коэффициенты на подачу:

$K_{Sи}=1,0$ от инструментального материала;

$K_{Sp}=1,1$ от способа крепления пластины;

$K_{Sд}=0,9$ от крепления державки резца;

$K_{Sh}=0,75$ от прочности режущей части;

$K_{Sm}=1,25$ от механических свойств обрабатываемого материала;

$K_{Sy}=1,2$ от схемы установки обработки;

$K_{Sn}=1,0$ от состояния поверхности заготовки;

$K_{Sф}=1$ от геометрических параметров резца;

$K_{Sj}=1,1$ от жесткости станка [3];

$S_{о1} = S_{от} \cdot K_{Sи} \cdot K_{Sp} \cdot K_{Sд} \cdot K_{Sh} \cdot K_{Sm} \cdot K_{Sy} \cdot K_{Sn} \cdot K_{Sф} \cdot K_{Sj} = 1,3$ мм/об.

Сила резания табличная: $P_{ХТ}=1100$ Н; $P_{УТ}=520$ Н. Поправочные коэффициенты на силу резания:

$K_{рмх}=K_{рму}=0,75$ – от свойств обрабатываемого материала;

$K_{рфх}=0,85$;

$K_{рфy}=1,5$ – от главного угла в плане;

$K_{рγх}=0,9$;

$K_{рγy}=0,9$ – от переднего угла;

$K_{рλх}=1,0$;

$K_{рλy}=1,0$ – от угла наклона режущей кромки [3].

$P_{Х} = P_{ХТ} \cdot K_{рмх} \cdot K_{рфх} \cdot K_{рγх} \cdot K_{рλх} = 631,1$ Н;

$P_{У} = P_{УТ} \cdot K_{рму} \cdot K_{рфy} \cdot K_{рγy} \cdot K_{рλy} = 526,5$ Н.

Табличная скорость и мощность станка: $V_{Т}=128$ м/мин; $N_{Т}=12$ кВт.

Поправочные коэффициенты на скорость резания:

$K_{vи}=1,0$ от инструментального материала;

$K_{V_c}=1,0$ от группы обрабатываемости материала;

$K_{V_o}=1,0$ от вида обработки;

$K_{V_j}=1,1$ от жесткости станка;

$K_{V_m}=1,7$ от механических свойств обрабатываемого материала;

$K_{V_\phi}=1,0$ от геометрических параметров реза;

$K_{V_T}=1,0$ от периода стойкости режущей части;

$K_{V_{ж}}=1,0$ от наличия охлаждения [3];

Общий поправочный коэффициент на скорость резания вычисляют по формуле:

$$K_V = K_{V_i} \cdot K_{V_c} \cdot K_{V_o} \cdot K_{V_j} \cdot K_{V_m} \cdot K_{V_\phi} \cdot K_{V_T} \cdot K_{V_{ж}} = 1,7.$$

Окончательно скорость резания при полустивовой стадии обработки определяют по формуле:

$$V = V_T \cdot K_{V_i} = 187 \text{ м/мин.}$$

Частота вращения шпинделя определяется по формуле:

$$n_1 = (1000 \cdot 187) / (3,14 \cdot 300) = 233,7 \text{ об/мин.}$$

Принимаем частоту вращения, имеющуюся на станке, $n_\phi = 300$ об/мин.

Тогда фактическую скорость резания определяют по формуле:

$$V_\phi = (3,14 \cdot 255 \cdot 300) / 1000 = 180,3 \text{ м/мин.}$$

Для получения шероховатости $Ra=5$ мкм, при обработке стали со скоростью резания $V_\phi = 200,3$ м/мин для полустивовой стадии обработки рекомендуется скорректировать подачу.

Табличное значение подачи допустимой шероховатостью: $S_{от} = 0,45$ мм/об.

Поправочные коэффициенты на подачу в зависимости от шероховатости:

$K_{SM} = 0,68$ – от механических свойств обрабатываемого материала;

$K_{Si} = 1,0$ – от инструментального материала;

$K_{s0}=1,0$ – от вида обработки;

$K_{sж}=1,0$ – от наличия охлаждения.

С учетом коэффициентов определяем подачу по формуле:

$$S_0 = S_{0T} \cdot K_{sm} \cdot K_{sn} \cdot K_{s0} \cdot K_{sж} = 0,31 \text{ мм/об.}$$

Табличную мощность резания корректируют по формуле:

$$N = N_T \cdot K_N \cdot (V_f / V_T), \text{ где}$$

$N_T=11$ кВт, $K_N=0,6$, $V_f=180,3$ м/мин и $V_T=128$ м/мин. Подставляя, получим:

$$N=7,5 \text{ кВт.}$$

Таким же образом рассчитываем остальные режимы резания для точения (таблица 2).

Таблица 2 – Режимы резания при точении

	Подача S_{0T} , мм/об	Глубина резания	Сила резания $R_{хТ}$, Н	Сила резания $R_{уТ}$, Н	Скорость V_T , мм/мин	Частота вращения n , об/мин	Подача S_0 , мм/об
Пов-ть 1, п/чистовая обработка	0,88	1,5	631,1	526,5	180,3	300	1,3
Пов-ть 2, п/чистовая обработка	0,27	1,3	361,5	263,9	317,5	500	0,33
Пов-ть 4, п/чистовая обработка	0,49	1,0	430,3	273,4	260,7	500	0,6
Пов-ть 7, п/чистовая обработка	0,49	1,0	430,3	273,4	260,7	500	0,6

Продолжение таблицы 2

Пов-ть 4, чистовая обработка	0,22	0,75	304,1	162	417,2	800	0,14
Пов-ть 6, п/чистовая обработка	0,49	1,0	430,3	273,4	260,7	500	0,55
Пов-ть 8, п/чистовая обработка	0,49	1,0	430,3	273,4	260,7	500	0,6
Пов-ть 9, п/чистовая обработка	0,49	1,0	430,3	273,4	260,7	500	0,55
Пов-ть 11, п/чистовая обработка	0,27	0,7	361,5	263,9	317,5	500	0,33
Пов-ть 12, п/чистовая обработка	0,64	1,0	594,7	482,6	200,3	400	0,89
Пов-ть 13, п/чистовая обработка	0,64	1,0	594,7	482,6	200,3	400	0,89
Пов-ть 14, чистовая обработка	0,27	0,7	361,5	263,9	317,5	500	0,33
Пов-ть 10, п/чистовая обработка	0,49	1,0	430,3	273,4	260,7	500	0,6

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Окончание таблицы 2

Пов-ть 10, чистовая обработка	0,22	0,75	304,1	162	417,2	800	0,14
Пов-ть 4, отделочная обработка	0,07	0,25	304,1	162	565,5	1000	0,06

Норма штучного времени Тшт при выполнении станочных работ рассчитывается следующим образом:

$T_{шт} = T_{осн} + T_{всп} + T_{обсл} + T_{отд}$, где $T_{осн}$ – основное (машинное) время, затрачиваемое на изменение размеров, формы и внешнего вида детали в процессе механической обработки; $T_{всп}$ – вспомогательное время, затрачиваемое на различные приемы, обеспечивающие выполнение основной работы; к нему относятся: время на управление станком, установку, закрепление и снятие заготовок, подвод и отвод режущего инструмента, измерение обработанных поверхностей и т. д.; $T_{обсл}$ – время обслуживания рабочего места; $T_{отд}$ – время перерывов на отдых и личные надобности рабочего; оно устанавливается в зависимости от условий выполнения работы [10]. Основное время автоматической работы станка при точении по программе определяется по формуле:

$$T_{осн} (\text{операция } 005) = L / (S \cdot n) = 2,18 \text{ мин.}$$

$$T_{осн} (\text{операция } 010) = 2,93 \text{ мин}$$

Вспомогательное время рассчитывается по формуле:

$$T_{в} = T_{вуст} + T_{воп} + T_{визм}, \text{ где}$$

$$T_{вуст} - \text{вспомогательное время на установку и снятие детали} = 1,35;$$

$$T_{воп} - \text{вспомогательное время, связанное с операцией} = 0,03 + 0,15 + 0,32 = 0,5 \text{ мин;}$$

$$T_{визм} - \text{вспомогательное время на контрольное измерение} = 0,19 + 0,43 = 0,62 \text{ мин;}$$

Получаем $T_B=1,35+0,62+0,5=2,47$ мин

б) Расчет режимов резания для сверления.

Сверло Сверло TUNGDRILL TDX130W20-2;

Диаметр сверла: 13 мм;

Форма заточки: нормальная;

Стойкость инструмента, $T = 30$ мин.

Выбор глубины резания: $t=10$ мм.

Выбор подачи: $S_{от}=0,39$ мм/об;

$V_T=19,4$ м/мин;

$P_T=6124$ Н;

$N_T=1,64$ кВт;

Поправочные коэффициенты для расчета подачи:

$K_{sm}=1,3$ от механических свойств обрабатываемого материала;

$$S_o = S_{от} \cdot K_{sm} = 0,39 \cdot 1,3 = 0,51 \text{ мм/об.}$$

Поправочные коэффициенты на скорость резания:

$K_{vm}=1,3$ от механических свойств обрабатываемого материала;

$K_{vз}=1,0$ от вида заточки инструмента;

$K_{vж}=1,0$ от наличия охлаждения;

$K_{vT}=1,15$ от периода стойкости инструмента;

$K_{vw}=0,85$ от состояния обрабатываемой поверхности;

$K_{vi}=2,2$ от инструментального материала;

$K_{vl}=1,0$ от длины рабочей части сверла;

$K_{vp}=1$ от покрытия инструментального материала [3].

$$V = V_T \cdot K_{vз} \cdot K_{vT} \cdot K_{vw} \cdot K_{vm} \cdot K_{vi} \cdot K_{vж} \cdot K_{vp} \cdot K_{vl} = 47,16 \text{ м/мин.}$$

Частота вращения шпинделя:

$$n = (1000 \cdot 47,16) / (3,14 \cdot 13) = 1154,7 \text{ об/мин.}$$

Принимаем $n_{ф}=1500$ об/мин.

					ЮУрГУ – 15.03.05.2017.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

Скорость резания:

$$V_s = S_o \cdot n = 0,51 \cdot 1500 = 558,9 \text{ м/мин.}$$

Аналогично рассчитываем остальные режимы резания для сверления (таблица 3).

Таблица 3 – Режимы резания для сверления

	Сила резания Р, Н	Скорость V_s , мм/мин	Частота вращения n, об/мин	Подача S_o , мм/об
Сверление Ø 13 (операция 005)	6124	558,9	1500	0,51
Сверление Ø 13 (операция 010)	6124	558,9	1500	0,51

Основное время автоматической работы станка по программе при сверлении определяется по формуле:

$$T_{осн} = L / (S \cdot n) = 0,38 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время рассчитывается по формуле:

$$T_v = T_{вуст} + T_{воп} + T_{визм}, \text{ где}$$

$T_{вуст}$ – вспомогательное время на установку и снятие детали = 0;

$T_{воп}$ – вспомогательное время, связанное с операцией = $0,2 + 0,2 + 0,03 = 0,26$ мин;

$T_{визм}$ – вспомогательное время на контрольное измерение = $0,14 \cdot 15 = 2,1$ мин;

Получаем $T_v = 0 + 0,26 + 2,1 = 2,36$ мин

Значит $T_{шт} = T_{осн} + T_v + T_{обсл} + T_{отд} = (2,36 + 0,38) \cdot 1,1 = 3,02$ мин.

в) Расчет режимов резания при фрезеровании.

Материал инструмента: Т15К6;

Задний угол α : 6°;

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Передний угол γ : 20° ;

Стойкость инструмента T : 30 мин.;

Число зубьев: 4

Выбор глубины резания: $t=17$ мм.

Выбор подачи: $S_z=0,12$ мм/зуб.

Поправочные коэффициенты на подачу:

$K_{sm}=1,2$ – от механических свойств обрабатываемого материала;

$K_{si}=1,0$ – от инструментального материала;

$K_{sz}=1$ – от количества зубьев;

$K_{sl}=1$ – от отношения вылета фрезы к ее диаметру.

$S_z=S_zl \cdot K_{sm} \cdot K_{si} \cdot K_{sz} \cdot K_{sl}=0,15$ мм/зуб.

Выбор скорости и мощности резания:

$V_T=28$ м/мин; $N_T=1,89$ кВт.

$K_{v_o} = K_{N_o} = 1$ – от группы обрабатываемости материала;

$K_{v_m}=1,65$; $K_{N_m}=0,65$ – от свойств обрабатываемого материала;

$K_{v_i}=K_{N_i}=2,8$ – от материала режущей части;

$K_{v_T}=K_{N_T}=1,0$ – от периода стойкости режущей части;

$K_{v_b}=K_{N_b}=1,0$ – от ширины фрезерования;

$K_{v_{\Pi}}=K_{N_{\Pi}}=1,0$ – от состояния поверхности заготовки;

$K_{v_{ж}}=K_{N_{ж}}=1,0$ – от наличия охлаждения [3].

$V=V_T \cdot K_{v_o} \cdot K_{v_i} \cdot K_{v_T} \cdot K_{v_m} \cdot K_{v_b} \cdot K_{v_{ж}} \cdot K_{v_{\Pi}}=129,4$ м/мин.

$N=N_T \cdot K_{N_b} \cdot K_{N_T} \cdot K_{N_i} \cdot K_{N_m} \cdot K_{N_o} \cdot K_{N_{ж}} \cdot K_{N_{\Pi}}=3,43$ кВт.

Частота вращения шпинделя:

$n = (1000 \cdot 129,4) / (3,14 \cdot 28) = 1471 \approx 1500$ об/мин.

Основное время автоматической работы станка по программе определяется по формуле: $T_{осн}=L/(S \cdot n) = 1,4$ мин.

Вспомогательное время рассчитывается по формуле:

$$T_B = T_{вуст} + T_{воп} + T_{визм}, \text{ где}$$

$T_{вуст}$ – вспомогательное время на установку и снятие детали = 0;

$T_{в\text{оп}}$ – вспомогательное время, связанное с операцией = $0,6+0,2+0,04=0,84$ мин;

$T_{в\text{изм}}$ – вспомогательное время на контрольное измерение = $0,11 \cdot 2+0,16 \cdot 2=0,54$ мин;

Получаем $T_{в} = 0+0,84+0,54=1,38$ мин

Значит $T_{шт} = T_{осн} + T_{в} + T_{обсл} + T_{отд} = (1,38+1,4) \cdot 1,1 = 3,06$ мин.

$T_{шт}$ для операции 005:

$T_{шт} = (1,38+1,4+2,36+0,38+2,18+2,47) \cdot 1,1=11,19$ мин;

$T_{шт}$ для операции 010 = $(2,93+2,47+0,38+2,36) \cdot 1,1=8,95$ мин.

Итого получается, что время на обработку детали составляет:

$T_{шт} = 11,19+8,95= 20,14$ мин.

2.2.6 Выводы по разделу

Проектный вариант технологического процесса изготовления детали «Крышка привода главного движения трактора» усовершенствован за счет уменьшения количества операций (4 операции заменены на две операции) и уменьшения количества технологического оборудования для обработки данной детали. Также выбран другой способ получения заготовки, вместо штамповки на молоте – штамповка на ГКМ. Исходя из этого уменьшилось время на обработку данной детали.

3 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

3.1 Аналитический обзор и выбор стандартизованной технологической оснастки

Для закрепления двух расточных резцов S 25S-SDUCR 11-32 и канавочного резца TUNGALOY CNGR 25S15 используем адаптер для инструмента с хвостовиками прямоугольного сечения с осевым креплением 19.4025LX30.

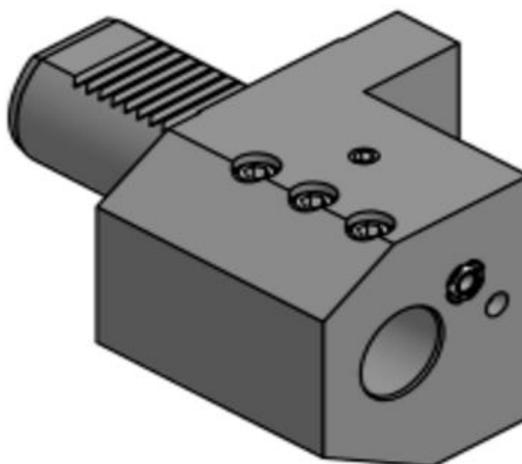
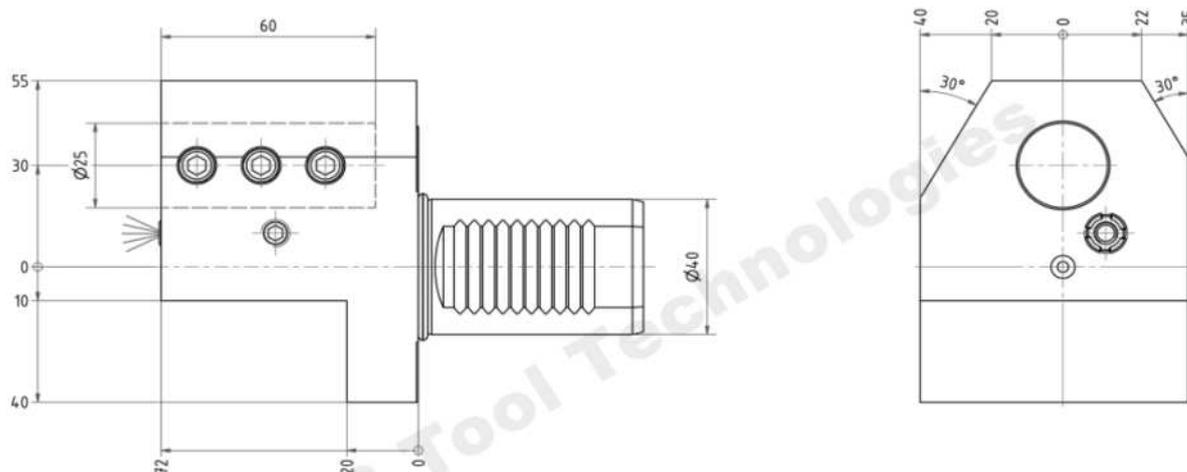


Рисунок 7 – Адаптер для инструмента с хвостовиками прямоугольного сечения 19.4025LX30.

Для закрепления сверла TUNGDRILL TDX450W40-2 и концевой фрезы используем осевую сверлильно-фрезерную головку EWS ER 40 472 E, которая оснащена цанговым патроном, позволяющий устанавливать осевой режущий инструмент с посадочным диаметром от 3 мм до 26 мм, а также оснащен подводом СОЖ.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

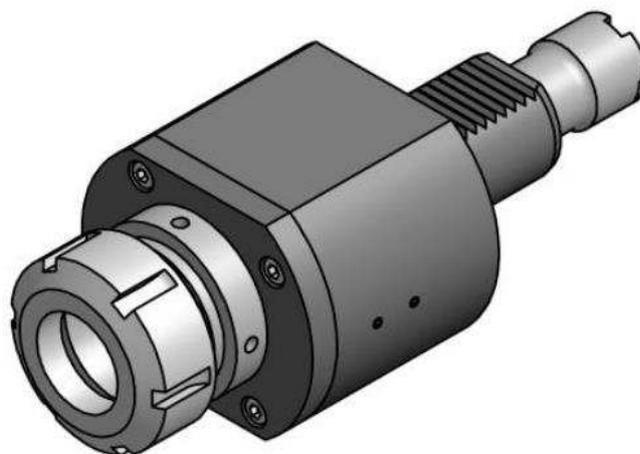
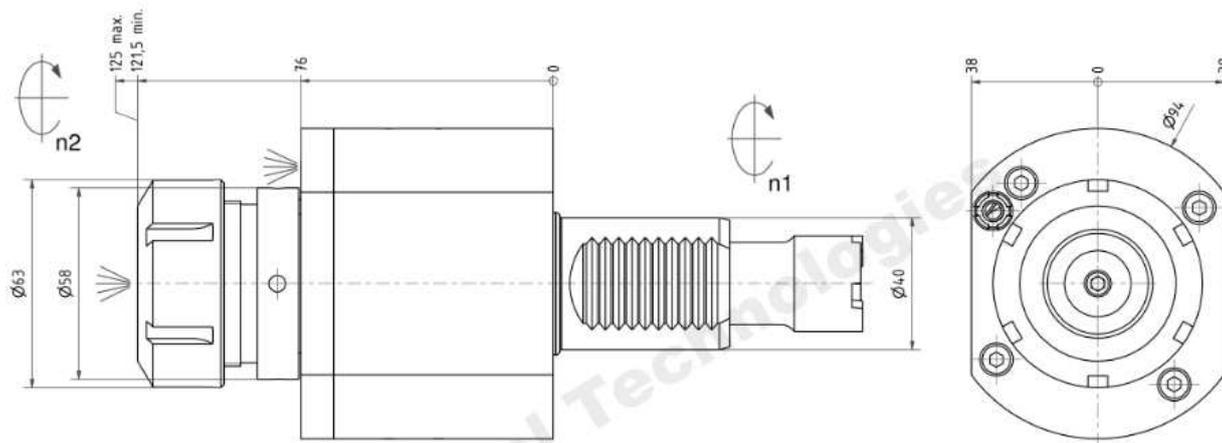
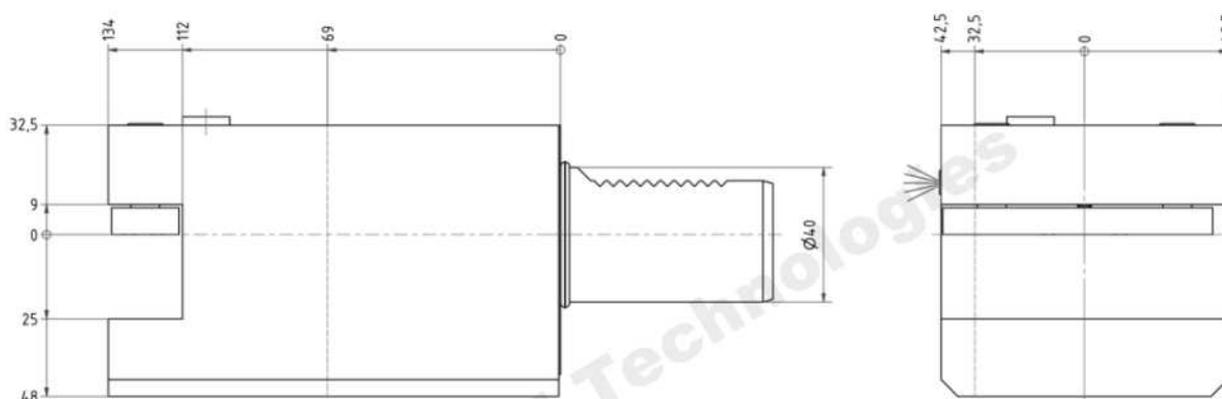


Рисунок 8 – Осевая сверлильно-фрезерная головка EWS ER 40 472 E

Для установки проходного резца PCLNR 2525M12 используем адаптер для инструмента с хвостовиками прямоугольного сечения с радиальным креплением EWS 8.4025L1.



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

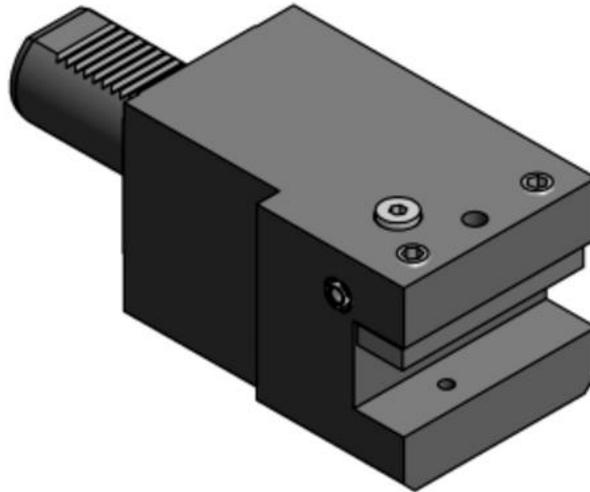


Рисунок 9 – Адаптер для инструмента с хвостовиками прямоугольного сечения EWS 8.4025L1

3.2 Аналитический обзор и выбор станочного приспособления

Для установки режущего инструмента на токарном обрабатывающем центре применяется осевая револьверная головка M-V12 VDI. Револьверная головка позволяет осуществлять точное фиксирование при повороте и установке инструмента в рабочее положение, а также позволяет осуществлять главное движение осевого инструмента, что позволяет выполнять фрезерные и сверлильные операции.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

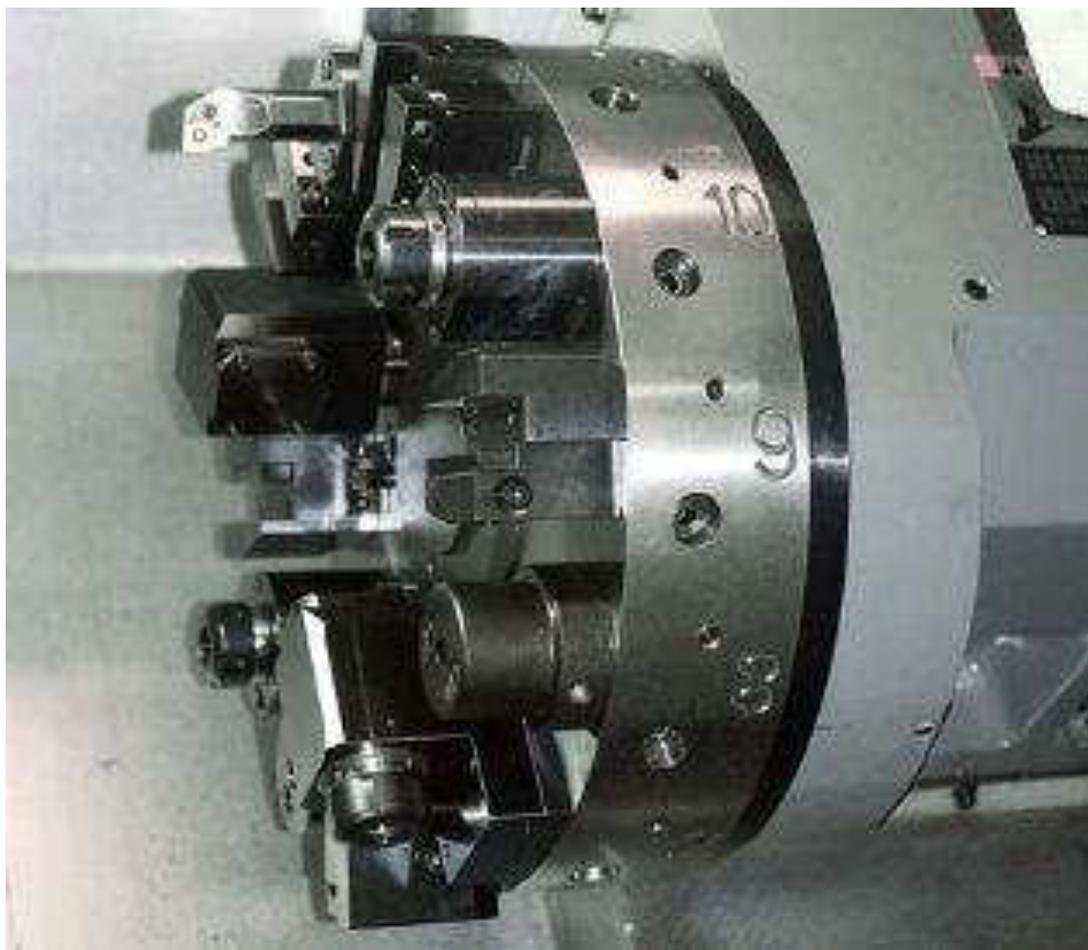


Рисунок 10 – Осевая револьверная головка M-V12 VDI

На сегодняшний день в мире существует две наиболее распространенные системы крепления инструмента для токарных обрабатывающих центров с приводным инструментом. Это системы VDI и BMT. В данной револьверной головке применяется система VDI. Рассмотрим её более подробно.

Концепция системы VDI:

1. Крепление инструментальной державки: клин с зубьями на хвостовике державки;
2. Регулировка соосности инструмента: по шпонке или базовой поверхности;

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

3. Расположение инструмента: инструментальные позиции установлены либо по радиусу или параллельно оси вращения револьверной головки;

4. Зажимное усилие: низкое осевое усилие зажима.

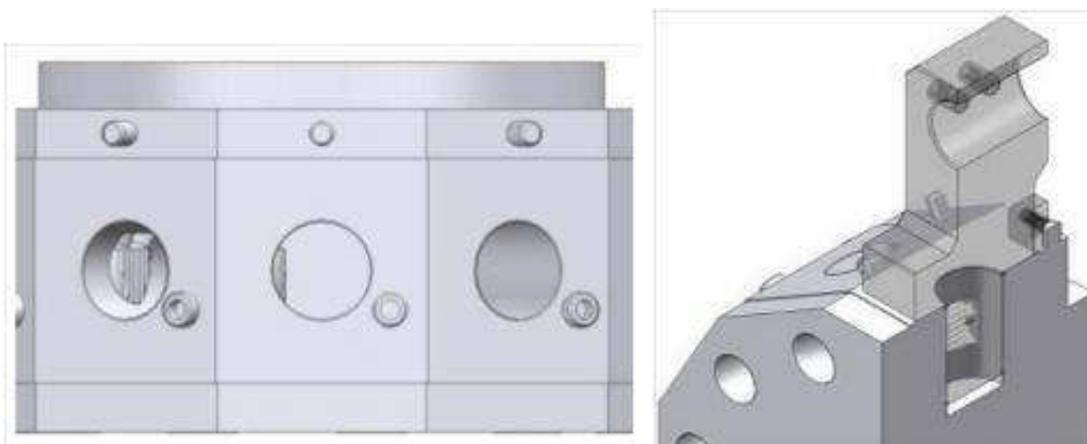


Рисунок 11 – Система крепления VDI

Рассмотрим конструкцию подшипников качения в блоках для приводного инструмента:

1. Короткое расстояние между подшипниками;
2. Упорные подшипники расположены только в переднем конце блока;
3. Игольчатый подшипник в хвостовике блока;
4. большой вылет хвостовика 78 мм для VDI-40 с ER-32;
5. сниженная жесткость.



Рисунок 12 – Конструкция подшипников качения

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Приводной инструмент (рисунок 13) значительно расширяет возможности оборудования для станков токарной и фрезерной групп.

Приводной инструмент позволяет сверлить и фрезеровать на станке, исключая дополнительное оборудование. Приводной инструмент оснащается высокоточными регулируемыми подшипниками. Угловые механизмы имеют циклическое зубчатое зацепление для обеспечения безопасной передачи высокого крутящего момента.

Хорошая мощность приводного инструмента позволяет работать на высоких скоростях, с хорошей частотой и высокой точностью. Передача крутящего усилия и высокое число оборотов позволяют выполнять высокопроизводительную обработку детали.



Рисунок 13 – Приводной инструмент

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

3.3 Аналитический обзор и выбор стандартизованного режущего инструмента

При разработке технологического процесса механической обработки заготовки выбор режущего инструмента, его вида, конструкции и размеров в значительной мере предопределяется методами обработки, свойствами обрабатываемого материала, требуемой точностью обработки и качества обрабатываемой поверхности заготовки.

При выборе режущего инструмента необходимо стремиться принимать стандартный инструмент, но, когда целесообразно, следует применять специальный, комбинированный, фасонный инструмент, позволяющий совмещать обработку нескольких поверхностей.

Если технологические особенности детали не ограничивают применения высоких скоростей резания, то следует применять высокопроизводительные конструкции режущего инструмента, оснащенного твердым сплавом, так как практика показала, что это экономически выгодней, чем применение быстрорежущих инструментов. Особенно, это распространяется на резцы, фрезы, зенкеры, конструкции которых оснащены твердым сплавом.

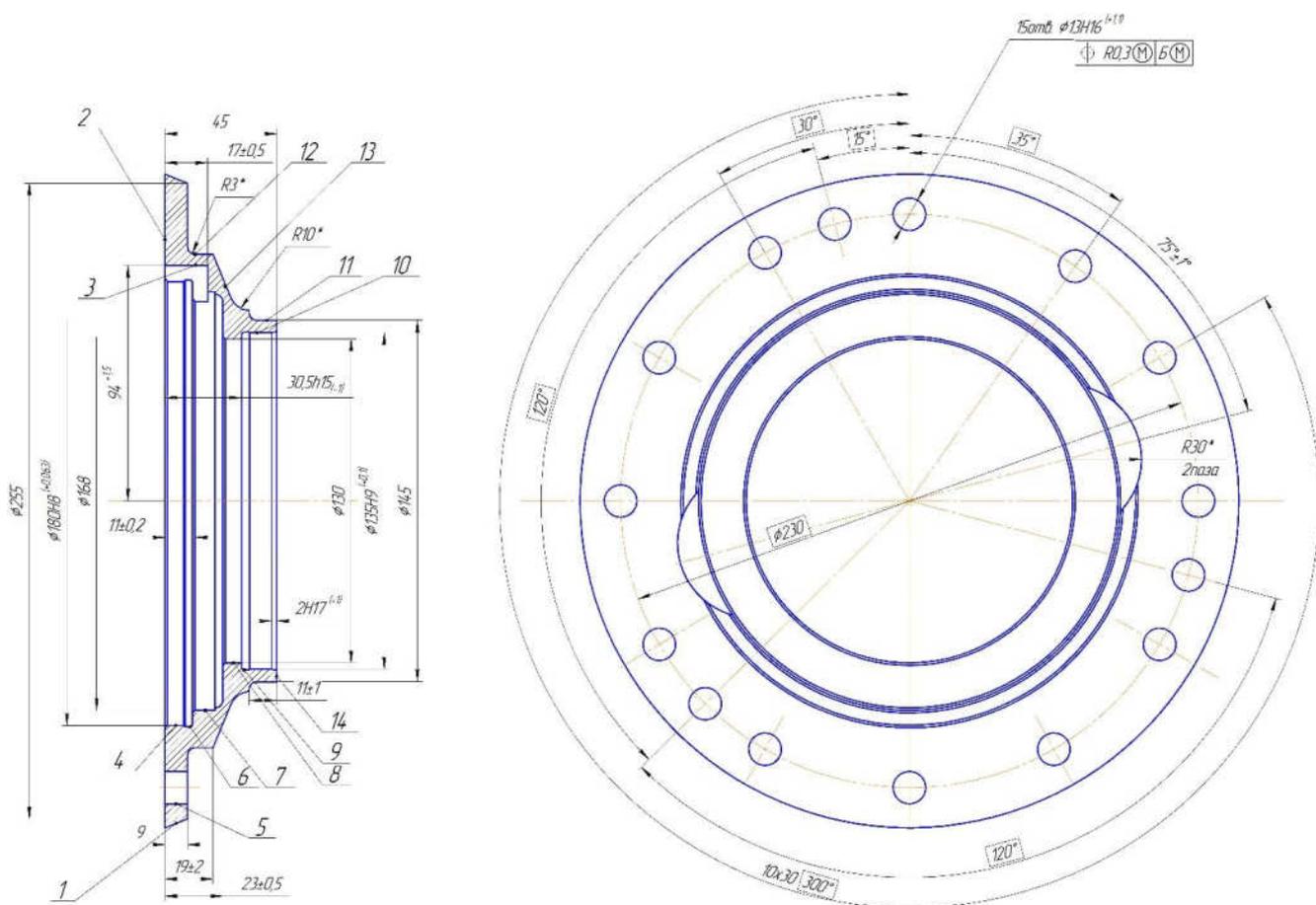


Рисунок 14 – Эскиз детали «Крышка привода главного движения трактора»

Для получистовой обработки поверхностей 1, 2, 7, 8, 11, 12, 13, 14, для получистовой и чистовой обработки поверхности 10, для получистовой, чистовой и отделочной обработки поверхности 4 используем проходной резец PCLNR 2525M12 с СМП CNMG 120408 TM, расточной резец S 25S-SDUCR 11-32 KYOCERA с СМП CNMG 120408-TF (получистовая обработка), с СМП DCMT11T304 PF (чистовая и отделочная обработка).

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

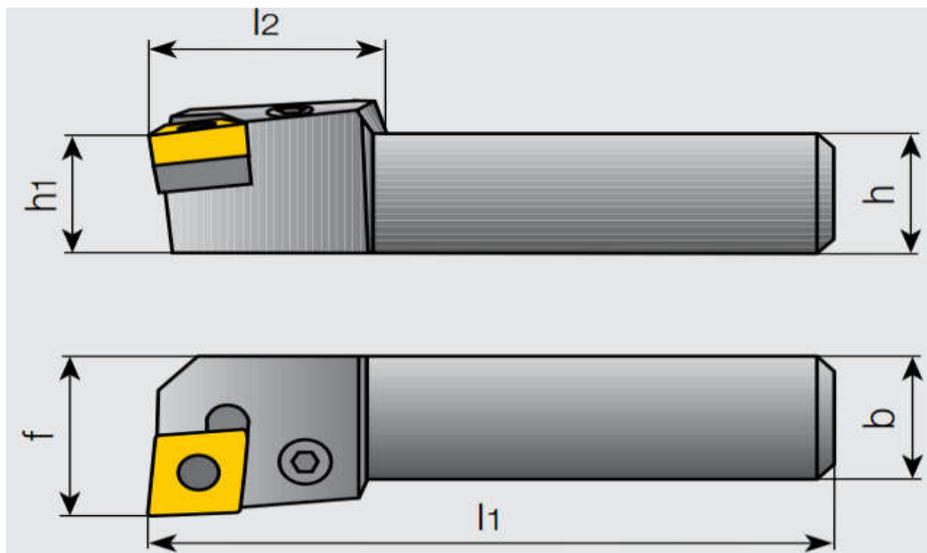


Рисунок 15 – Проходной резец PCLNR 2525M12

Характеристики резца:

$h_1=h=25$ мм, $b=25$ мм, $l_1=150$ мм, $l_2=30$ мм, $f=32$ мм, $\gamma_a=-6^\circ$, $\gamma_r=-6^\circ$.

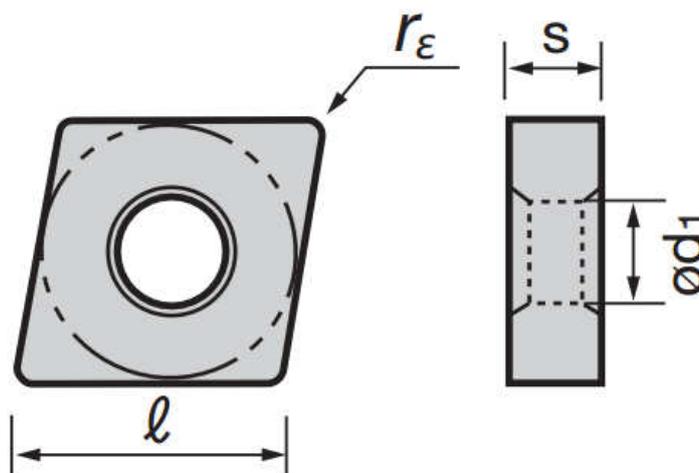


Рисунок 16 – Пластина CNMG 120408 TM ($d_1=5,16$ мм, $l=12$ мм, $s=4$ мм, $r_\epsilon=0,8$ мм)

Материал режущей пластины: AC10 (аналог T15K6).

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

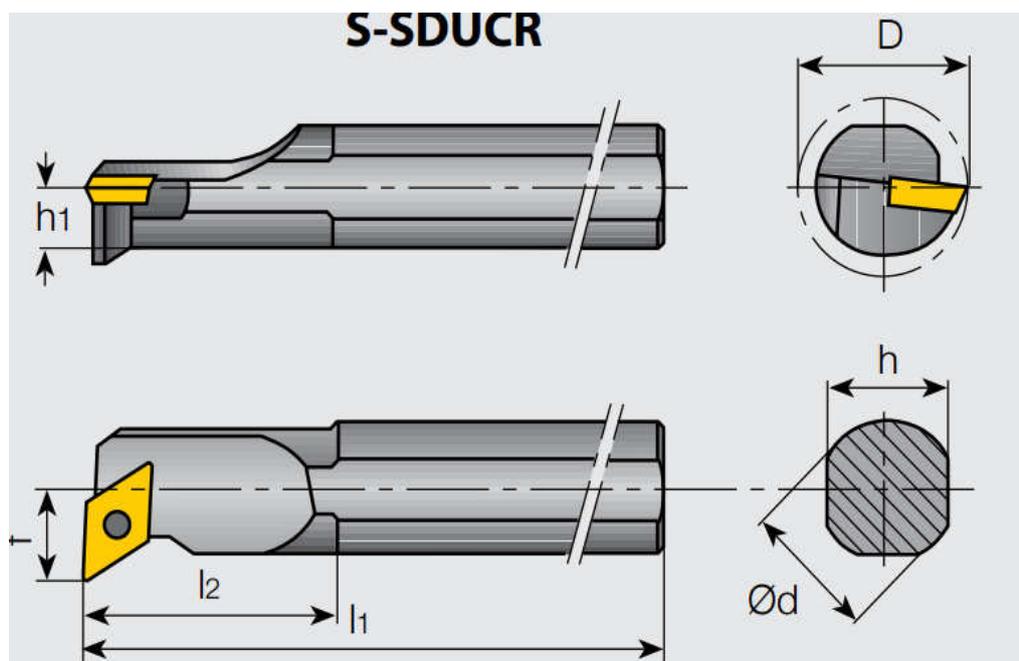


Рисунок 17 – Расточной резец S 25S-SDUCR 11-32

Характеристики резца:

$d=25$ мм, $h_1=12$ мм, $h=23$ мм, $b=25$ мм, $l_1=250$ мм, $l_2=55$ мм, $f=17$ мм, $\gamma_a=0^\circ$,
 $\gamma_r=-5^\circ$, $D=32$ мм.

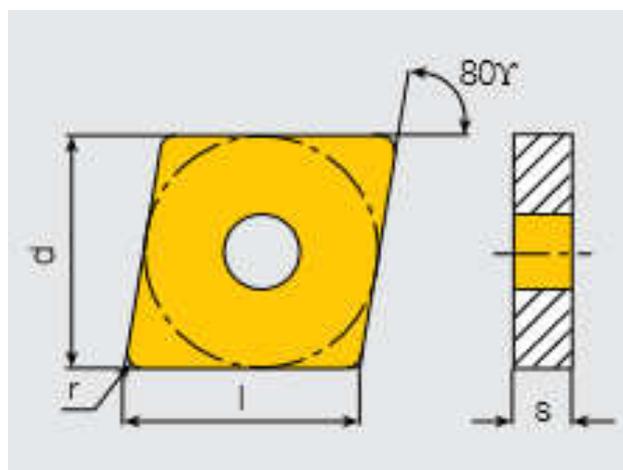


Рисунок 18 – Пластина CNMG 120408-TF ($d_1=12,7$ мм, $l=12$ мм, $s=4,76$ мм,
 $r_\epsilon=0,8$ мм)

Материал режущей пластины: AC10 (аналог T15K6).

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

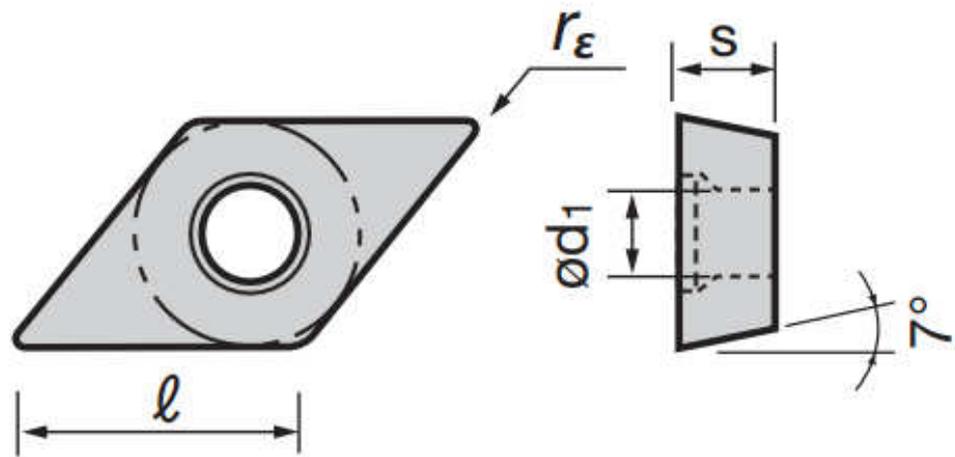


Рисунок 19 – Пластина DCMT11T304 PF ($d_1=4,4$ мм, $l=11$ мм, $s=3$ мм, $r_\epsilon=0,4$ мм)

Материал режущей пластины: AC12 (аналог Т30К4).

Для растачивания канавок 6, 9 используется канавочный резец TUNGALOY CNGR 25S15 с пластиной 15GR 300.

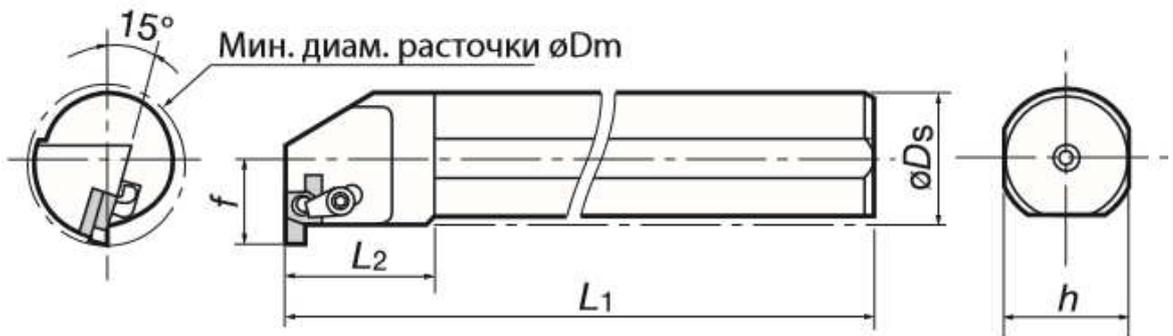


Рисунок 20 – Канавочный резец TUNGALOY CNGR 25S15

Характеристики резца:

$D_s=25$ мм, $f=18,1$ мм, $L_1=250$ мм, $L_2=30$ мм, $h=23$ мм.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

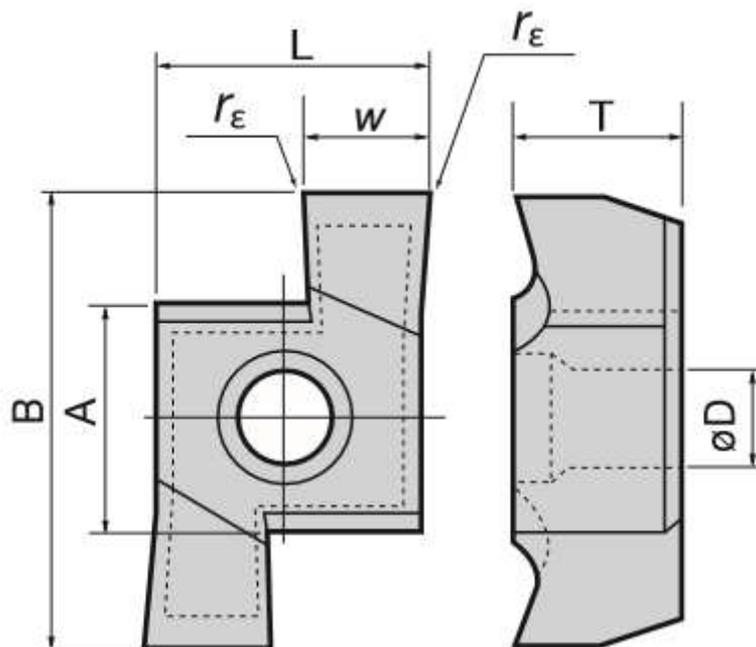


Рисунок 21 – Пластина 15GR 300 ($A=9,2$ мм, $B=20,8$ мм, $T=5,1$ мм, $D=4,8$ мм, $L=10,8$ мм, $r_{\epsilon}=0,2$ мм)

Материал режущей пластины: AC10 (аналог T15K6).

Для сверления отверстий на поверхности 5 используется сверло TUNGDRILL TDX130W20-2 с пластиной XPMT040104R-DJ.

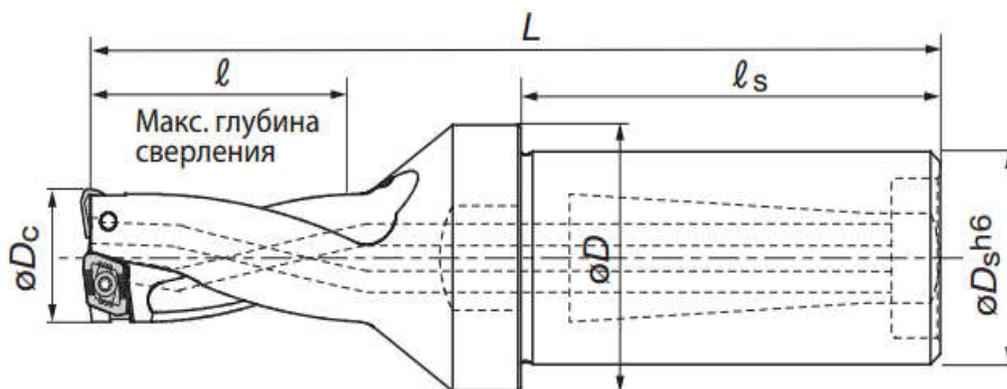


Рисунок 22– Сверло TUNGDRILL TDX130W20-2 ($D_c=13$ мм, $D_s=20$ мм, $D=25$ мм, $l=26$ мм, $l_s=43$ мм, $L=89$ мм)

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

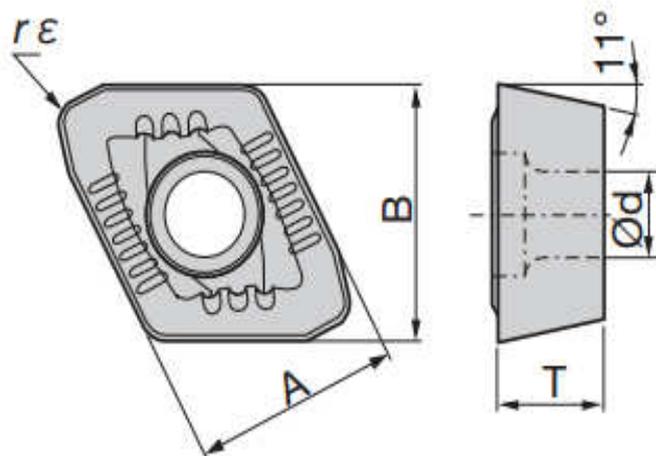


Рисунок 23 – Пластина ХРМТ040104R-DJ ($A=4,3$ мм, $B=4,5$ мм,
 $T=1,59$ мм, $d=2,3$ мм, $r_{\epsilon}=0,4$ мм)

Материал режущей пластины: АС10 (аналог Т15К6).

Для обработки поверхности 3 (фрезерования пазов) используется концевая фреза TUNGREC EPO18R028M25.0-02 с пластиной АОМТ180516PDPR-MJ.

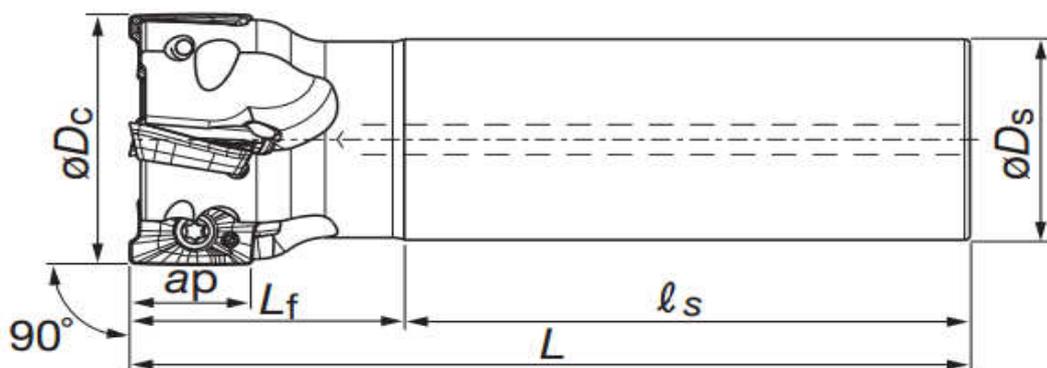


Рисунок 24 – Концевая фреза TUNGREC EPO18R028M25.0-02 ($D_c=28$ мм,
 $D_s=25$ мм, $l_s=80$ мм, $L_f=35$ мм, $L=115$ мм)

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

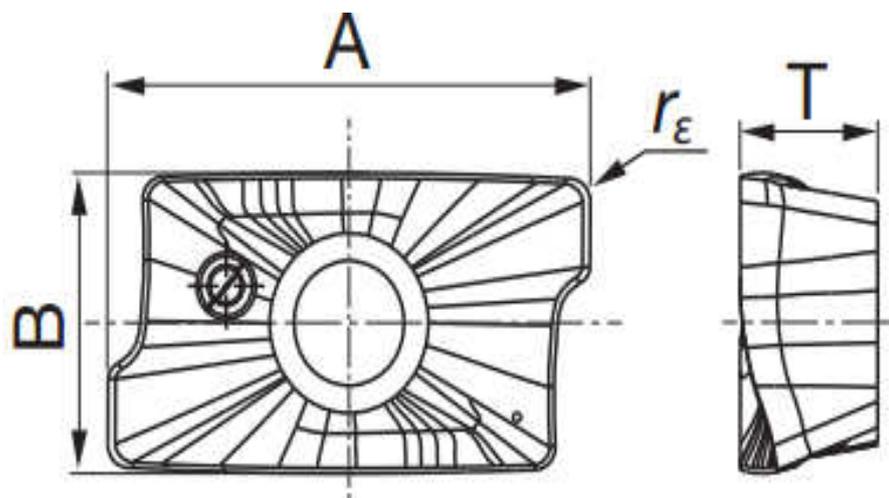


Рисунок 25 – Пластина АОМТ180516PDPR-MJ (A=19,5 мм, B=10,7 мм, r_{ϵ} =1,6 мм, T=5,6 мм)

Материал режущей пластины: АС10 (аналог Т15К6).

3.4 Проектирование и расчет специального режущего инструмента

3.4.1 Анализ исходных данных

Исходные данные:

- обрабатываемый материал – Сталь БСт5пс ГОСТ 380-94(HВ=170);
- длина обработки: 3Н14 мм;
- глубина обработки, соответственно: 1Н14 мм, 0,5Н14 мм;
- станок: токарно-обрабатывающий центр Okuma Genos 300E-MY;

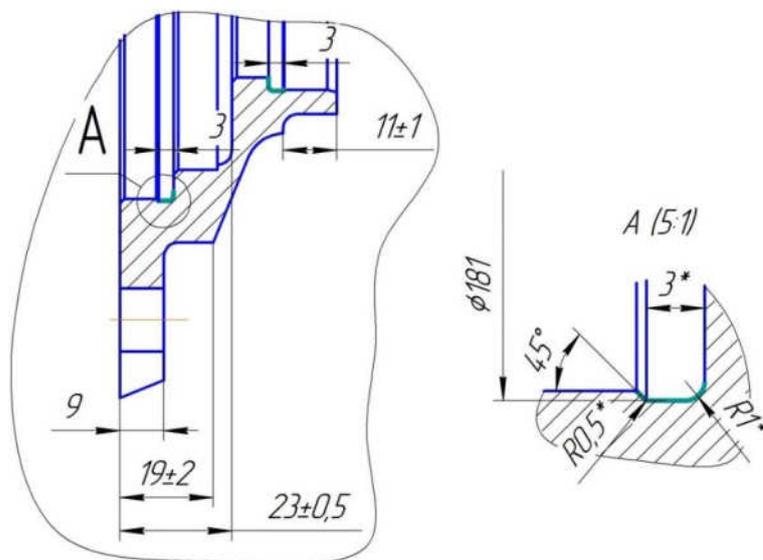


Рисунок 26 – Эскиз обрабатываемой поверхности

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

3.4.2 Выбор типа инструмента и материала режущей части

Исходя из исходных данных, представленных в пункте выше, для обработки внутренних канавок будем проектировать комбинированный инструмент: канавочный резец с СМП.

Материал резцов должен быть таким, чтобы режущая кромка хорошо сопротивлялась износу истиранием. В связи с этим, для чистовой обработки при внутреннем точении применяем материал резца Т15К6, который используется при черновой и чистовой обработке. Данный материал является твёрдосплавным материалом.

3.4.3 Расчет режимов резания и выбор геометрических параметров

В качестве инструментального материала для корпуса резца выбираем углеродистую Сталь 50 со следующими параметрами: пределом прочности $\sigma_B=650$ Мпа; допустимым напряжением на изгиб $\sigma_{из}=200$ Мпа.

Параметры резца[2, карта 9]:

- главный угол в плане $\varphi = 90^0$;
- вспомогательный угол в плане $\varphi_1 = 3^0$ (при прорезке канавок и отрезки $\varphi_1 = 1...3^0$);
- задний угол $\alpha = 8^0$ (чистовая обработка при $\sigma_B \leq 800$ Па резцом из тв. сплава);
- передний угол $\gamma = 10^0$ (обработка при $\sigma_B \leq 800$ Па);
- угол наклона главной режущей кромки $\lambda = 0^0$ (точение и растачивание стали резцами $\varphi = 90^0$).

Находим параметры резания:

Силу резания определим по следующей формуле:

$$P_Z = 10 \cdot C_{Pz} \cdot t^{X_{Pz}} \cdot S_0^{Y_{Pz}} \cdot V^{np} \cdot K_{Pz}, \text{Н}$$

где C_{Pz} – постоянный коэффициент, зависящий от свойств инструментального и обрабатываемого материалов и условий обработки;

X_p, Y_p, n_p – показатели степени влияния соответственно глубины, подачи и скорости на силу резания;

K_p – общий поправочный коэффициент на измененные условия резания.

Находим поправочные коэффициенты:

$$K_{P_z} = K_{M_p} \cdot K_{\varphi_p} \cdot K_{\gamma_p} \cdot K_{V_p} \cdot K_{h_p} \cdot K_{r_p},$$

где K_{M_p} - поправочный коэффициент в зависимости от механических свойств обрабатываемого материала:

$$K_{M_p} = \left(\frac{\sigma_6}{75}\right)^{0,35} = \left(\frac{65}{75}\right)^{0,35} = 0,87;$$

где K_{φ_p} - поправочный коэффициент на P_z в зависимости от главного угла в плане. При $\varphi = 90^\circ; K_{\varphi_p} = 0,9$;

K_{γ_p} - поправочный коэффициент в зависимости от переднего угла. При $\gamma = 10^\circ$
 $K_{\gamma_p} = 1$;

K_{V_p} - поправочный коэффициент в зависимости от скорости резания. Предположим, что скорость резания будет в пределах 50–100 м/мин, тогда $K_{V_p} = 1$;

K_{h_p} - поправочный коэффициент в зависимости от износа резца.

Принимаем износ резца по задней поверхности $h = 1 \text{ мм}$, т.к при чистовой обработке углеродистой стали канавочными резцами из твердых сплавов величина износа достигает 0,4...0,6 мм, тогда $K_{h_p} = 1$;

K_{r_p} - поправочный коэффициент в зависимости от радиуса при вершине лезвия резца. При $r = 1 \text{ мм}$, $K_{r_p} = 0,93$ [3, 10].

Подставляем вышеприведенные значения коэффициентов в формулу:

$$K_{P_z} = 0,87 * 0,9 * 1 * 1 * 1 * 0,93 = 0,73.$$

Скорость резания определим по формуле:

$$V = \frac{C_V}{T^{m_t} X_v S^{Y_v}} K_V,$$

где $C_v=47$ – коэффициент для скорости резания;

m, x, y – показатели степени: $X_v=0, Y_v=0.8, m=0.2$;

$T=60$ мин – период стойкости инструмента;

$$V = \frac{47}{60^{0,2} 1^{0,8} 0,2^{0,8}} 1 = 74,98 \approx 75 \text{ (м/мин)};$$

Для необходимых условий обработки находим: $C_p=264, x=1, y=1, n=-0,15$

$$1) P_z = 10 \cdot 264 \cdot 1^1 \cdot 0,2^1 \cdot 75^{-0,15} \cdot 0,73 = 201,7 \text{ Н}$$

$$2) P_z = 10 \cdot 264 \cdot 0,5^1 \cdot 0,2^1 \cdot 75^{-0,15} \cdot 0,73 = 138,2 \text{ Н}$$

Исходя из этого, сечение корпуса резца выбираем прямоугольной формы при условии $h=b$, мм. Далее определяем ширину корпуса резца по следующей формуле:

$$b = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot P_z \cdot l}{2,56 \cdot \sigma_{из}}}, \text{ мм}$$

Где P_z – составляющая силы резания, Н;

l – вылет резца, м;

$\sigma_{из}$ – допустимое напряжение на изгиб, Па.

$$b = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot 201,7 \cdot 35 \cdot 10^{-3}}{2,56 \cdot 200 \cdot 10^6}} = 4,6 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

По нормативам выбираем: $b=25$ мм, тогда $h=b=25$ мм.

Произведем проверку корпуса резца на прочность и жесткость.

Максимальная нагрузка, допускаемая прочностью резца, находится по формуле:

$$P_z = \frac{b \cdot h^2 \cdot \sigma_{из}}{6l}, \text{ Н}$$

где b, h – размеры сечения резца, м;

$\sigma_{из}$ – допустимое напряжение на изгиб, Па;

l – вылет резца, мм.

$$P_z = \frac{25 \cdot 10^{-3} \cdot (25 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 200 \cdot 10^6}{6 \cdot 35 \cdot 10^{-3}} = 3113 \text{ Н,}$$

					ЮУрГУ – 15.03.05.2017.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61

Максимальная нагрузка, определяемая жесткостью резца, определяется по формуле:

$$P_z = \frac{3 \cdot f \cdot E \cdot J}{l^3}, \text{ Н}$$

где f – допускаемая стрела прогиба, м;

E – модуль упругости материала резца, Па;

J – момент инерции сечения корпуса, м⁴;

L – вылет резца, м.

Для прямоугольного сечения резца момент инерции находится по формуле:

$$J = \frac{b \cdot h^3}{12}, \text{ м}^4$$

$$J = \frac{25 \cdot 10^{-3} \cdot (25 \cdot 10^{-3})^3}{12} = 5,5 \cdot 10^{-9}, \text{ м}^4$$

$f = 0,1 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 0,1 \text{ мм}; E = 2 \cdot 10^{11} \text{ Па}.$

$$P_z = \frac{3 \cdot 0,1 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^{11} \cdot 5,5 \cdot 10^{-9}}{(35 \cdot 10^{-3})^3} = 5156, \text{ Н}$$

Резец обладает достаточной жесткостью и прочностью:

3113 > 201,7 Н

5156 > 201,7 Н

Конструктивные размеры резца принимаем по ГОСТ: длина резца $L = 120 \text{ мм}.$

3.4.4 Выбор сменной многогранной пластины

Режущая СМП выбирается по каталогу «TUNGALOY» 8GR/L300.

Конструктивные параметры режущей твердосплавной пластины:

– твердосплавная пластина со стружколомом прямоугольной формы с радиусом 0,2 мм, шириной паза 3 мм, диаметром отв. Ø2,58 мм, длиной режущей пластины 6,15 мм.

Пластина базируется в корпусе резца по двум сторонам и закрепляется через центральное отверстие.

Выбираем способ крепления пластины винтом с эксцентриком. Это наиболее широко применяемая схема, она более технологична и проста по сравнению с другими, обеспечивает поджим к базовым поверхностям, т.е. точное позиционирование пластины в гнезде корпуса.

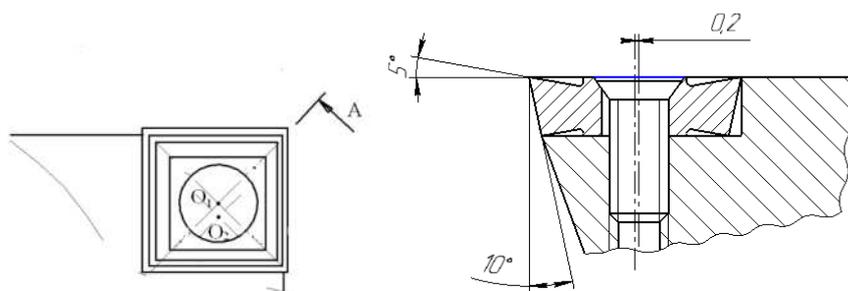


Рисунок 27 – Узел крепления пластины в корпусе резца

Расчет эксцентрического крепления многогранной сменной пластины.

Крепление СМП с использованием эксцентрического зажима достаточно компактно, содержит минимальное число элементов.

СМП устанавливается в корпусе инструмента при повороте винта, заканчивающегося эксцентриком, происходит поджим СМП в угол паза корпуса.

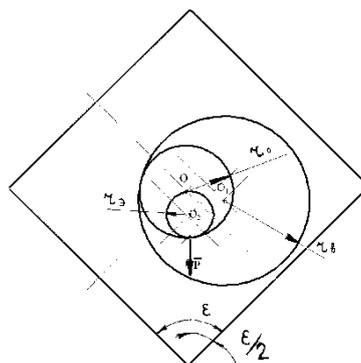


Рисунок 28 – Расчетная схема эксцентрического закрепления

Правильное базирование можно обеспечить если точка К контакта эксцентрического штифта и отверстия СМП, ось O2 эксцентрического штифта и ось O отверстия СМП будет находится на биссектрисе угла ϵ при вершине пластины. В этом случае направление силы зажима \bar{P} и перемещение пластины

направлены по биссектрисе угла ε , и поджима обеспечивает базирование СМП по обеим сторонам гнезда.

Поворот эксцентрического штифта осуществляется относительно оси O_1 винта. Устойчивое положение узла крепления достигается при выполнении условия самоторможения, это выполняется, если $\operatorname{tg}\alpha \leq f$ – коэффициент трения в зоне контакта К. Для обеспечения технологичности изготовления гнезда в корпусе, необходимо чтобы ось O_1 винта располагалась на прямой OO_1 , параллельно одной из сторон паза. Для определенности проектирования примем

$$OO_1 = rb - r_0$$

Рассматривая ΔOO_1K запишем:

$$\frac{OK}{\sin[180 - (\alpha + \varepsilon/2)]} = \frac{OO_1}{\sin \alpha} \Rightarrow \frac{r_0}{\sin(\alpha + \varepsilon/2)} = \frac{rb - r_0}{\sin \alpha}$$

$$\frac{rb}{r_0} = 1 + \frac{\sin \alpha}{\sin(\alpha + \varepsilon/2)} = 1 + \frac{1}{\cos \varepsilon/2 + \frac{\sin \varepsilon/2}{\operatorname{tg}\alpha}}$$

Учитывая условия самоторможения, получим соотношения между радиусом винта и радиусом отверстия в СМП

$$\frac{rb}{r_0} \leq 1 + \frac{1}{\cos \varepsilon/2 + \frac{\sin \varepsilon/2}{f}}; \frac{rb}{r_0} \leq 1 + \frac{1}{\cos 45^\circ + \frac{\sin 45^\circ}{0,2}} = 1,2$$

$r_b \leq 2,5$ принимаем $r_b = 2$ мм.

Величину эксцентриситета O_1O_2 эксцентрического штифта определим ΔOO_1K

$$O_1O_2 = \sqrt{(O_1K)^2 + (O_2K)^2 - 2(O_1K)(O_2K)\cos \alpha},$$

$$\text{где } \frac{O_1K}{\sin \varepsilon/2} = \frac{OK}{\sin[180 - (\alpha + \varepsilon/2)]} = \frac{OK}{\sin(\alpha + \varepsilon/2)} \Rightarrow$$

$$O_1K = \frac{O_1K \sin \varepsilon/2}{\sin(\alpha + \varepsilon/2)},$$

$$\text{тогда } OK = r_0; \quad O_1O_2 = \sqrt{r_0^2 \frac{\sin^2 \varepsilon/2}{\sin^2(\alpha + \varepsilon/2)} + r_0^2 - \frac{2r_0 r_0}{1 + \frac{\operatorname{tg}\alpha}{\operatorname{tg}\varepsilon/2}}},$$

$$O_1O_2 = \sqrt{2.2^2 \frac{\sin^2 45}{\sin^2(7.5+45)} + r_3^2 - \frac{2 \times 2 \times 2.2}{1 + \frac{\operatorname{tg} 10}{\operatorname{tg} 45}}, \quad O_1O_2 = \sqrt{7.5 - 7.485} = 0.12 \text{ мм.}$$

После стадии проектирования оправки и выбора режущих пластин, собираем комбинированный инструмент при помощи зажимных винтов, фирмы TUNGALOY, CSTB-2.L040 M2,5x0,45 рис.29

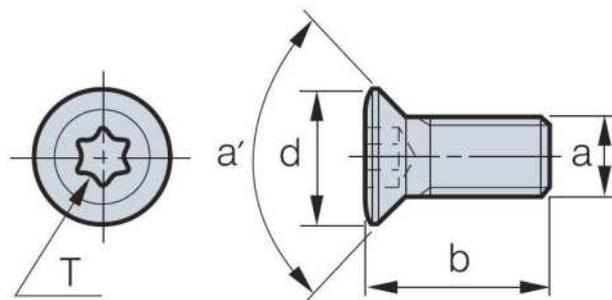


Рисунок 29 – Зажимной винт

Чертеж канавочного резца представлен на рисунке 30.

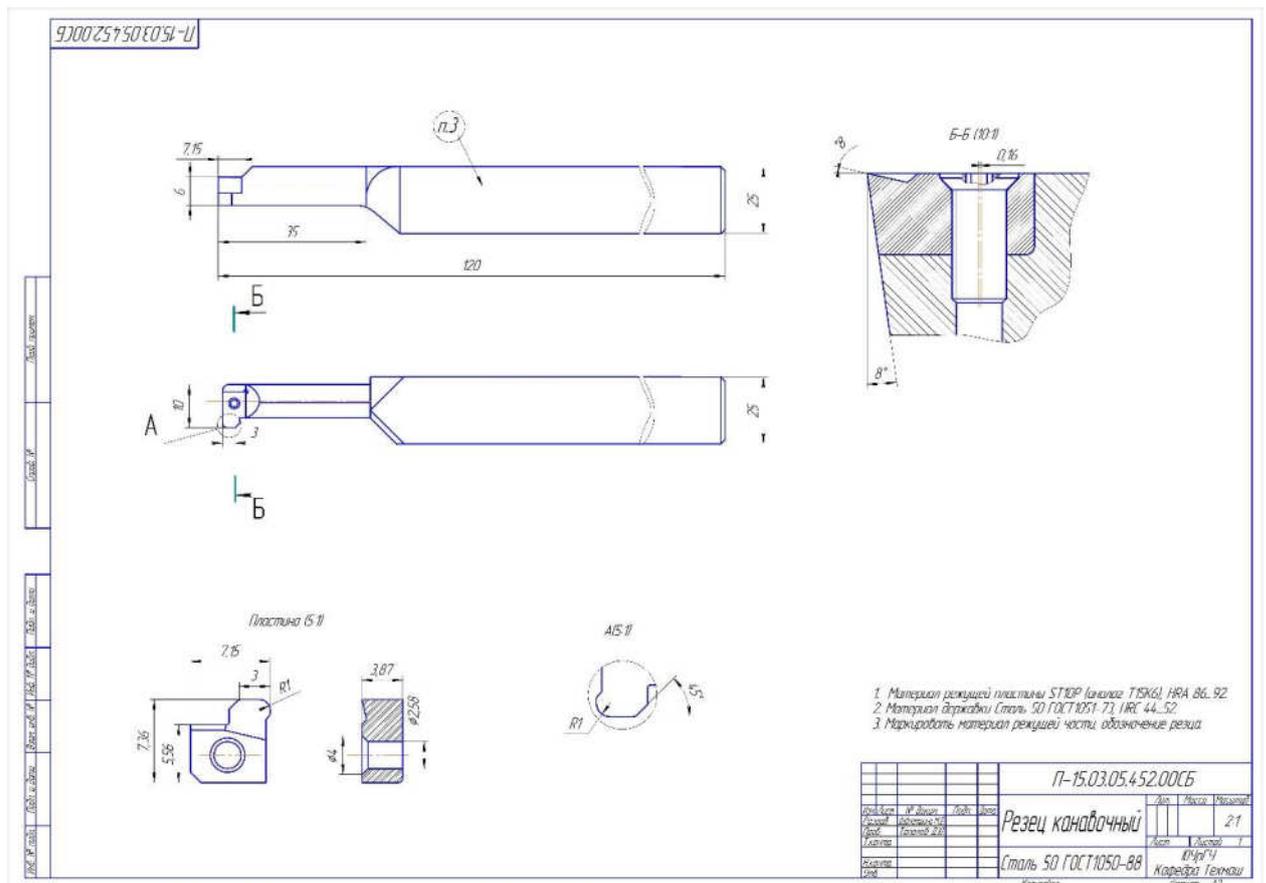


Рисунок 30 – Канавочный резец

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

3.5 Выбор измерительного оборудования и оснастки на операциях технического контроля

Контрольные приспособления применяют для проверки заготовок, деталей и узлов машин. Приспособления для проверки деталей применяют на промежуточных этапах обработки (межоперационный контроль) и для окончательной приемки, выявляя точность размеров, взаимного положения поверхностей и правильность их геометрической формы.

Высокая точность современных машин обуславливает использование в контрольных приспособлениях измерителей высокой чувствительности и важность правильного выбора принципиальной схемы и конструкции приспособления.

В качестве контрольных приспособлений используются: штангенциркули, нутромеры, радиальные шаблоны, штангенглубиномеры, микрометры и т.д.

Контролируемые параметры приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Контролируемые параметры

∅130; ∅145; ∅198; ∅168; 45	Штангенциркуль ШЦ-Ш-300-0,05 с удлиненными губками 200мм ГОСТ 166-89
∅181, ∅135,5	Штангенциркуль для измерения внутренних канавок Т9520-027
∅135Н9(+0,1); ∅ 180Н8(+0,063)	Индикаторный нутромер НИ 160-260 0,001 ГОСТ 868-82 Индикаторный нутромер НИ 100-160 0,001 ГОСТ 868-82
11±0,2; 30,5h15(-1,0); 23±0,5; 17±0,5	Глубиномер ГМ-50-1 ГОСТ 7470-92
R30*	Радиальный шаблон ГОСТ 4126-66
Ra 2,5; Ra 5; Ra 10	Образцы шероховатости ГОСТ 9378-93
Радиальное и торцовое биение поверхностей	Индикатор часового типа ИЧ-05 ГОСТ 577-68

Для контроля линейных и диаметральных размеров на токарных операциях используются штангенциркули: штангенциркуль ШЦ-III-300-0,05 ГОСТ166-89 (рисунок 31), глубиномер ГМ-50-1 ГОСТ 7470-92 (рисунок 32), специальный штангенциркуль для измерения канавок Т9520-027 (рисунок 33), индикаторный нутромер НИ 160-260 0,001 ГОСТ 868-82 (рисунок 34).



Рисунок 31 – Штангенциркуль ШЦ-III-300-0,05 ГОСТ166-89



Рисунок 32 – Глубиномер ГМ-50-1 ГОСТ 7470-92

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата



Рисунок 33 – Штангенциркуль для измерения внутренних канавок Т9520-027



Рисунок 34 – Индикаторный нутромер НИ 160-260 0,001 ГОСТ 868-82

На сверлильной и фрезерной операции используются специальные радиальные шаблоны.



Рисунок 35 – Радиальный шаблон ГОСТ 4126-66

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

1) Штангенциркуль нониусный ШЦ-III-300-0,05 ГОСТ166-89 (рисунок 31) изготовлен из углеродистой и нержавеющей стали с хромовым покрытием. Значение отсчёта по нониусной шкале 0,05 мм и 0,1 мм, класс точности изделия – 1 и 2 шкала – дюймовая и метрическая. Инструментальная сталь имеет твёрдость измерительных поверхностей не менее 51,5 HRC.

Штангенциркуль механический нониусный ШЦ обеспечивает измерение внутренних и наружных линейных размеров, а также измерение глубины. Конструкция штангенциркуля обеспечивает механический принцип измерения. Отсчет измеряемой величины производится методом визуальной оценки и совпадения делений мерительной шкалы на штанге, с делениями нониуса, который расположен на рамке.

Изготовленный в соответствии с ГОСТ 166-89 нониусный штангенциркуль ШЦ-III-300-0,05 ГОСТ166-89 имеет массовое применение в самых различных отраслях. Неоспоримым достоинством ШЦ-III-300-0,05 ГОСТ166-89 является его невысокая цена.

2) Глубиномер ГМ-50-1 ГОСТ 7470-92 (рисунок 31) предназначен для измерения глубины пазов, отверстий и высоты уступов до 100 мм. Оснащен индикатором по ГОСТ 577-68. Диапазон измерения обеспечивается набором сменных измерительных стержней, оснащенных твердым сплавом.

3) Штангенциркуль для внутренних канавок Т9520-027- это определенная разновидность штангенциркулей, специализацией и предназначением которых, является измерение внутренних канавок в заготовках или в уже выпущенных деталях.

Штангенциркули для внутренних канавок, обладают всеми плюсами и достоинствами штангенциркуля, таких как: простота в использовании, удобство считывания результатов измерений и невероятная точность измеренных данных. Удобство пользования данными измерительными устройствами достигается благодаря специальной форме губок штангенциркуля для канавок.

4) Индикаторный нутромер НИ 160-260 0,001 ГОСТ 868-82. Нутромер используют для измерения: диаметра круглых отверстий, ширины пазов, расстояния между плоскостями.

Это позволяет определить уровень изношенности цилиндров, измерить овальность. Проведя несколько измерений по всей длине детали, можно получить точную информацию о ее реальных размерах.

5) Радиусный шаблон применяется для измерения выпуклых и вогнутых поверхностей деталей. При измерении радиусным шаблоном не должно быть просветов между шаблоном и прилегающей к нему поверхности. Просвет может быть только в том случае, когда задается допуск на радиус.

6) Шероховатость поверхностей измеряется визуально. По образцам шероховатость контролируют, сравнивая контролируемую поверхность с эталонным образцом (рисунок 36).

Плюсы контроля: простота, удобство и эффективность, возможность определения качества поверхности в сложных условиях, повышение производительности, длительный срок эксплуатации.



Рисунок 36 – Эталонные образцы шероховатости

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

7) Индикатор часового типа ИЧ-05 ГОСТ 577-68 предназначен для контроля радиального и осевого биения поверхностей (рисунок 37).



Рисунок 37 – Индикатор часового типа ИЧ-05 ГОСТ 577-68

Индикатор часового типа - самый распространенный индикатор. Внутри цилиндрического корпуса индикатора часового типа размещается реечно-зубчатая и шестеренная передачи, благодаря которым, возвратно-поступательное движение измерительного стержня преобразуется во вращательное движение стрелки индикатора. Также, конструктивно, в ИЧТ имеет пружину, позволяющую исключить люфты шестерённых передач. Индикатор таких приборов, чаще всего, многооборотный, т.е. количество полных оборотов стрелки выносится на отдельный циферблат, что существенно увеличивает диапазон измерения отклонения и значительно повышает точность. Цена деления таких индикаторов обычно составляет 0,01мм.

4 АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

4.1 Анализ возможных направлений по автоматизации технологического процесса изготовления детали

Целью автоматизации технологического процесса является повышение производительности, качества и надежности изготавливаемых изделий.

Технологический процесс механической обработки детали может быть автоматизирован полностью или частично в зависимости от целей, которые стоят перед производством, целесообразности и возможности автоматизации.

С целью получения наибольшей информации о возможности автоматизации проведем анализ проектного варианта технологического процесса [1].

Технологический процесс детали «Крышка привода главного движения трактора» не предусматривает универсальных или специальных операций. Но предусматривает слесарную операцию, а именно удаление заусенцев и притупление острых кромок, появившихся на предыдущих операциях.

К выбранному в проектном варианте технологического процесса основному оборудованию можно встроить системы автоматического открывания-закрывания дверей станка, средств загрузки-выгрузки заготовки в основное оборудование, автоматическую систему уборки отходов, а также имеется возможность добавления датчиков для наладки и диагностики оборудования и режущего инструмента.

Переходы на операциях механической обработки сконцентрированы. Концентрация переходов позволяет сократить вспомогательное время на перемещение и переустановку заготовок, повышает производительность и улучшает точность обработки, а также повышает степень автоматизации технологического процесса обработки детали.

Габаритные размеры детали: Ø 255 мм × 45 мм; вес – 3,3 кг. Габаритные размеры детали и ее вес позволяют устанавливать деталь одним рабочим, также возможна установка роботом.

						Лист
					ЮУрГУ – 15.03.05.2017.413 ПЗ ВКР	72
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Для автоматизации процесса установки и базирования детали на станке, для перемещения на склад, а также со склада, можно использовать промышленного робота со схватом. Для этого можно использовать плоскости 1 и 2 (рисунок 38).

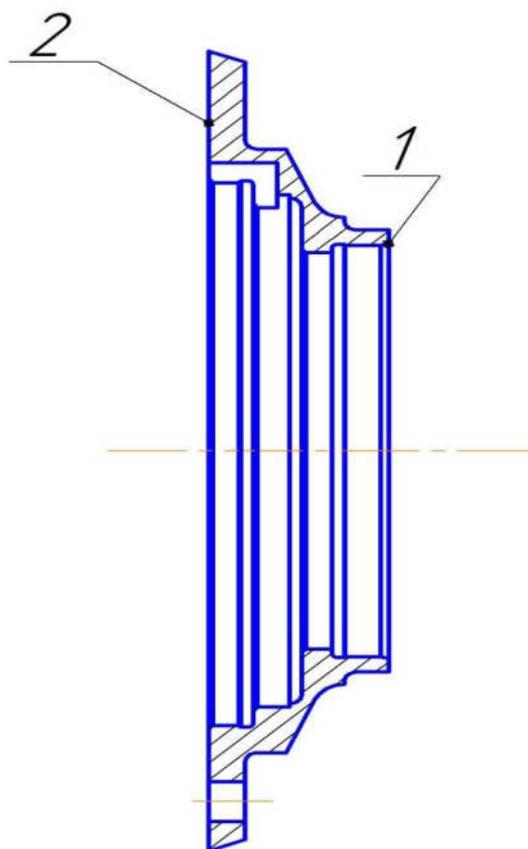


Рисунок 38 – Крышка с указанием плоскостей для схвата роботом

Проведенный анализ возможности автоматизации показал, что проектный вариант технологического процесса обработки детали «Крышка привода главного движения трактора» возможно частично автоматизировать. Присутствие человека необходимо на 005 и 010 токарных операциях, а также на операции контроля.

Технологичным называют такую конструкцию изделия, когда совокупность свойств изделия, определяющих ее приспособленность к достижению оптимальных затрат при производстве, техническом обслуживании и ремонте для заданных показателей качества, объема выпуска и условий выполнения работ.

С целью принятия решений о производстве изделия, анализе технологической подготовки производства, разработке мероприятий по

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

повышению эффективности производства произведем отработку конструкции детали на технологичность.

При дипломном проектировании достаточно провести качественную оценку технологичности детали. Оценка технологичности детали, обрабатываемой в условиях гибкой производственной системы, приведена в таблице 5.

Таблица 5 - Качественная оценка технологичности детали

№ п.п.	Критерий оценки	Сравнительная характеристика	Характеристика оценки
1	Унифицированность элементов форм детали	Присутствуют канавки, пазы	Технологично
2	Простота формы детали	Форма довольно простая, тело вращения	Технологично
3	Возможность обработки максимального количества поверхностей детали за один установ	За один установ можно просверлить 15 отверстий, профрезеровать пазы, обработать наружную и внутреннюю поверхности	Технологично
4	Доступность поверхностей детали для обработки	Все поверхности легкодоступны	Технологично
5	Наличие труднообрабатываемых поверхностей детали	На детали нет труднообрабатываемых поверхностей	Технологично
6	Возможность совмещения конструкторских и технологических баз	Не все базы можно совместить	Нетехнологично

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

Продолжение таблицы 5

7	Обеспечение конструкцией детали нормальный подвод и отвод режущего инструмента	Конструкция обеспечивает нормальный подвод и отвод режущего инструмента	Технологично
8	Возможность достижения наиболее точных размеров детали на основном оборудовании	Достижения точных размеров на основном оборудовании возможно	Технологично
9	Возможность достижения минимальной заданной шероховатости поверхности детали на основном оборудовании	Достижения минимальной шероховатости на основном оборудовании возможно	Технологично
10	Высокая обрабатываемость основного материала	Материал обрабатывается хорошо	Технологично
11	Возможность обработки детали универсальным режущим инструментом	Обработка универсальным режущим инструментом возможна	Технологично
12	Коэффициент использования материала	КИМ высокий (КИМ=0,7)	Технологично

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Окончание таблицы 5

13	Минимальная номенклатура режущего инструмента необходимая для обработки всех поверхностей детали при обеспечении заданной точности и шероховатости	Номенклатура режущего инструмента включает 6 инструментов	Нетехнологично
14	Наличие поверхностей для захвата детали промышленным роботом и базирования на промежуточных накопителях и в основном оборудовании	Поверхности для захвата и базирования детали промышленным роботом имеются	Технологично

$$\text{Коэффициент использования материала (КИМ)} = \frac{M_{\text{детали}}}{M_{\text{заготовки}}} = \frac{3,3}{5,1} = 0,7.$$

Качественная оценка показала, что деталь является технологичной в серийном производстве, так как имеет относительно простую форму, небольшие габаритные размеры и для её изготовления не требуется специального оборудования, режущего инструмента и станочных приспособлений.

4.2 Разработка структурной схемы гибкого производственного участка

4.2.1 Определение состава и числа оборудования станочного комплекса ГПС

Выбор вида станков, их специализации по числу управляемых координат и определение их количества в составе ГПС по выпуску деталей заданной

номенклатуры осуществляются на основе разработанных технологических процессов на типовые детали по следующей формуле:

$$K = \frac{C_{\text{ср}}}{T_{\text{ср}}},$$

где $C_{\text{ср}}$ – средняя станкоемкость, приходящаяся на каждый выбранный станок, мин;
 $T_{\text{ср}}$ – средний такт выпуска деталей, мин; K – число станков по виду оборудования.

$$T_{\text{ср}} = \frac{60\Phi_0 K_{\text{исп}}}{N_{\text{год}}},$$

где Φ_0 – годовой фонд времени оборудования, ч ($\Phi_0 = 1936,48$ ч); $K_{\text{исп}}$ – коэффициент использования оборудования по машинному времени ($K_{\text{исп}} = 0,85$);
 $N_{\text{год}}$ – годовая программа выпуска деталей, шт.

$$T_{\text{ср}} = \frac{60 \cdot 1936,48 \cdot 0,85}{4800} = 20,575$$

Максимальное количество деталей, изготавливаемых на одном станке за год, рассчитывается по формуле:

$$n_{\text{дет}} = \frac{\Phi_0}{t_{\text{шт}}},$$

где $t_{\text{шт}} \approx 20,14$ мин = 0,34 ч – полное время изготовления одной детали.

$$n_{\text{дет}} = \frac{1936,48}{0,34} = 5695 \text{ деталей.}$$

Количество станков, необходимых для изготовления 4800 деталей, рассчитывается по формуле:

$$n_{\text{ст}} = \frac{N_{\text{год}}}{n_{\text{дет}}},$$

$$n_{\text{ст}} = \frac{4800}{5695} = 0,702 \approx 1 \text{ станок.}$$

Выбор вида станков, их специализации по числу управляемых координат и определение их количества в составе ГПС по выпуску деталей заданной

номенклатуры осуществляются на основе разработанных технологических процессов на типовые детали можно определить по следующей формуле:

$$K = \frac{C_{\text{ср}}}{T_{\text{ср}}},$$

где $C_{\text{ср}}$ – средняя станкоемкость, приходящаяся на каждый выбранный станок, мин; $T_{\text{ср}}$ – средний такт выпуска деталей, мин; K – число станков по виду оборудования [1].

$$C_{\text{ср}} = \frac{C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n C_i,$$

где $n = 2$ – число типовых деталей; $C_1 = 20,14$ мин – станкоемкость, приходящаяся на каждый станок по обработке i -го представителя типовых деталей, мин, $C_2 = 50,23$ мин.

$$C_{\text{ср}} = \frac{20,14 + 50,23}{2} = 35,185 \text{ мин};$$

$$K = \frac{35,185}{20,575} = 1,71 \approx 2.$$

4.2.2 Определение структуры и состава автоматизированной транспортно-складской системы ГПС

Автоматическая транспортно-складская система (АТСС) в ГПС предназначена выполнять следующие функции: хранить в накопителях большой вместимости (складе) межоперационные заделы деталей и автоматически транспортировать их в заданный адрес по командам от электронно-вычислительной машины (ЭВМ); транспортировать детали от одного станка к другому станку, а также на позиции разгрузки и загрузки; своевременно пополнять накопители небольшой вместимости (приемно-передающие агрегаты, тактовые столы и т.д.), установленные около каждого станка; транспортировать

обработанные детали на позиции контроля и возвращать их для продолжения дальнейшей обработки или на позиции загрузки-разгрузки [1].

4.2.3 Определение характеристик стеллажа-накопителя

Наибольшее число деталиустановок различных наименований, которые могут быть обработаны на комплексе в течение месяца, можно определить по формуле:

$$K_{\text{наим}} = \frac{60 \cdot \Phi_{\text{ст}} \cdot n_{\text{ст}}}{t_{\text{об}} \cdot N},$$

где $\Phi_{\text{ст}}$ – месячный фонд отдачи станка, ч ($\Phi_{\text{ст}} = 240$ ч); $n_{\text{ст}}$ – число станков, входящих в ГПС; $t_{\text{об}}$ – средняя трудоемкость обработки одной деталиустановки, мин; N – средняя месячная программа выпуска деталей одного наименования.

Подставляя значения, получаем:

$$K_{\text{наим}} = \frac{60 \cdot 240 \cdot 2}{8,95 \cdot 400} = 7,96 \approx 8 \text{ шт.}$$

Полученное число деталиустановок определяет число ячеек в стеллаже. Для обеспечения нормальной работы ГПС необходим запас ячеек в накопителе, равный примерно 10 % от $K_{\text{наим}}$, поэтому принимаем $K_{\text{наим}} = 9$ шт.

4.2.4 Расчет числа позиций загрузки и разгрузки

Расчет необходимого числа позиций загрузки и разгрузки производят по следующей формуле:

$$n_{\text{поз}} = \frac{t \cdot K_{\text{дет}}}{\Phi_{\text{поз}} \cdot 60},$$

где t – средняя трудоемкость операций на позиции, мин; $K_{\text{дет}}$ – число деталиустановок, проходящих через позицию в течение месяца, шт.; $\Phi_{\text{поз}}$ – месячный фонд времени работы позиции, ч; $\Phi_{\text{поз}} = \Phi_{\text{ст}} = 240$ ч.

$$K_{\text{дет}} = K_{\text{наим}} \cdot N,$$

где N – средняя месячная программа выпуска деталей одного наименования $K_{\text{наим}}$, шт.

Подставляя значения, получим:

$$K_{\text{дет}} = 8 \cdot 400 = 3200 \text{ шт.}$$

Для расчетов можно использовать следующие значения трудоемкостей операций по загрузке (t_z) и разгрузке (t_p) деталей: $t_z = 5$ мин; $t_p = 3$ мин.

Подставляя значения, получим:

$$n_{\text{поз}} = \frac{8 \cdot 3200}{240 \cdot 60} = 1,77 \approx 2.$$

4.2.5 Расчет числа позиций контроля

Необходимое число позиций контроля $n_{\text{поз.к}}$ в ГПС рассчитывается по следующей формуле:

$$n_{\text{поз.к}} = \frac{t_k \cdot K_{\text{дет.к}}}{\Phi_{\text{поз}} \cdot 60},$$

где t_k – суммарное время контроля одной деталиустановки, мин; $K_{\text{дет.к}}$ – число деталиустановок, проходящих контроль за месяц, шт.; $\Phi_{\text{поз}}$ – месячный фонд времени работы позиции контроля, ч.

$$K_{\text{дет.к}} = \frac{K_{\text{дет}}}{n},$$

где $K_{\text{дет}}$ – число деталиустановок, обрабатываемых на комплексе за месяц, шт.; n – число деталиустановок, через которое деталь выводится на контроль, шт.:

$$n = \frac{n_1}{k_1 \cdot k_2},$$

где n_1 – плановое число деталиустановок, через которое деталь выводится на контроль по требованию технолога, шт.; $n_1=2$; k_1 и k_2 – поправочные коэффициенты, связанные с выводом деталей на контроль по требованию наладчика соответственно для первой деталиустановки в начале смены (k_1) и сразу же после установки нового инструмента (k_2); $k_1 = 1,15$; $k_2 = 1,05$.

Подставляя значения, получим:

$$n = \frac{2}{1,15 \cdot 1,05} = 1,65 \approx 2;$$

$$K_{\text{дет.к}} = \frac{3200}{2} = 1600.$$

Время контроля одной детали установки определяется следующим образом:

$$t_k = t_{k_1} + t_{k_2} + \dots + t_{k_i},$$

где $t_{k_1}, t_{k_2}, \dots, t_{k_i}$ – соответственно время контроля поверхностей детали после обработки на 1, 2 и т.д. i -м станках комплекса.

Для расчетов время каждого промежуточного контроля (после неполной обработки поверхностей на станках комплекса) можно принять равным:

$$t_{\text{п}} = 5 \text{ мин};$$

время окончательного контроля всех поверхностей детали (после обработки на последнем станке комплекса):

$$t_{\text{к.ок}} = 30 \text{ мин.}$$

Подставляя значения, получим:

$$t_k = 5 + 30 = 35 \text{ мин};$$

$$n_{\text{поз.к}} = \frac{35 \cdot 3200}{240 \cdot 60} = 6,87 \approx 7.$$

4.2.6 Проектирование предварительной компоновки ГПС

Для дальнейшего определения числа подвижных транспортных механизмов автоматизированной транспортно-складской системы (АТСС), расчета времени перемещения заготовок, а также определения рационального размещения оборудования необходимо узнать примерный маршрут движения заготовок при обработке на станках ГПС. Для этого сделаем планировку станочной и складской систем комплекса.

Первый вариант расположения оборудования представлен на рисунке 39.

сушки, при помощи робокара 4 – заготовку отправляют в участок автоматизированного контроля, для окончательного замера. После окончательного контроля, робокар 4 забирает заготовку и отправляет её на кран штабелер 2 и отсюда заготовка поступает на склад хранения готовой продукции 11.

Для выявления всех суммарных перемещений была составлена матрица ориентировочных перемещений подвижных механизмов АТСС (таблица 6).

Таблица 6 – Матрица перемещений подвижных механизмов АТСС

№обор- р-я, от котор ого двиге тся ТС	Номер оборудования, к которому движется транспортное средство															
	1	2	4	3	6	5	8	2	10	2	3	6	9	7	2	11
	Расстояние, пройденное транспортным средством , м															
1		1,5														
2			1,2													
4				1,1			5,4	1,3			1,1			9,7	1,2	
3			1,1		1											
6				1		1,3										
5					1,3											
8			1,1													
2									1,3							
10										1,3						
2			1													
3			1,1									1				
6											1		1			
9												1				
7			1,1													
2																1
11																

Суммарное перемещение при такой компоновки ГПС равно 40,5 м.

Второй вариант расположения оборудования представлен на рисунке 40.

2 вариант

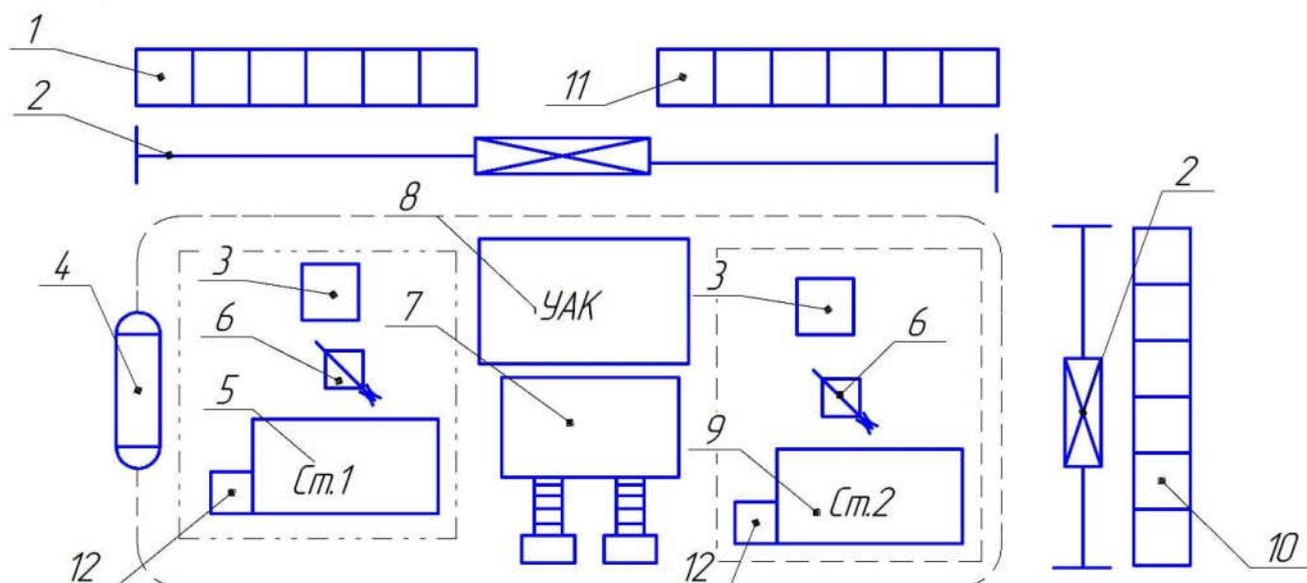


Рисунок 40 – Второй вариант расположения оборудования (1-склад заготовок; 2-кран-штабелер; 3-приемо-раздаточный стол; 4-робокар; 5-первый обрабатывающий центр с ЧПУ; 6-промышленный робот; 7-моечная машина; 8-участок автоматизированного контроля; 9-второй обрабатывающий центр с ЧПУ; 10-промежуточный склад хранения; 11-склад готовой продукции; 12-тара для стружки.)

На данной схеме показано перемещение заготовок со склада заготовок 1 краном-штабелером 2 в накопителе на робокар 4, который осуществляет перевозку заготовки на приемо-раздаточный стол 3. Промышленный робот 6 устанавливает заготовку на станок 5, после окончания обработки робот снимает заготовку со станка отправляет обратно на приемо-раздаточный стол 3, далее робокар 4 доставляет заготовку на участок автоматизированного контроля для промежуточного измерения параметров. После контроля заготовки она поступает на склад промежуточного хранения 10, при помощи робокара 4 и крана-штабелера 2. Со склада её при помощи крана-штабелера 2 и робокара 4 перевозят на приемо-раздаточный стол 3, откуда заготовку забирает промышленный робот 6 и загружает заготовку во второй станок 9, после обработки робот снимает заготовку и перевозит её на приемо-раздаточный стол 3, далее робокар 4 доставляет заготовку на участок

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

автоматизированного контроля для промежуточного измерения параметров. После контроля робокар забирает заготовку и перевозит на мойку 7. После мойки и сушки, при помощи робокара 4 – заготовку отправляют в участок автоматизированного контроля, для окончательного замера. После окончательного контроля, робокар 4 забирает заготовку и отправляет её на кран штабелер 2 и отсюда заготовка поступает на склад хранения готовой продукции 11.

Для выявления всех суммарных перемещений была составлена матрица ориентировочных перемещений подвижных механизмов АТСС (таблица 7).

Таблица 7 – Матрица перемещений подвижных механизмов АТСС

№обор- р-я, от кото- ро го движе- тся ТС	Номер оборудования, к которому движется транспортное средство															
	1	2	4	3	6	5	8	2	10	2	3	6	9	7	2	11
	Расстояние, пройденное транспортным средством, м															
1		1,4														
2			1,2													
4				2,4			3,4	2,8			3,8			6,1	11	
3			1,1		1											
6				1		1,3										
5					1,3											
8			1,1													
2									1							
10										1,3						
2			1													
3			1,1									1				
6											1		1			
9												1				
7			1,1													
2																1,4
11																

Суммарное перемещение при такой компоновки ГПС равно 46,8 м.

Исходя из расчетов, выбираем первую схему расположения станков.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

4.2.7 Определение числа подвижных транспортных механизмов АТСС

Робочар, расположенный со стороны станков, должен передавать ящик с заготовками со стеллажа на станок, со станка на станок и со станка на стеллаж.

Рассчитаем суммарное время $T_{\text{обсл}}$ работы робота со стороны станков по следующей формуле:

$$T_{\text{обсл}} = \frac{K_{\text{стел-ст}} \cdot t_{\text{стел-ст}} + K_{\text{ст-ст}} \cdot t_{\text{ст-ст}}}{60},$$

где $K_{\text{стел-ст}}$ – число перемещений между стеллажом и станками; $K_{\text{ст-ст}}$ – число перемещений между станками; $t_{\text{стел-ст}}$ – среднее время, затрачиваемое на передачу заготовки со стеллажа на станок и обратно, мин; $t_{\text{ст-ст}}$ – среднее время, затрачиваемое на передачу спутника со станка на станок, мин.

Время выполнения штабелером одной передачи спутника определяется по формуле:

$$t_{\text{стел-ст}} = t_{\text{ст-ст}} = t_1 + t_2,$$

где t_1 – время отработки кадра "Подойти и взять ящик", мин; t_2 – время отработки кадра "Подойти и поставить ящик", мин.

$$t_1 = t_k + t_{\text{под}} + t_{\text{в.с}},$$

$$t_2 = t_k + t_{\text{под}} + t_{\text{п.с}},$$

где t_k – время расчета и передачи кадра команды от ЭВМ в устройство ЧПУ робочара, мин; $t_{\text{под}}$ – время подхода робочара к заданной точке, мин; $t_{\text{в.с}}$ – время работы цикловой автоматики по выполнению команды "Взять ящик", мин; $t_{\text{п.с}}$ – то же "Поставить ящик", мин.

Время t_k колеблется в пределах $t_k = 1,5 \dots 10$ с; время $t_{\text{в.с}} = t_{\text{п.с}} = 0,15 \dots 0,25$ мин. Время подхода робочара к заданной точке:

$$t_{\text{под}} = \frac{L_x}{V_x} + \frac{L_y}{V_y},$$

где L_x и L_y – соответственно длина перемещения робокара по осям x и y , м; V_x и V_y – соответственно скорость перемещения робокара по осям x и y , м/мин. Для расчетов принимаем: $V_x = 60$ м/мин; $V_y = 6$ м/мин; $L_x = 1,5$ м; $L_y = 1,5$ м [1].

Подставляя значения, получим:

$$t_{\text{под}} = \frac{1,5}{60} + \frac{1,5}{6} = 0,292 \text{ мин};$$

$$t_1 = t_2 = 0,16 + 0,292 + 0,2 = 0,652 \text{ мин};$$

$$t_{\text{стел-ст}} = t_{\text{ст-ст}} = 0,652 + 0,652 = 1,304 \text{ мин};$$

$$T_{\text{обсл}} = 2 \cdot 1,304 + 2 \cdot 1,304 = 5,22 \text{ мин}.$$

Рассчитав суммарное время обслуживания станков, определим число робокаров для выполнения этой работы по следующей формуле:

$$K_{\text{штг1}} = \frac{T_{\text{обсл}}}{\Phi_{\text{шт}} \cdot 60},$$

где $\Phi_{\text{шт}}$ – фонд работы штабелера, ч.

Подставляя значения, получим:

$$K_{\text{штг1}} = \frac{5,22}{305 \cdot 60} = 2 \cdot 10^{-4} \approx 1.$$

Для выполнения работы по перемещению заготовок и готовых деталей требуется один робот штабелер.

4.3 Выбор оборудования для функционирования автоматизированной системы

4.3.1 Определение вспомогательных систем и участков, необходимых для функционирования ГПС

Для обеспечения функционирования гибкой производственной системы в автоматизированном режиме предусмотрена автоматизированная система уборки отходов (АСУО). АСУО служит для сегментирования сливной стружки, удаления ее от основного оборудования и из ГПС. Система представляет собой

установленный в поддоне станка конвейер, который перемещает стружку из поддона в накопительный бак для стружки. Заполненный стружкой бак заменяется на пустой бак с помощью робокара. При этом учитываются форма стружки, материал, объем и масса стружки и другие факторы. Также ГПС оснащаются моечными машинами, которые полностью очищают детали.

4.3.2 Выбор вспомогательного оборудования, необходимого для функционирования ГПС

Для установки и базирования заготовки на станке подходит робот Fanuc Arc Mate 100iC/6L (рисунок 41), технические характеристики которого представлены в таблице 4. Характеристики промышленного робота представлены в таблице 8.



Рисунок 41 – Промышленный робот Fanuc Arc Mate 100iC/6L

Таблица 8 – Характеристики промышленного робота Fanuc Arc Mate 100iC/6L

Параметры	Значения параметров
Контролируемые оси	6
Максимальная грузоподъёмности, кг	8
Точность позиционирования (мм)	$\pm 0,08$
Масса робота (кг)	135
Радиус действия (мм)	1635

Особенности и преимущества ПР:

- 1) высокие угловые скорости осей;
- 2) высокая производительность при перемещении заготовок;
- 3) лучшие в своём классе инерционные показатели;
- 4) внутренний кабельный пакет делает робота чрезвычайно простым в эксплуатации и обслуживании;
- 5) отсутствие риска контакта кабелей с внутренними частями обслуживаемого станка;
- 6) минимизация рабочего пространства;
- 7) улучшение условий труда;
- 8) гибкость организации производственных процессов.

Схема возможных перемещений рабочих органов робота представлена на рисунке 42.

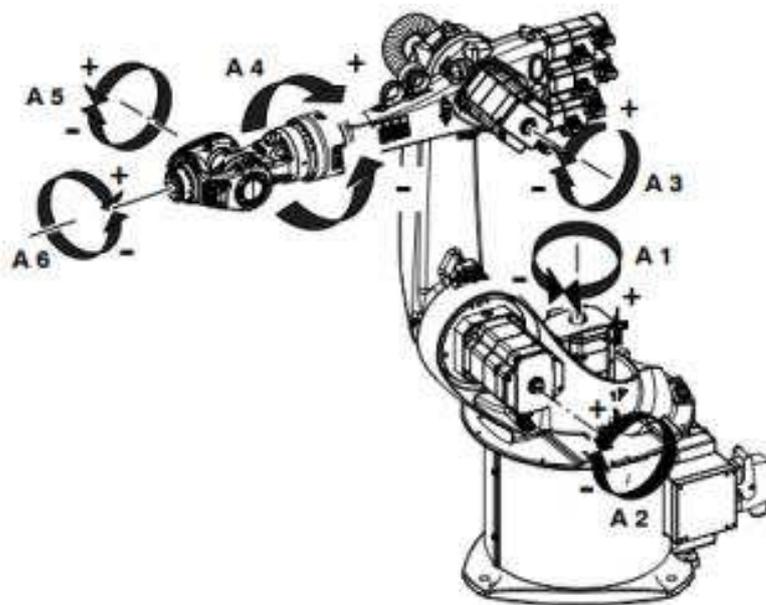


Рисунок 42 - Схема возможных перемещений рабочих органов робота
 Для захвата крышки необходим рабочий орган – схват промышленного робота.

Эскиз схвата представлен на рисунке 43, 44.

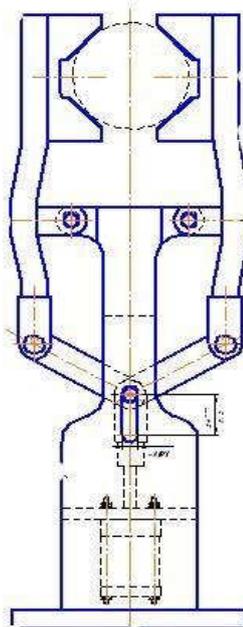


Рисунок 43 – Схват промышленного робота, вид сверху

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

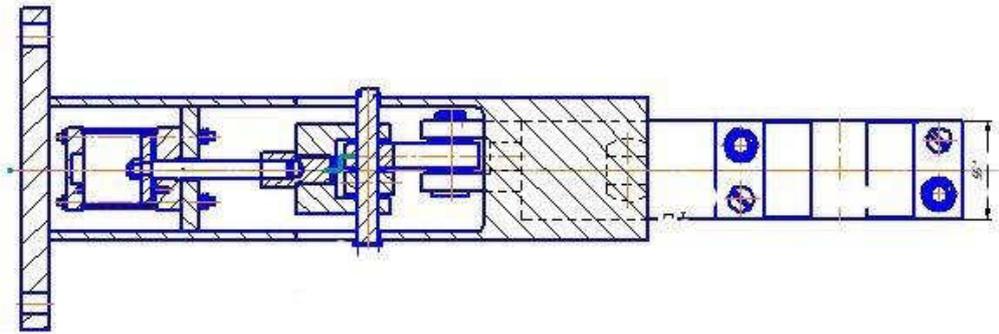


Рисунок 44 – Схват промышленного робота, вид сбоку

4.4 Базирование заготовки, полуфабриката, готовой детали в промышленном роботе, транспортном устройстве, промежуточном накопителе

Рассмотрим схемы базирования заготовки для детали «Крышка привода главного движения трактора». Схема базирования заготовки на 005 комплексной операции с ЧПУ изображена на рисунке 45.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

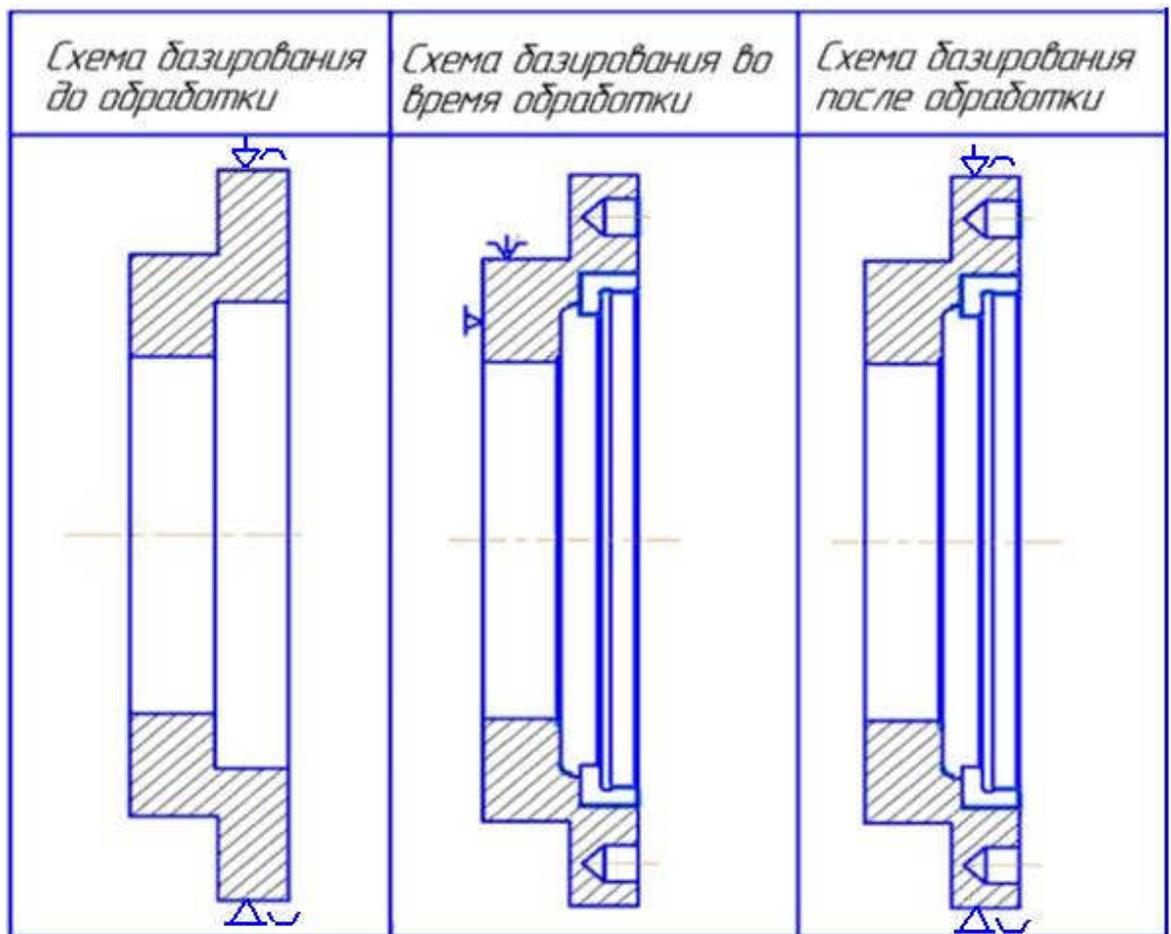


Рисунок 45 - Схема базирования заготовки на 005 комплексной операции с ЧПУ

Схема базирования заготовки на 010 комплексной операции с ЧПУ изображена на рисунке 46.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

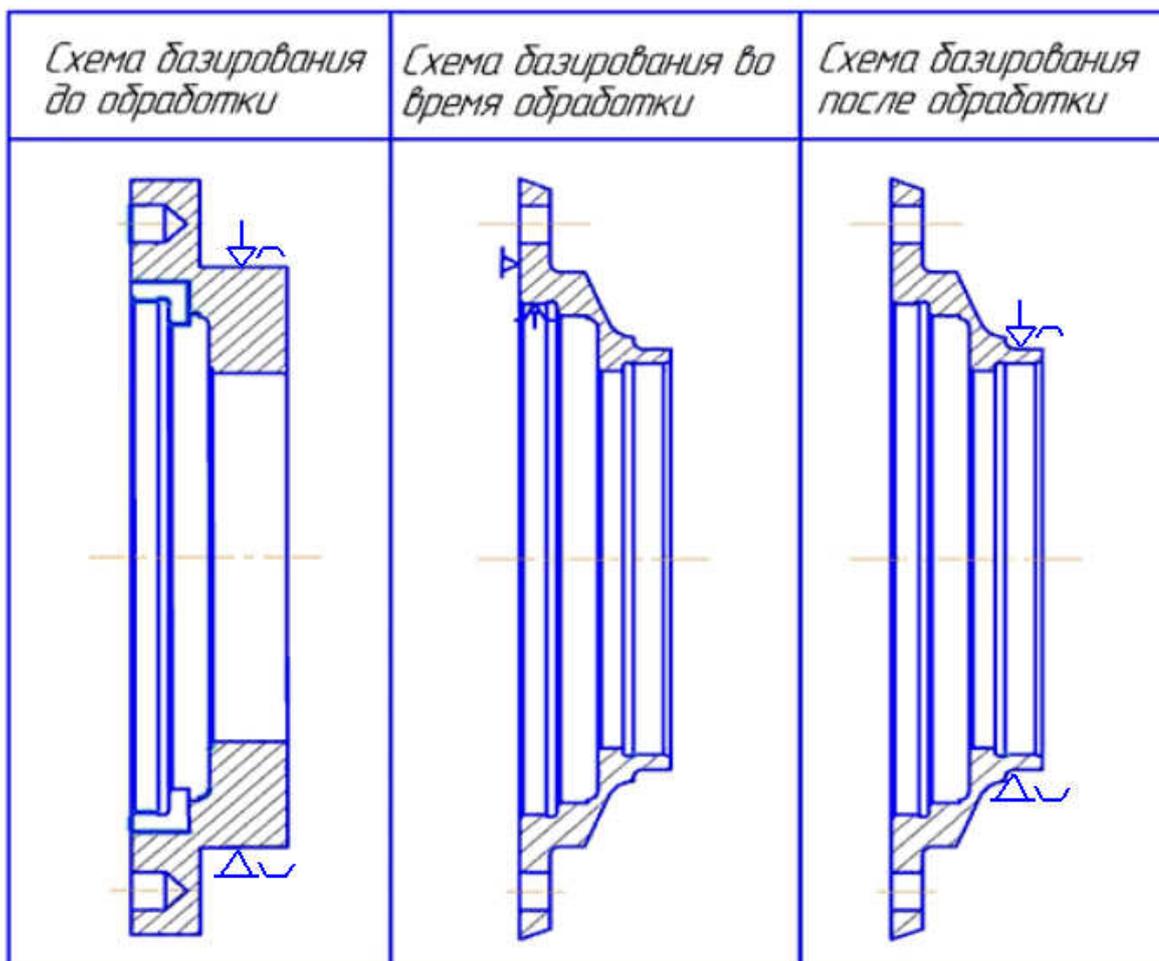


Рисунок 46 - Схема базирования заготовки на 010 комплексной операции с ЧПУ

4.5 Анализ производительности автоматизированной системы

При разработке структурной схемы гибкого производственного участка был произведен расчет расстояний перемещений детали. В первом случае перемещения составили 42,1 м, во втором варианте компоновки 52,3 м.

Исходя из этих расчетов расстояния перемещения детали, выбираем первую схему расположения станков. Более детальный вариант планировки ГПС представлен на рисунке 47.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

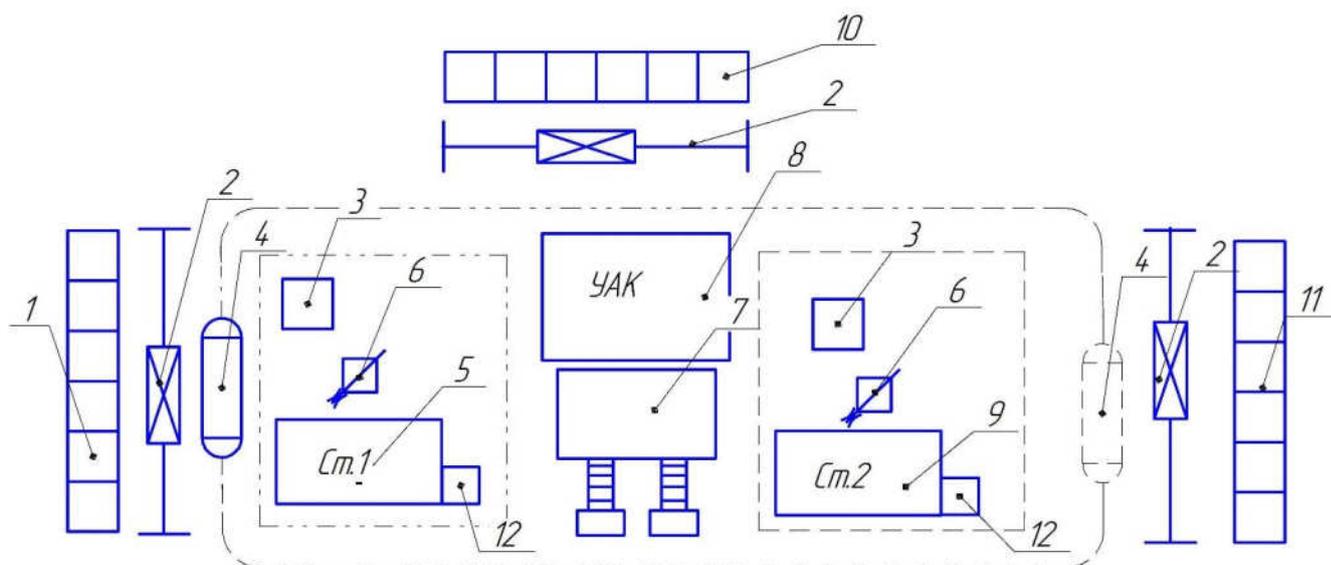


Рисунок 47 – Схема окончательного варианта планировки ГПС

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

5 ОРГАНИЗАЦИОННО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ЧАСТЬ

Участок обработки детали состоит из:

- 1-склад заготовок;
 - 2-кран-штабелер;
 - 3-приемо-раздаточный стол;
 - 4-робокар;
 - 5-первый обрабатывающий центр с ЧПУ;
 - 6-промышленный робот;
 - 7-моечная машина;
 - 8-участок автоматизированного контроля;
 - 9-второй обрабатывающий центр с ЧПУ;
 - 10-промежуточный склад хранения;
 - 11-склад готовой продукции;
 - 12-тара для стружки;
 - 13-кран-балка;
- НРИ - накопитель режущего инструмента;
- ЯП - ящик с песком;
- ПС - пожарный стенд;

Все оборудование расположено в нескольких пролетах вдоль колонн на расстоянии 2 м от колонн. На схеме показано перемещение заготовок со склада заготовок краном-штабелером в накопителе на робокар, который осуществляет перевозку заготовки на приемо-раздаточный стол. Промышленный робот устанавливает заготовку на станок, после окончания обработки робот снимает заготовку со станка отправляет обратно на приемо-раздаточный стол, откуда заготовки забирает робокар и отправляет их в участок автоматизированного контроля. После контроля заготовки, при помощи робокара, заготовки отправляются на приемо-раздаточный стол, со стола их забирает промышленный робот и загружает заготовку во второй станок, после чего робот снимает заготовку и перевозит её на приемо-раздаточный стол, откуда заготовки забирает робокар и

						Лист
					ЮУрГУ – 15.03.05.2017.413 ПЗ ВКР	95
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

отправляет их в участок автоматизированного контроля. После контроля заготовки она поступает на склад промежуточного хранения, при помощи робокара и крана-штабелера. Далее с крана-штабелера она попадает на слесарный участок, где удаляются заусенцы после фрезерования пазов, потом заготовка возвращается на склад промежуточного хранения, откуда её при помощи крана-штабелера и робокара перевозят на мойку. После мойки и сушки, при помощи робокара – заготовку отправляют в участок автоматизированного контроля, для окончательного замера. После окончательного контроля, робокар забирает заготовку и отправляет её на кран штабелер и оттуда заготовка поступает на склад хранения готовой продукции.

					ЮУрГУ – 15.03.05.2017.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		96

6 БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ЦИКЛА ИЗДЕЛИЯ

6.1 Мероприятия и средства по созданию безопасных и безвредных условий труда

На всех предприятиях, в учреждениях, организациях создаются безопасные и безвредные условия труда. Обеспечение безопасных и безвредных условий труда возлагается на собственника или уполномоченный им орган. Условия труда на рабочем месте, безопасность технологических процессов, машин, механизмов, оборудования и других средств производства, состояние средств коллективной и индивидуальной защиты, используемых работником, а также санитарно-бытовые условия должны отвечать требованиям нормативных актов об охране труда.

Обработка детали «Крышка привода главного движения трактора», относится к категории Ib. К категории Ib относятся работы, производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся некоторым физическим напряжением (ряд профессий в машиностроительной промышленности, контролеры, мастера в различных видах производства и т.п.). [8] Нормируемые параметры микроклимата не должны выходить за пределы нормативных величин, приведенных в таблице 9.

Таблица 9 – Нормируемые параметры микроклимата

Период года	Температура воздуха (поверхностей), °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный и переходный	21-23 (20-24)	60-40 (до 75)	0,1
Теплый	19-21 (18-22)	60-40 (75-55)	0,1

Выполнение этих норм осуществляется путем проведения следующих мероприятий:

- 1) в теплое время за счет вентиляции;
- 2) в холодное время за счет вентиляции, отопления.

Мероприятия, проводимые при использовании СОТС:

- 1) на состав применяемой СОТС необходимо разрешение санитарного надзора;
- 2) состав СОТС на водном растворе, их антимикробная защита и пастеризация должны удовлетворять требованиям ГОСТ 121.3.025-80 ССБТ «Обработка металлов резанием. Общие требования безопасности»;
- 3) приготовление и подача СОТС к станкам должна быть централизованной;
- 4) периодичность и промывка систем для подачи СОТС должна быть не реже 1 раза в 6 месяцев;
- 5) станки должны быть оборудованы специальными сборниками и экранами защиты оператора;
- 6) помещение оборудуется общеобменной вентиляцией с подачей приточного воздуха в рабочую зону со скоростью не более 0,5 м/с. Общая производительность вентиляции должна составлять 850-900 м³/час на один станок;
- 7) рабочие должны использовать дерматологические кремы и пасты.

Для спроектированного техпроцесса предусматриваются следующие виды защиты:

- 1) ограничивающие, закрывающие доступ к опасным частям оборудования. Для этого используются кожухи, щиты. Ограждения должны быть достаточно прочными, надежно крепиться к фундаменту или частям машины;
- 2) предохранительные, автоматически отключающие оборудование при выходе какого-либо параметра за пределы допустимого;
- 3) сигнализирующие, окраска опасных частей оборудования в красный цвет;
- 4) у станков предусмотрены дверцы для защиты от разлетающейся стружки.

Мероприятия по безопасной эксплуатации лезвийного инструмента:

						Лист
					ЮУрГУ – 15.03.05.2017.413 ПЗ ВКР	98
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Для безопасной эксплуатации режущего инструмента необходимо постоянно следить за его состоянием, проверять крепление инструмента в оправках и твердосплавных пластин в сборных инструментах.

Проводятся также следующие организационные мероприятия:

1) Инструктаж техники безопасности производится, как правило, во время приобретения профессионально и/или специального образования. Так же правила техники безопасности публикуются в соответствующих той или иной специальности учебных пособиях. По характеру и времени проведения, инструктажи подразделяют на:

- вводный;
- первичный на рабочем месте;
- повторный;
- внеплановый;
- целевой.

2) запрещение операторам ремонтировать электрооборудование;

3) привлечение к ремонту оборудования лиц электротехнического персонала, своевременно прошедших инструктаж [8].

6.2 Мероприятия по электробезопасности

Электробезопасность – система организационных мероприятий и технических средств, обеспечивающих защиту людей от опасного и вредного действия электрического тока.

Электрический ток, проходя через организм человека, оказывает электролитическое, термическое и биологическое действие, вызывая местные и общие травмы.

На участке необходимо проводить следующие мероприятия по электробезопасности:

						Лист
					ЮУрГУ – 15.03.05.2017.413 ПЗ ВКР	99
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1) изолировать токоведущие части, что защищает электроустановки от чрезмерной утечки токов, предохраняет людей от поражения током и исключает возникновение пожаров;

2) сделать токоведущие части недоступными для случайного прикосновения;

3) применять двойную изоляцию, состоящую из рабочей изоляции и дополнительной, повышающей надежность работы, то есть защищающей человека от поражения при повреждении изоляции;

4) зануление, обеспечивающее быстрое отключение поврежденной установки или участка цепи максимальной токовой защиты вследствие короткого однофазного замыкания;

5) заземление нейтрали, обеспечивающее невозможность появления напряжения относительно земли на корпусе машины [14].

6.3 Мероприятия по пожарной безопасности

Пожар – это неконтролируемое горение вне специального очага, наносящее материальный ущерб. Горение – это химическая реакция окисления, сопровождающаяся выделением тепла. Для возникновения горения необходимы:

- горючее вещество;
- окислитель;
- источник загорания.

Опасными факторами пожара являются:

- повышенная температура воздуха и предметов;
- открытый огонь и искры;
- токсичные продукты горения;
- дым;
- взрывы;
- повреждения и разрушения зданий и сооружения.

					ЮУрГУ – 15.03.05.2017.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		100

Оценка пожарной опасности участка.

Спроектированный участок размещается в помещении пожарной опасности категории Д. Это помещения, в которых находятся и обрабатываются негорючие вещества и материалы в холодном состоянии.

Выбор первичных средств пожаротушения. На участке располагаются следующие первичные средства пожаротушения:

- огнетушитель углекислотный ОУ-10 (1 шт), применяется для тушения электроустановок;
- огнетушитель ОП-10 (1 шт), применяемый тушения пожаров класса Д (металлы и металлоорганические вещества);
- ящики с песком (1 шт);
- ломы (1 шт);
- топоры (1 шт).

Мероприятия, предупреждающие пожар на участке.

Пожарная профилактика – комплекс организационно-технических мероприятий, направленных на предупреждение пожаров, уменьшение его размеров. Пожарная профилактика осуществляется по следующим направлениям:

- 1) устранение непосредственных или возможных причин пожаров в процессе эксплуатации зданий, технологического оборудования, систем отопления, вентиляции, освещения, электроснабжения;
- 2) ограничения возможного распространения пожара и взрыва;
- 3) обеспечение эвакуации людей и оборудования из горящего здания;
- 4) обеспечение быстрого развертывания действий по пожаротушению;
- 5) разработка наглядных пособий по пожарной безопасности;
- 6) разработка инструкций по пожарной безопасности.

К организационным мероприятиям относятся:

- разработка инструкций о соблюдении противопожарного режима и о действиях людей при возникновении пожара;

– организация обучения рабочих и служащих по правилам пожарной безопасности.

Порядок действия при пожаре:

- 1) отключить электропитание, вызвать по телефону пожарную команду;
- 2) эвакуировать людей из помещения согласно плану эвакуации;
- 3) приступить к ликвидации пожара огнетушителями [13].

						Лист
					ЮУрГУ – 15.03.05.2017.413 ПЗ ВКР	102
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ВЫВОДЫ ПО КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ

Проектирование технологических процессов изготовления деталей должно вестись в соответствии с требованиями единой системы технологической подготовки производства (ЕСТПП), которая предусматривает широкое применение прогрессивных типовых технологических процессов, стандартная технологическая оснастка и оборудования средств механизации и автоматизации производственных процессов, инженерно-технических и управленческих работ.

Данная выпускная квалификационная работа представляет собой расчетно-графическую работу, в которой обобщаются все технологические познания и навыки, приобретенные за время обучения. Здесь анализируется действующий технологический процесс, выявляются его недостатки и разрабатывается проектный вариант технологического процесса.

Для проектного варианта был выбран наилучший способ получения заготовки (штамповка на ГKM) в условиях серийного производства, основное технологическое оборудование (токарный обрабатывающий центр с ЧПУ Okuma Genos L300E-MY) с учётом автоматизации механической обработки заготовки. Так же была сформирована операционно-маршрутная технология, произведён размерно-точностной анализ проектного варианта технологического процесса, рассчитаны режимы резания и нормы времени на все операции ($T_{шт} \approx 20,14$ мин).

В конструкторской части была проанализированы и выбраны технологическая оснастка и режущий инструмент, было рассмотрено станочное приспособление (револьверная головка), а также спроектированы операции технологического контроля и выбрано измерительное оборудование.

В процессе выполнения выпускной квалификационной работы была разработана схема гибкого производственного участка для изготовления детали «Крышка привода главного движения трактора». Для автоматизации участка определены составы станочного и вспомогательного оборудования, а также разработана структура АТСС и АСУО.

						ЮУрГУ – 15.03.05.2017.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			103

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Батуев, В.В. Автоматизация производственных процессов в машиностроении учебное пособие по выполнению курсового проекта / В.В. Батуев. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2015. – 39 с.
2. Батуев, В.В. Оформление технологической документации: учебное пособие / В.В. Батуев. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2015. – 50 с.
3. Режимы резания для токарных и сверлильно-фрезерно-расточных станков с числовым программным управлением: Справочник / В.И. Гузеев, В.А. Батуев, И.В. Сурков; под ред. В.И. Гузеева. – М.: Машиностроение, 2005. – 368 с.: ил.
4. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т/ Под редакцией А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М: Машиностроение, 1986. – Т1–656с.
5. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. / Под редакцией А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М: Машиностроение, 1986. – Т2–496с.
6. СТО ЮУрГУ 04–2008 Стандарт организации. Курсовое и дипломное проектирование. Общие требования к содержанию и оформлению / составители: Т.И. Парубочая, Н.В. Сырейщикова, В.И. Гузеев, Л.В. Винокурова. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2008. – 56 с.
7. Шамин, В.Ю. Теория и практика решения конструкторских и технологических размерных цепей: электронное учебное пособие/ В.Ю. Шамин – 5-е изд., перер. и доп. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2012. – 530 с.
8. Безопасность жизнедеятельности в дипломных проектах: учебное пособие/ В.Н. Бекасова, С.И. Боровик, Н.В. Глотова и др.; под ред. И.С. Окраинской. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. – 166 с.
9. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. – М.: Изд-во стандартов, 2000. – 24 с.

10. ГОСТ 12.3.025-80 ССБТ. Обработка металлов резанием. Требования безопасности. – М.: Стандартинформ, 2008. – 15 с.

11. Каширин, Н.А. Оформление технологических карт в курсовых и дипломных проектах: Учебное пособие. Компьютерная версия/ Н.А. Каширин, В.А. Батуев, И.М. Морозов– 2-е изд. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2006 – 77 с.

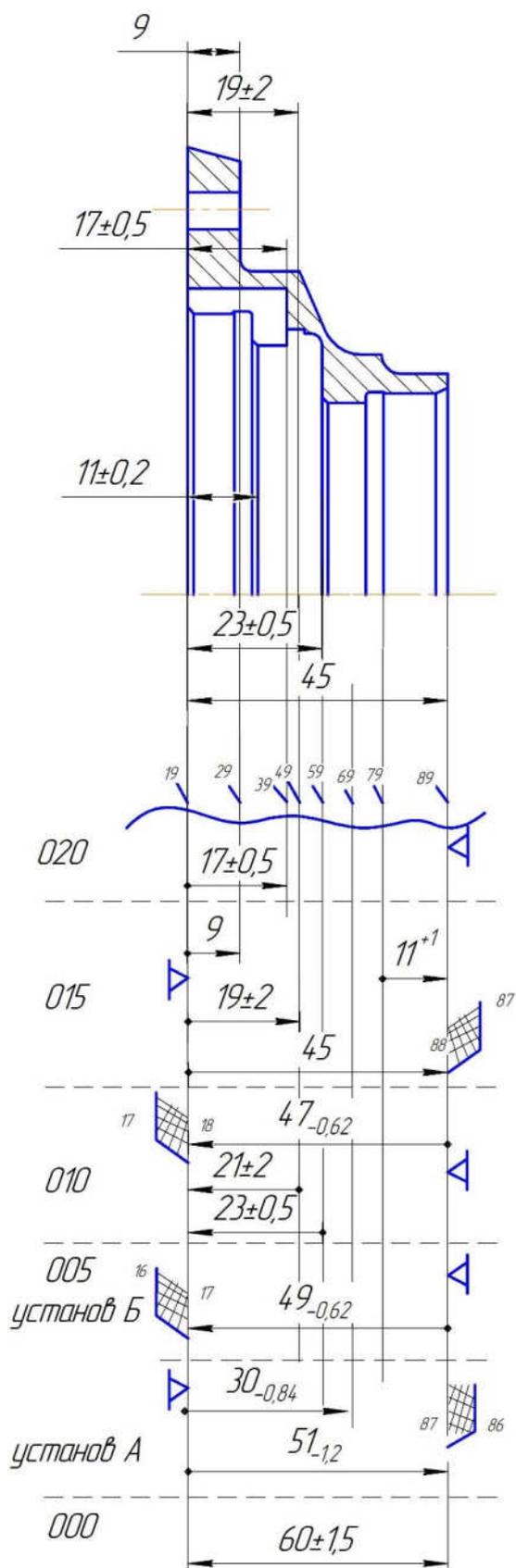
12. Каширин, Н.А. Технологическая документация при выполнении дипломных и курсовых проектов: Учебное пособие. Компьютерная версия. / Н.А. Каширин, И.М. Морозов, В.А. Батуев. – 2-е изд., перер. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2005. – 74 с.

13. ГОСТ 12.1.004-91 – Пожарная безопасность. Общие требования. – М.: Стандартинформ, 1991. – 12 с.

14. ГОСТ 12.1.009-2009. ССБТ. Электробезопасность. Термины и определения. – М.: Стандартинформ, 2009. – 18 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А – размерный анализ действующего технологического процесса



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

