

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»
Институт машиностроения
Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»
Направление 151001.65 «Конструкторско-технологическое обеспечение ав-
томатизированных машиностроительных производств»
Специальность «Технология машиностроения»

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ)

на тему:

Разработка специального токарного автомата

Студент(ка)	Красильников Д.С. <small>(И.О. Фамилия)</small>	_____	<small>(личная подпись)</small>
Руководитель	Резников Л.А. <small>(И.О. Фамилия)</small>	_____	<small>(личная подпись)</small>
Консультанты	Горина Л.Н. <small>(И.О. Фамилия)</small>	_____	<small>(личная подпись)</small>
	Зубкова Н.В. <small>(И.О. Фамилия)</small>	_____	<small>(личная подпись)</small>
	Виткалов В.Г. <small>(И.О. Фамилия)</small>	_____	<small>(личная подпись)</small>

Допустить к защите

И.о. заведующего кафедрой

к.т.н, доцент

_____ А.В. Бобровский
(личная подпись)
« _____ » _____ 2016 г.

Тольятти 2016

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»
Институт машиностроения
Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»

УТВЕРЖДАЮ

И.о. зав. кафедрой _____ А.В.Бобровский

«___» _____ 2016 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

(уровень специалиста)

направление подготовки 151001.65 «Конструкторско-технологическое обеспечение автоматизированных машиностроительных производств

Специальность «Технология машиностроения»

Студент Красильников Данил Сергеевич, гр. ТМз-1001

1. Тема Разработка специального токарного автомата

2. Срок сдачи студентом законченной выпускной квалификационной работы « »
2016 г.

3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе Материалы преддипломной практики, чертежи деталей и сборочных единиц, схемы базовых станков.

4. Содержание выпускной квалификационной работы (объем 90-120 с.)

Титульный лист. Задание. Реферат (аннотация). Содержание.

Введение, цель проекта

- 1) Обзор и анализ литературных источников
- 2) Общая часть
- 3) Конструкторская часть
- 4) Технологическая часть
- 5) Экономическая эффективность проекта
- 6) Безопасность и экологичность технического объекта

Заключение. Список литературы. Приложения.

АННОТАЦИЯ

УДК 621.0.01

Красильников Данил Сергеевич

Разработка специального токарного автомата

Дипломный проект. Тольятти. Тольяттинский государственный университет, 2016.

Проект содержит 10 листов формата А1, листов записки.

Проект посвящен разработке токарного автомата с одновременной модернизацией станка 1И611П.

За счет применения новых автоматических устройств и приводов станка повышается производительность обработки деталей до 400 – 600 дет./час. Модернизирована задняя бабка с целью автоматизации перемещения пиноли. Разработан цанговый зажим, который служит для автоматического зажима детали и удаления ее после обработки, посредством выталкивающей пружины. Разработаны автоматические бункерно-загрузочное устройство и автооператор, которые обеспечивают нужную ориентацию заготовки в пространстве и передачу её в зону обработки. Спроектирован автоматизированный привод поперечной подачи, работа которого осуществляется посредством гидравлики.

Выполнены все необходимые расчеты, предусмотренные заданием на проектирование.

В графической части проекта представлены:

- общий вид станка;
- механизированная задняя бабка с автоматическим перемещением пиноли;
- зажим цанговый;
- кинематическая схема;
- гидропневматическая схема;
- электрическая схема;
- рабочий чертеж детали 408-6104036-10;

- технико-экономические показатели;
- циклограмма работы станка;
- автооператор;
- привод поперечной подачи;
- бункерно-загрузочное устройство.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ПРОЕКТА	3
1 ОБЗОР И АНАЛИЗ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ	4
1.1 ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ ТОКАРНЫХ АВТОМАТОВ	4
1.2 ПАТЕНТНЫЙ ПОИСК	11
1.3 ВЫВОДЫ ПО ОБЗОРУ	18
2 ОБЩАЯ ЧАСТЬ	19
2.1 НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ	19
2.2 УСТРОЙСТВО СТАНКА	21
2.3 РАБОТА СТАНКА	22
3 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ	25
3.1 РАСЧЕТ МОЩНОСТИ РЕЗАНИЯ ПРИ ТОЧЕНИИ	25
3.2 ВЫБОР ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ГЛАВНОГО ДВИЖЕНИЯ	26
3.3 ПРОЧНОСТНОЙ РАСЧЕТ КОРОБКИ СКОРОСТЕЙ	28
3.3.1 Расчет валов коробки скоростей	28
3.3.2 Расчет цилиндрических передач коробки скоростей	40
3.3.3 Расчет шпоночного соединения	46
3.4 РАСЧЕТ ЦАНГОВОГО ЗАЖИМА	47
3.5 РАСЧЕТ БУНКЕРНОГО ЗАГРУЗОЧНОГО УСТРОЙСТВА	53
3.6 РАСЧЕТ АВТООПЕРАТОРА	62
3.7 РАСЧЕТ ЗАДНЕЙ БАБКИ	66
3.8 РАСЧЕТ ПРИВОДА ПОПЕРЕЧНОЙ ПОДАЧИ	70

4 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	72
4.1 РАСЧЕТ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ	72
5 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОЕКТА	76
6 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА	90
7. СОДЕРЖАНИЕ ГРАФИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА	101
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	107
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	109
ПРИЛОЖЕНИЯ	115

ВВЕДЕНИЕ, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ПРОЕКТА

При автоматизации станка производительность труда рабочего возрастает вследствие увеличения производительности станка. Рабочий освобождается от непосредственного участия в процессе обработки детали и появляется возможность многостаночного обслуживания технологического процесса.

Автоматизация облегчает физический труд рабочего, освобождает его от однообразных, повторяющихся движений, от монотонных нервных и физических напряжений. Вместе с тем автоматизация повышает технический уровень обслуживания станка при его подготовке к производству – наладке и во время его эксплуатации. Таким образом, автоматизация облегчает физический труд рабочего за счет увеличения доли умственного труда и создает предпосылки для постепенного сглаживания различий между физическим и умственным трудом.

Благодаря повышению производительности станков при автоматизации уменьшается необходимое количество единиц оборудования с единицы площади цеха снимается больше продукции. Автоматизация вносит ритмичность в процесс обработки и способствует стабильности качества заготовок и деталей на всех этапах их обработки.

Целью проекта является обеспечение серийного выпуска деталей. Для достижения указанной цели требуется спроектировать специальный токарный автомат.

1 ОБЗОР И АНАЛИЗ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1.1 ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ ТОКАРНЫХ АВТОМАТОВ

Значительную долю в парке металлорежущего оборудования составляет большая группа токарных станков. Она включает девять типов станков, различающихся по назначению, области применения, технологическим возможностям, конструктивной компоновке, степени автоматизации и некоторым другим признакам. Внутри каждого типа станки различаются по своим характерным размерам и конструкции.

В машиностроении токарные автоматы получили наибольшее распространение. Автоматом называется станок, в котором автоматизированы все основные и вспомогательные движения, необходимые для выполнения технологического цикла обработки заготовки, а также загрузка заготовки и выгрузка обработанной детали. Обслуживание автомата сводится к периодической подаче материала-заготовки или прутка и контролю обработанных деталей.

Полуавтоматом называется станок, в котором автоматизированы все основные и вспомогательные движения, составляющие цикл обработки одной заготовки. По окончании цикла полуавтомат останавливается; для повторения цикла необходимо снять готовую деталь, поставить и закрепить новую заготовку и пустить станок.

Токарные автоматы предназначены для изготовления деталей сложной конфигурации путем обработки заготовки несколькими (многими) инструментами.

Автоматизация цикла работы современных станков осуществляется на основе использования средств механики, гидравлики, электротехники и элект-

троники, пневматики или на комбинированной базе.

Станки с механической базой автоматизации производительны и надежны в эксплуатации. Однако на переналадку таких автоматов затрачивается много времени. Поэтому автоматы с механической базой автоматизации используют, как правило, в условиях массового производства.

Особое место занимают станки с числовым (цифровым) программным управлением циклом. Такие станки могут быть эффективно использованы для изготовления деталей мелких и средних серий.

Токарные автоматы подразделяют по различным признакам:

- а) назначению – на универсальные и специализированные;
- б) виду заготовки – на прутковые и патронные;
- в) количеству шпинделей – на одно- и многошпиндельные;
- г) расположению шпинделей – на горизонтальные и вертикальные.

Более подробно проведем обзор токарных одношпиндельных автоматов.

Наиболее распространенными типами одношпиндельных токарных автоматов являются: фасонно-отрезные автоматы, автоматы фасонно-продольного точения, часто называемые также автоматами продольного точения и токарно-револьверные автоматы.

Фасонно-отрезные автоматы предназначены для изготовления из прутка (или бунта) коротких деталей малого диаметра и простой формы в условиях крупносерийного и массового производства. Схема работы такого автомата показана на Рисунке 1.1.

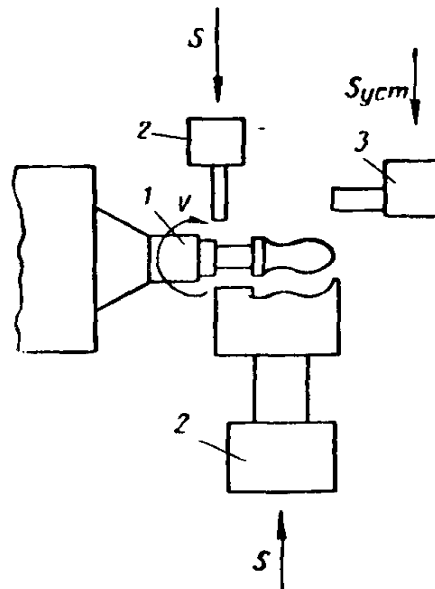


Рисунок 1.1 - Схема работы фасонно-отрезного автомата

Материал закрепляется во вращающемся шпинделе 1 с помощью цангового патрона. Станок имеет два-четыре суппорта 2, перемещающихся только в поперечном направлении и несущих фасонные и отрезные резцы. Для получения детали заданной длины станок снабжен подвижным упором 3, автоматически устанавливающимся по оси шпинделя после окончания цикла. Материал подается с помощью механизма подачи до соприкосновения с упором.

Станок относится к автоматам первой группы.

Главным движением (v) в этих станках является вращение шпинделя, движения подачи (s) – перемещения поперечных суппортов.

Некоторые модели фасонно-отрезных автоматов имеют продольный суппорт, перемещающийся вдоль оси шпинделя, позволяющий производить сверление отверстий. Некоторые характерные детали обрабатываемые на фасонно-отрезных автоматах, показаны на Рисунке 1.2.

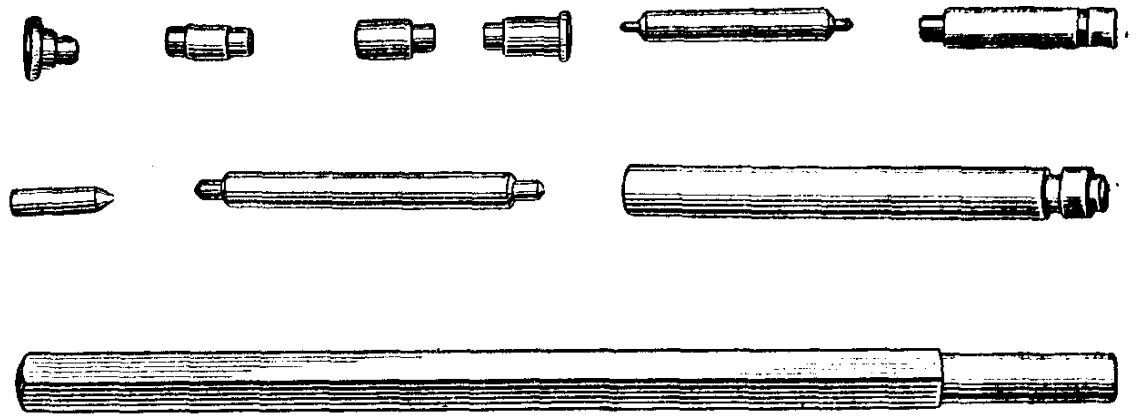


Рисунок 1.2 - Типовые детали, изготавливаемые на фасонно-отрезных автоматах

Автоматы продольного точения предназначены для изготовления длинных деталей малого диаметра из прутка или бунта в условиях массового производства. Эти автоматы используются главным образом на предприятиях точной индустрии, например, в часовой промышленности, приборостроении, радиотехнической промышленности и т. п.

Высокие требования к точности и чистоте поверхности обрабатываемых деталей, предъявляемые точной индустрией, обусловили ряд конструктивных особенностей автоматов продольного точения.

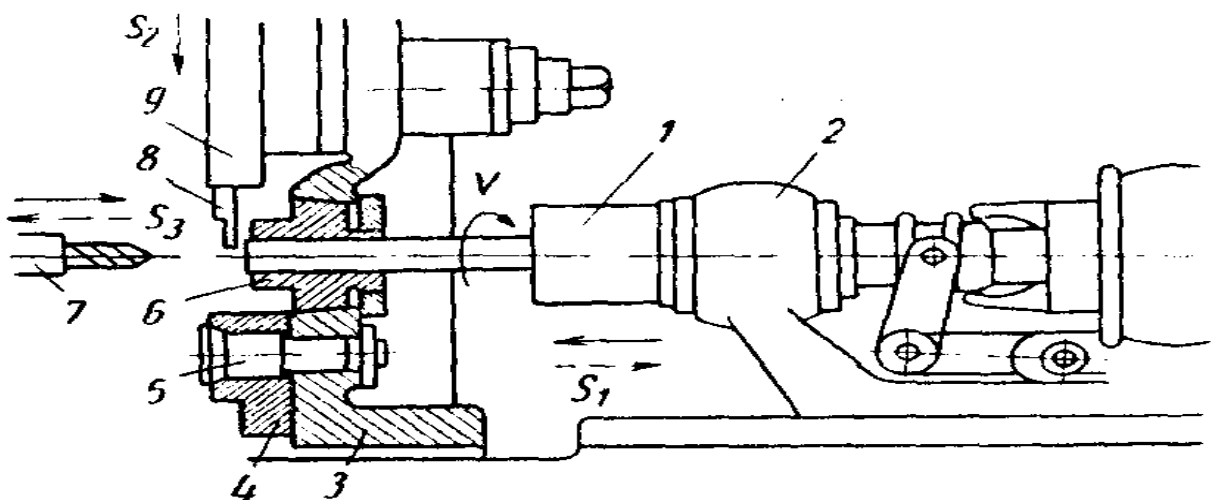


Рисунок 1.3 - Схема работы автомата фасонно-продольного точения

На Рисунке 1.3 дана схема работы автомата. Заготовка закрепляется во вращающемся шпинделе 1 при помощи цангового патрона. Шпиндельная

бабка 2 перемещается по направляющим станины, сообщая тем самым заготовке движение подачи (s_1) относительно неподвижного резца 8, закрепленного в суппорте 9. Суппорт сообщает резцу установочные перемещения при переходе на обработку ступени другого диаметра и движение поперечной подачи (s_2) при отрезке и фасонном обтачивании. Станок имеет два-три вертикальных суппорта и суппорт балансирного типа 4, несущий два резца и совершающий качательное движение вокруг оси 5. Расположение суппортов показано на рис. 4.

Обработка центрального отверстия – сверление, зенкерование, нарезание резьбы метчиками и плашками и т. д. – производится с помощью специальных приспособлений 7, устанавливаемых на левой стороне станины.

Шпиндели приспособлений часто имеют независимое поступательное (s_3) и вращательное движения. Для уменьшения прогиба и вибрации прутка под действием сил резания передний конец его пропускается через калиброванное отверстие люнета б, закрепленного на суппортной стойке 3, установленной на станине. Такая компоновка обеспечивает высокопроизводительную обработку деталей значительной длины без опасения возникновения значительного прогиба и вибраций. При этом достигается высокая точность и чистота обработанных поверхностей.

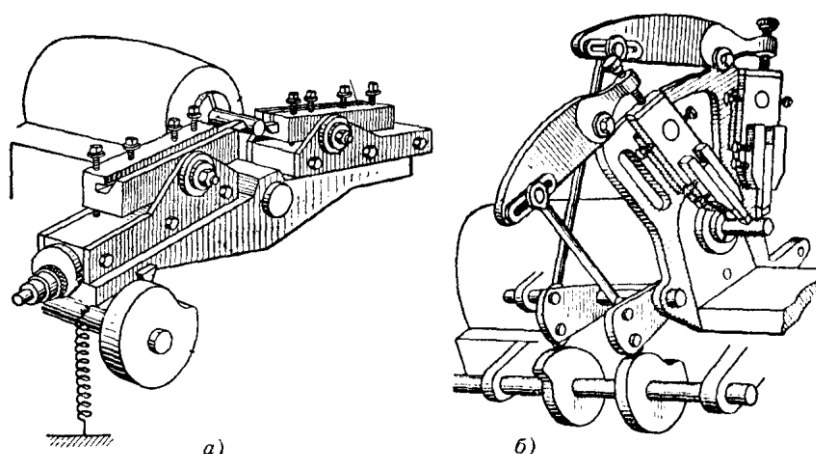


Рисунок 1.4 - Расположение суппортов в автоматах фасонно-продольного точения: а – суппорт балансирного типа; б – вертикальные суппорты.

Следует отметить, что к прутковым заготовкам, обрабатываемым на этих автоматах, предъявляются повышенные требования по точности.

Главным движением (v) в этих автоматах является вращение шпинделя. При цилиндрическом обтачивании движением продольной подачи s_1 является перемещение шпиндельной бабки, при отрезке – поперечная подача s_2 , осуществляемая перемещением вертикальных суппортов или поворотом суппорта балансирующего типа. При фасонной обработке подача получается как геометрическая сумма продольной и поперечной подачи (s_1 и s_2).

При сверлении, зенкерования, развертывании продольная подача представляет собой алгебраическую сумму продольных подач шпинделя станка s_1 , и шпинделя приспособления s_3 .

Автоматы продольного точения имеют один распределительный вал, управляющий рабочими и холостыми движениями (автоматы первой группы).

Характерные детали, обрабатываемые на таких автоматах, показаны на Рисунке 1.5

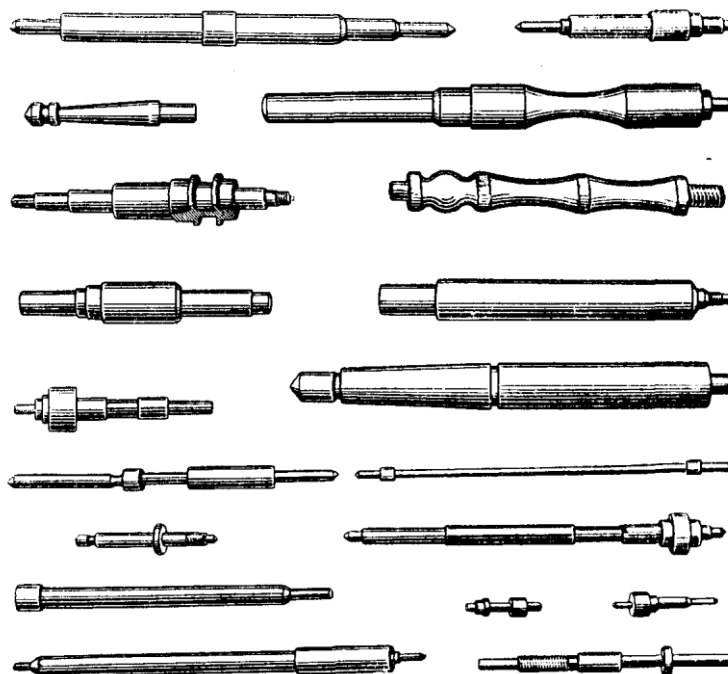


Рисунок 1.5 - Примеры типовых деталей, изготавливаемых на автоматах фасонно-продольного точения

Основным размером автоматов продольного точения является наибольший диаметр обрабатываемого прутка.

В табл. 1.1 приведены основные технические параметры современных автоматов продольного точения.

Таблица 1.1 – Основные технические характеристики автоматов продольного точения

Характеристика	Модели станков						
	1104	116А	1А10П	1110А	1П12	1П25	1П25Р*
Наибольший диаметр обрабатываемого прутка в мм	4	6	7	10	12	25	25
Скорости главного движения в об/мин	1474– 9980	2235– 10000	1030– 6250	1790– 7000	800– 6300	315– 4000	315– 4000
Мощность приводного электродвигателя в кет	1,7	1,5	1,7	1,7	2,8	4,5	4.5
Вес в кн.	8	6,2	5,5	6,5	8	16	16
* Станок имеет револьверную головку.							

1.2 Патентный поиск

Патентный поиск отечественной и иностранной литературы проводится по теме: Создание задней бабки с автоматическим перемещением пиноли для токарного автомата с применением пневматики.

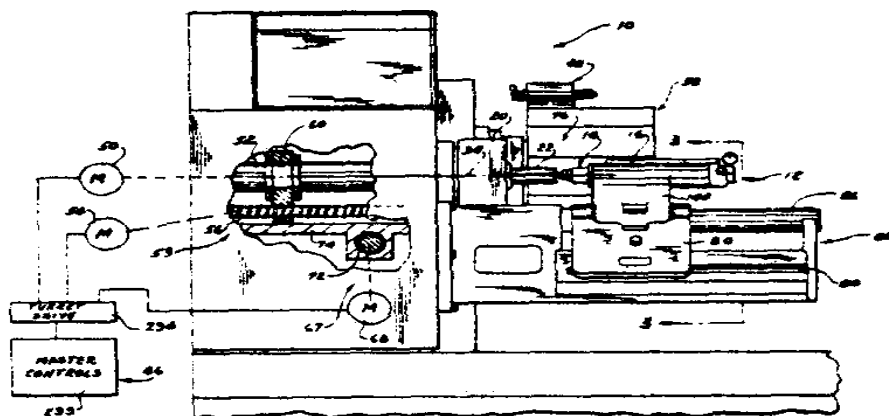


Рисунок 1.6 – Эскиз токарного автомата

МКИ В23b 23/00. 7/04 США ПАТЕНТ № 3796Ш6

НКИ 82-2R. Публикация 1974 г., 12 марта. Том 920, № 2

УДК 621.911-229 (088.8)

ЗАДНЯЯ БАБКА СТАНКА

Усовершенствованный металлорежущий станок содержит заднюю бабку, в которой выдвижение центра в рабочее положение и отведение его назад осуществляется при помощи силового цилиндра. Когда центр находится в рабочем выдвинутом положении, его ось совпадает с осью вращения заготовки. В отведенном положении центр смещен относительно заготовки. Когда центр находится в рабочем положении, включается двигатель задней бабки, осуществляющий поджим центра задней бабки к наружному торцу заготовки, обеспечивая ее закрепление. В станке предусмотрена система управления, координирующая перемещение центра задней бабки и револьверной головки. Такая система позволяет избегать столкновения задней бабки с инструментом, установленным в револьверной головке.

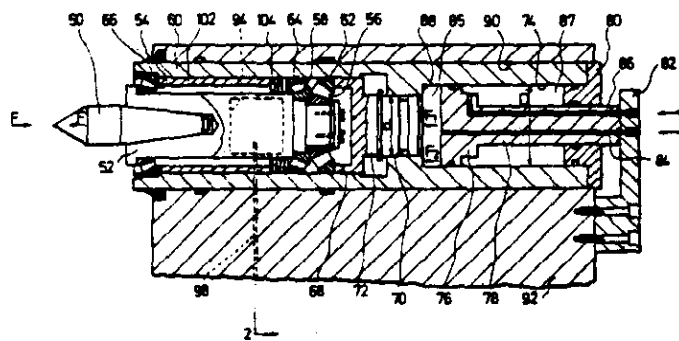


Рисунок 1.7 – Эскиз задней бабки токарного автомата
 (51)МКИ В 23 В 23/00, 19/02
 (11) ЗАЯВКА № 59-29364
 (83)УДК 621.9.06
 Публик.№ 840720 М 2-735 (22) (21)
 Заявлено 75. 01. 23, 57-161609 (62) 50-9376 (71)
 Заявитель Индексверке КГ Гаи унд Тескки (33)(32)(31)
 Приоритет ФРГ, 74. 03. 06. Р 2410540.6
 (54) ЗАДНЯЯ БАБКА ТОКАРНОГО СТАНКА

ФРГ

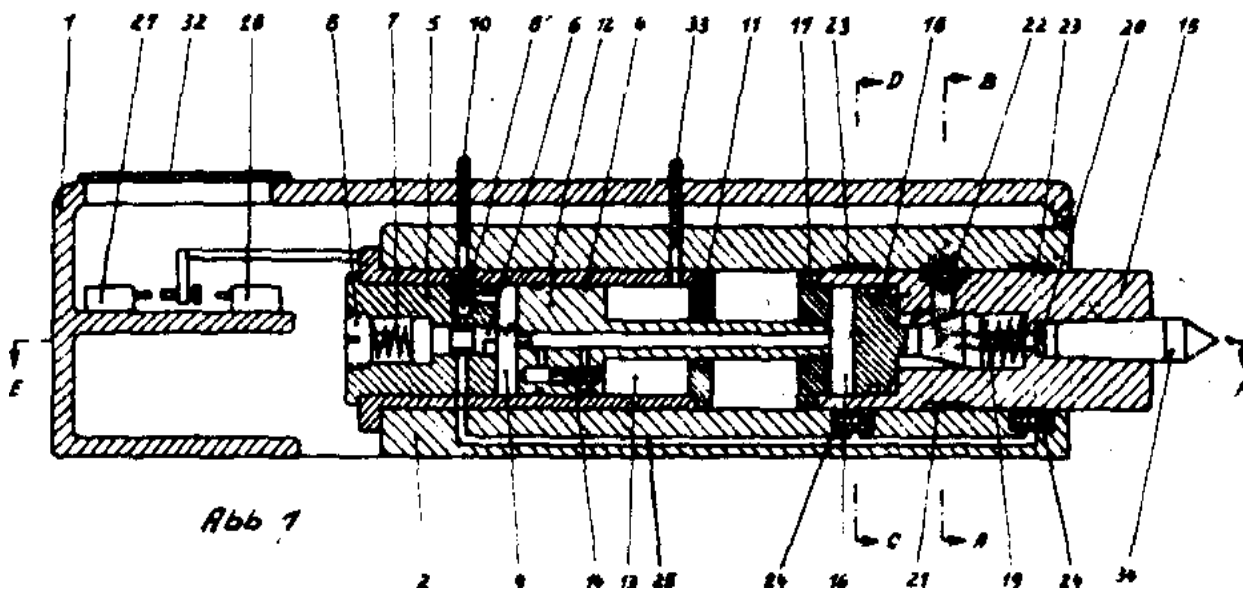


Рисунок 1.8 – Эскиз задней бабки токарного автомата

ЗАДНЯЯ БАБКА ДЛЯ МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕГО СТАНКА

1. Задняя бабка для металлорежущего станка с гидравлически или пневматически перемещающейся пинолью отличается тем, что несущая часть (2), разъемно соединенная с корпусом задней бабки (I), имеет отверстие, в котором расположен неподвижный цилиндр (4) с подвижным поршнем (12). Шток поршня жестко соединен с пинолью (15) таким образом, что пиноль (15) окружена гидравлически действующими зажимными элементами (23, 24), полости нагнетания которых соединены с рабочей полостью (9) цилиндра (4), расположенной с задней стороны поршня (12). В пиноли (15) или на элементе, неподвижно соединенном с ней, расположен клиновой стопорный механизм (18, 22), действующий в зависимости от гидравлического давления против пружины (19).

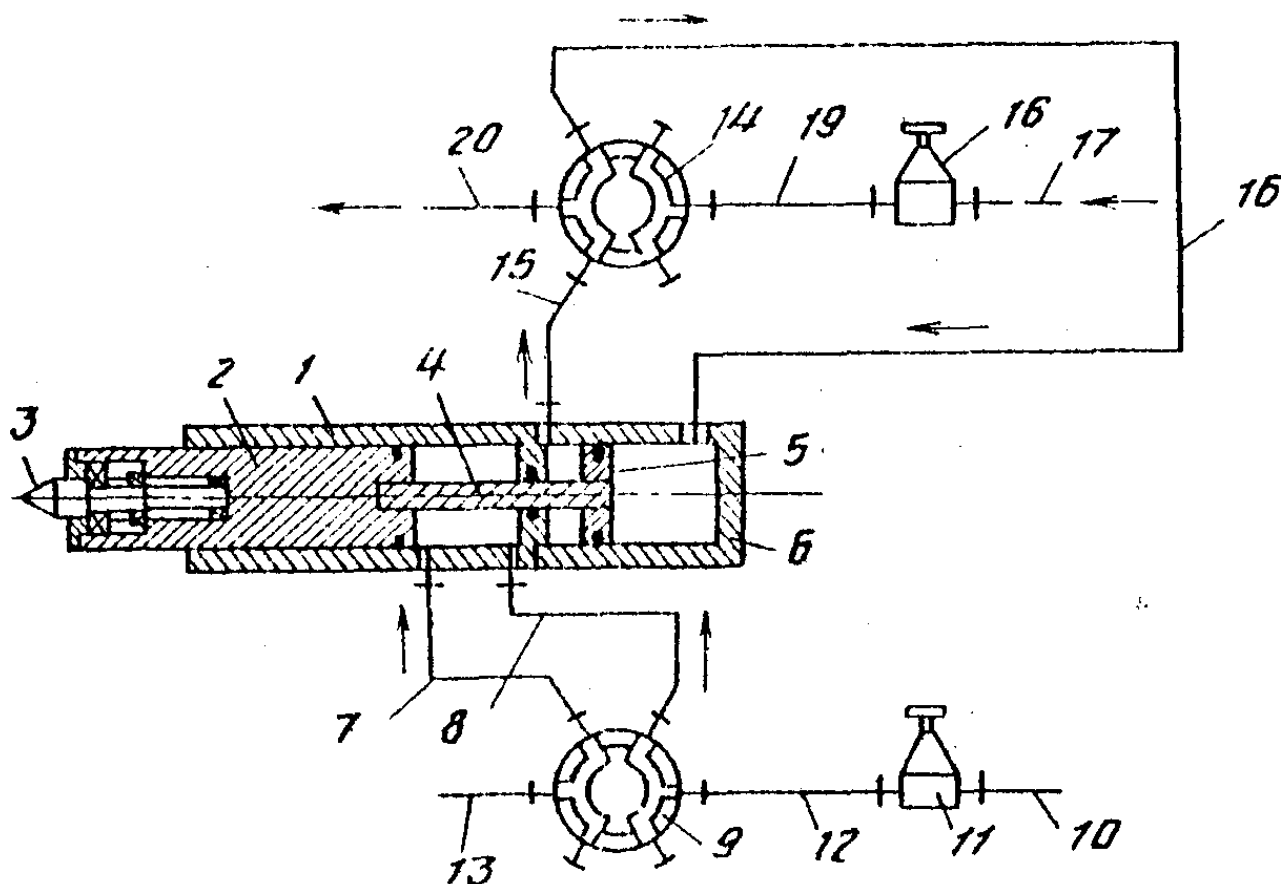


Рисунок 1.9 - задняя бабка для металлорежущего станка

ЗАДНЯЯ БАБКА

Изобретение относится к станкостроению, в частности устройствам поджима с гидравлическим или пневматическим приводом перемещения пиноли задней бабки. Задняя бабка, содержащая корпус, пиноль, гидро-или пневмопривод для перемещения пиноли в полости корпуса с возможностью перемещения ее на величину износа центрального отверстия детали, имеет гидро- или пневмопривод, образованный пинолью в виде поршня с внутреннего конца, соединенный штоком с поршнем соосно расположенный гидро- или пневмоцилиндр, полости которого соединены для подвода и отводи рабочего тела с распределителями с подводом рабочего тела через редукционные клапаны в полость пиноли и полости цилиндра отдельно с тремя положениями распределителей: подачи тела в полость пиноли, для перемещения пиноли к детали с отводом рабочего тела в конце подвода, для остановки пиноли, подвода тела в бесштоковую полость цилиндра для поджима пиноли к детали, подвода рабочего тела в штоковую полость цилиндра для перемещения пи-

ноли от детали в исходное положение.

Изобретение относится к станкостроению, в частности к задним бабкам с гидравлическим или пневматическим приводом перемещения пиноли задней бабки, и может быть использовано в станках и других устройствах, например в устройствах для контроля состояния подшипников качения, когда требуется обеспечить частую смену обрабатываемых деталей.

Целью изобретения является упрощение конструкции при одновременном уменьшении габаритов.

На рис.1 изображена задняя бабка при подводе пиноли к детали в момент остановки пиноли перед деталью; на рис.2 – задняя бабка при поджиге детали; на рис. 3 – задняя бабка при отводе пиноли от детали (в начале движения).

Задняя бабка содержит корпус 1, в полости которого находится пиноль 2 с центром 3, соединенная штоком 4 с поршнем 5 соосно расположенного с полостью пиноли гидро или пневмоцилиндра 6. Полость пиноли соединена каналами 7 и 8 с распределителем 9 с подводом рабочей тела (гидрожидкости или воздуха) под давлением (от насоса) через канал 10, редукционный клапан 11 и канал 12 и отводом рабочего тела из полости пиноли через каналы 7 и 8, полости распределителя 9 и канал 13 в бак или атмосферу. Полости цилиндра 6 соединены с распределителем 14: штоковая – каналом 15, бесштоковая – каналом 16 с подводом рабочего тела под давлением через канал 17, редукционный клапан 18 и канал 19 и отводом рабочего тела из полости цилиндра через каналы 15 и 16, полости распределителя 14, канал 20 в бак или атмосферу.

Гидро- или пневмопривод пиноли 2 задней бабки работает следующим образом. В исходном положении пиноль 2 вдвинута в полость корпуса 1. В этом положении производится снятие обработанной детали и установка другой детали в центры. Для подвода пиноли 2 к обрабатываемой детали распределители 9 и 14 устанавливаются в положение: «подвода пиноли к детали» (рис.1). При этом рабочее тело под давлением через канал 10,

редукционный клапан 11, канал 12, через полости распределителя 9, канал 8 поступает в полость пиноли и создает усилие на пиноль 2, необходимое для движения пиноли 2 в полости корпуса.

Пиноль 2 перемещается к обрабатываемой детали. Величина усилия регулируется регулировкой давления рабочего тела редукционным клапаном 11. При достижении центром 3 центрального отверстия обрабатываемой детали, пиноль 2 открывает канал 7. При этом рабочее тело из полости пиноли через канал 7 полости распределителя 9, канал 13 поступает в бак или атмосферу. Вслед за перемещением пиноли 2 перемещается связанный с ней штоком 4 поршень 5 цилиндра 6. При этом рабочее тело из штоковой полости цилиндра 6 перемещается по каналу 15 в распределитель 14, канал 16 в бесштоковую полость цилиндра 6.

Для поджима пиноли 2 с центром 3 к обрабатываемой детали с усилием, необходимым при обработке детали, распределители 9 и 14 устанавливаются в положение поджима пиноли к детали (рис.2). При этом рабочее тело под давлением поступает через канал 10, редукционный клапан 11, канал 12, полости распределителя 9, каналы 7 и 8 в полость пиноли 2 и создает отрегулированное редукционным клапаном 11 усилие на пиноль 2, необходимое для передвижения пиноли 2 в полости корпуса 1, а через канал 17, редукционный клапан 18, канал 19, полости распределителя 14, канал 16 в бесштоковую полость цилиндра 6 и создает отрегулированное редукционным клапаном 18 усилие через поршень 5, шток 4, пиноль 2 центр 3 на деталь, необходимое для ее обработки.

При перемещении поршня 5 рабочее тело из штоковой полости цилиндра 6 через канал 15, полости распределителя 14 и канал 20 поступает в бак или атмосферу, Для отвода пиноли 2 от детали после ее обработки в исходное положение распределители 9 и 14 устанавливают в положение: отвода пиноли от детали (рис.3). При этом рабочее тело под давлением поступает через канал 17, редукционный клапан 18, магистраль 19, полости распределителя 14, канал 15 в штоковую полость цилиндра 6 и создает отрегулиро-

ванное редуционным клапаном 18 усилие на поршень 5, перемещающее пиноль 2 от детали в исходное положение. Рабочее тело из бесштоковой полости цилиндра 6 через канал 16, полости распределителя 14. канал 20, а из полости пиноли через каналы 7 и 8, полости распределителя 9, канал 13 поступает в бак или атмосферу. Формула изобретения Задняя бабка, содержащая установленную в корпусе с возможностью осевого перемещения пиноль с центром и гидро- или пневмопривод. выполненный в виде соосно расположенного с пинолью цилиндра с поршнем. штоком и каналами подвода, отвода рабочего тела. а также систему управления. отличающаяся тем, что, с целью упрощения конструкции при одновременном уменьшении габаритов, пиноль бабки выполнена в виде поршня, жестко связанного со штоком привода, а система управления снабжена редуционными клапанами и распределителями, предназначенными для подачи рабочего тела в трех положениях: при подводе пиноли к детали – в полость пиноли (с отводом рабочего тела а конце цикла), при поджиге детали – в бесштоковую полость цилиндра, и при отводе пиноли от детали – в штоковую полость цилиндра.

1.3 Выводы по обзору

Патентный поиск проведен по странам: Япония, США, ФРГ, ГДР, Великобритания и Франция.

В результате поиска было найдено множество хороших, грамотных и высокоуровневых технических решений, которые могут быть использованы в работе.

Наиболее удачным вариантом, для решения поставленной задачи по разработке специального автомата продольного течения видится изобретение В.И. Сергина а.с.№1838050 АЗ.

Изобретение относится к устройствам поджима с гидравлическим или пневматическим приводом перемещения пиноли задней бабки. Задняя бабка, содержащая корпус, пиноль, гидро- или пневмопривод для перемещения пиноли в полости корпуса, имеет гидро- или пневмопривод, образованный пинолью в виде поршня с внутреннего конца, соединенный штоком с поршнем соосно расположенный гидро- или пневмоцилиндр, полости которого соединены для подвода и отвода рабочего тела с распределителями с подводом рабочего тела через редукционные клапаны в полость пиноли и полости цилиндра отдельно с тремя положениями распределителей: подача тела в полость пиноли, подвода тела в бесштоковую полость цилиндра для поджима пиноли к детали, подвода рабочего тела в штоковую полость цилиндра для перемещения пиноли от детали в исходное положение.

Особенность данного узла заключается в том, что с целью упрощения конструкции при одновременном уменьшении габаритов, пиноли задней бабки выполнена в виде поршня, жестко связанного со штоком привода, а система управления снабжена редукционными клапанами и распределителями, предназначенными для подачи рабочего тела в трех положениях, описанных выше.

2 ОБЩАЯ ЧАСТЬ

2.1 Назначение и область применения станка

Токарный автомат представляет собой модернизированный станок 1И611П (см Рис. 2.1) и предназначен для обработки деталей типа валик стеклоподъемника 408-6104036-10 (см. раб. чертеж детали).



Рисунок 2.1 - Токарно-винторезный станок 1И611П

2.2 Устройство станка

Автомат состоит из станка 1И611П и из следующих модернизированных и вновь созданных узлов (см. таблицу 2.1 и рис.2.2).

Таблица 2.1 – Основные узлы станка

Наименование	Кол.
Бабка задняя	1
Зажим цанговый	1
Привод поперечной подачи	1
Автооператор	1
Бункерное загрузочное Устройство	1
Электрооборудование	1
Гидробак поперечной подачи	1

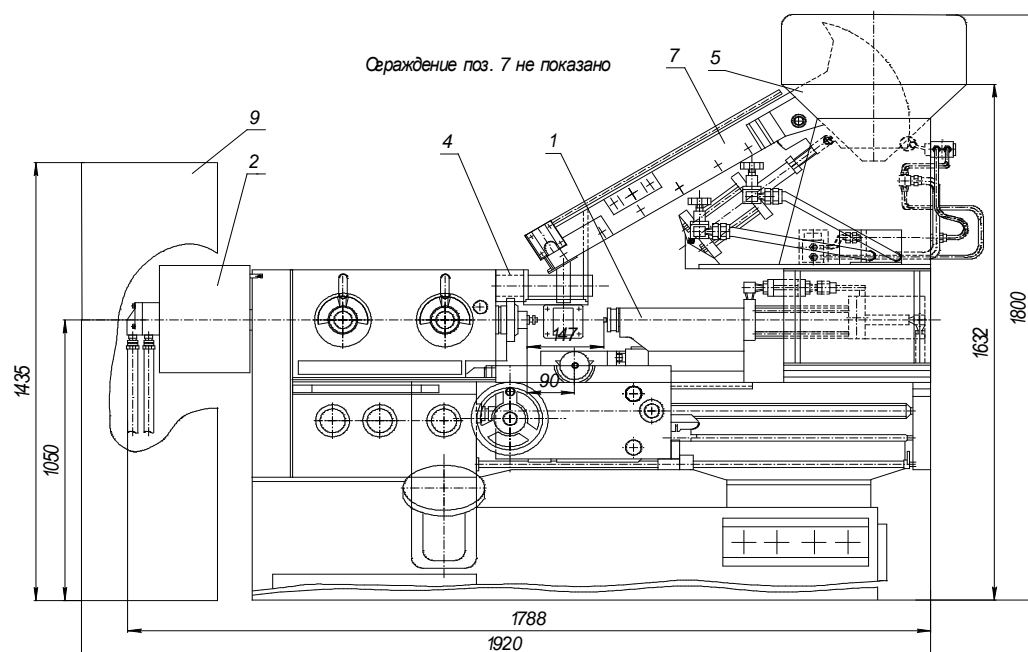


Рисунок 2.2 - Токарный автомат для обработки деталей типа «валик стеклоподъемника».

2.3 Работа станка

Схема пневматическая представлена на листе в графической части проекта. Станок имеет наладочный и автоматический циклы работ. В наладочном режиме производится проверка работы каждого узла автомата. Пульт управления автоматом смонтирован на дверке электрошкафа. После подготовки автомата к работе включить кран управления бункерного загрузочного устройства. Начинает работать пневмоцилиндр Ц2 в автоматическом цикле. Сектор загрузочного устройства подает детали в лоток, где деталь ориентируется в положение обработки. После заполнения лотка деталями нажать на кнопку «автомат» на пульте управления.

Срабатывает пневмоцилиндр Ц4 подающей руки автооператора и подает деталь на ось центров автомата. В конце хода руки срабатывает конечный выключатель SQ1, который дает команду на золотник P6 (У2) телескопического пневмоцилиндра задней бабки Ц6 происходит выдвижение пиноли задней бабки на 85 мм, которая своим упором выталкивает деталь из подающей руки в цанговый зажим шпинделя станка. В конце хода пиноли срабатывает конечный выключатель SQ2, подающий команду на золотник P4 (У1) – пневмоцилиндр Ц4 переключается на обратный ход, подающая рука автооператора возвращается в исходное положение. После 35 мм хода назад подающей руки срабатывает конечный выключатель SQ3, дающий команду на золотник P7 (У3) телескопического цилиндра задней бабки Ц7 – происходит окончательная подача детали в цангу до упора.

В конце хода пиноли задней бабки срабатывает конечный выключатель SQ4, дающий команду на золотник P1 (У4); срабатывает пневмоцилиндр Ц1 цангового зажима детали. При достижении усилия зажима $P_3 = 180$ кг (расчетное) реле давления дает команду на золотники P6 (У2) и происходит переключение телескопических цилиндров Ц6 и Ц7, пиноль задней бабки возвращается в исходное положение. Одновременно реле давления дает команду на электромагнитную муфту, включающую вращение шпинделя и на золотник P3(У5), подающий сжатый воздух в гидробак.

Масло из гидробака поступает в гидроцилиндр ЦЗ, перемещая каретку с резцедержателем. Холостой ход каретки и рабочий ход обеспечивается дросселем с регулятором, обратным клапаном и золотником ПГ-55-62 управляемым кулачком, прикрепленным на каретке станка. В конце хода каретки, т.е. после окончания обработки детали срабатывает конечный выключатель SQ5. Происходит быстрый отвод суппорта поперечной подачи, в конце хода которого включается конечный выключатель SQ6.

Далее цикл повторяется – срабатывает пневмоцилиндр Ц4 подающей руки автооператора и подает деталь на ось центров.

Электрооборудование.

На станке установлены два трехфазных асинхронных электродвигателя:

- 1) Электродвигатель вращения шпинделя M1
- 2) Электродвигатель смазки M2.

Электродвигатели и аппаратура рассчитаны на включение в сеть напряжением 380 В и частотой 50 Гц. Напряжение в цепи управления 110 В. Напряжение в цепи сигнализации 5,5В. Подключение электрической части станка к сети осуществляется автоматическим выключателем АСТ-3. Вся электроаппаратура смонтирована в отдельно стоящем шкафу. Станок имеет автоматический и наладочный циклы работ. При нажатии кнопки S1 на пульте управления включается автоматическая работа станка и электродвигатель смазки M2.

Последовательность работы автоматического цикла.

(см. чертеж «схема электрическая принципиальная»).

Подается питание автоматическим выключателем Q. Загорается лампа «Сеть». Далее нажимаем кнопку «Пуск автомат» S4 на пульте управления и катушка реле K11 становится на самоблокировку (цепь 9-16). Подается питание на выпрямительный мост командоаппарата. Начинает вращаться двигатель M4 (цепь 15- 4). Нажимаем кнопку «Пуск двигателя» S2, получает питание электромагнитный пускатель K10 (цепь 9-13).

Бесконтактный выключатель 1SQ включает катушку K1, контакт которой за-

мыкает цепь воздухораспределителя механизма подачи детали (цепь 15- 4). Затем бесконтактный выключатель 2SQ включает реле катушки К2, контакт которой замыкает цепь 15- 29 – 4. Происходит выдвижение 1-го цилиндра задней бабки (золотник У2) и одновременно с этим срабатывает бесконтактный выключатель 3SQ, который включает реле К3. Включается 2-ой цилиндр задней бабки (цепь 15- 29 -31- 4). Происходит выдвижение 2-го цилиндра задней бабки (золотник У3). После чего включается бесконтактный выключатель 4SQ, который включает реле К4 и происходит включение зажима У4 (цепь 15-33- 4). Происходит зажим цанги. 1-ый и 2-ой цилиндр задней бабки возвращаются в исходное положение. Затем включается бесконтактный выключатель 5SQ, который включает катушку реле К5, которая в свою очередь включает электромагнит У5 (цепь 15-27- 4).

Происходит обработка детали. После обработки детали, происходит разжим цанги. Под действием выталкивающей пружины деталь удаляется из зоны обработки через склиз. Командоаппарат становится в исходное положение. Когда суппорт возвращается в исходное положение, SQ3 включает К8 и цепь 15- 24-25- 4 получает питание. Срабатывает механизм подачи детали.

Цикл повторяется.

Имеется кнопка S3 «Исходное положение командоаппарата», которая позволяет установить командоаппарат в исходное положение в случае сбоя автоматического цикла.

Предусмотрен тормоз двигателя М4, который включается, когда командоаппарат становится в исходное положение.

На двигателе М4 имеется колодка с 4-мя выводами обмотки, которые включаются в цепь согласно схеме.

Защита.

1. Защита электрооборудования от коротких замыканий обеспечивается плавкими предохранителями F1...F5 и автоматическим выключателем Q.

2. Защита электродвигателей от перегрузок обеспечивается тепловыми реле FF1, FF2.

3 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

3.1 Расчет мощности резания при точении

Рабочая подача $S=0,16$ мм/об.(см.табл.15 [1]).

Глубина резания $t=3,5$ мм.

Ширина срезаемого слоя резцом ЦТ2112-4010, $a=6,5$ мм.

Ширина срезаемого слоя резцом ЦТ2112-4029, $a=1,5$ мм.

Скорость резания вычисляется по формуле:

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v, \text{ где:} \quad (3.1)$$

S – подача, мм/об. Определяется из табл.15[1].

T – период стойкости инструмента, мин.

K_v -произведение коэффициентов, учитывающих влияние материала заготовки, состояния поверхности, материала инструмента. Определяется из табл. 1-8 [1]. Значение коэффициента C_v , показателей степени y и m приведены в табл. 17[1].

$$v = \frac{485}{60^{0,23} \cdot 0,16^{0,25}} \cdot 0,8 = 299,232 \text{ м/мин} \approx 300 \text{ м/мин.}$$

Частота вращения шпинделя вычисляется по формуле:

$$n_{шп} = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d}, \text{ где:}$$

v – скорость резания, м/мин.

d – обрабатываемый диаметр заготовки, мм.

$$n_{шп} = \frac{1000 \cdot 300 \text{ м/мин}}{3,14 \cdot 21,5 \text{ мм}} \approx 500 \text{ об/мин}$$

3.2 Выбор двигателя

При работе в продолжительном режиме (S2) двигатель выбирают по требуемой мощности, исходя из режимов резания и преодоления сил трения. Мощность двигателя в приводе главного движения может быть определена по зависимости:

$$P_{\text{гл.}} = P_{\text{р.}} + P_{\text{х.х.}} + P_{\text{доп.}} \quad (3.2)$$

где $P_{\text{х.х.}}$ - мощность, затрачиваемая на холостом ходу;

$P_{\text{р.}}$ - мощность, затрачиваемая на процесс резания;

$P_{\text{доп.}}$ - мощность, затрачиваемая на преодоление дополнительных потерь под нагрузкой.

Мощность, потребная на резание, при точении определяется по формуле:

$$F_z = F_{z1} + F_{z2} \quad (\text{Н}), \text{ поэтому:}$$

где :

F_{z1} - тангенциальная сила резания, при точении паза резцом ЦТ2112-4010 (см. тех. процесс).

F_{z2} – тангенциальная сила резания, при снятии фаски резцом ЦТ2112-4029.

V – скорость резания, м/мин;

- значение коэффициента и показателя степени приведены в табл. 17[1].

- длина лезвия первого и второго инструмента, мм.

S – подача, мм/об. Определяется из табл.15[1].

– коэффициент, характеризующий влияние геометрии инструмента на силы резания.

$R_{х.х.}$ и $R_{доп.}$ Не превышают 15...20% от R_p и с удовлетворительной точностью могут быть учтены коэффициентом полезного действия привода главного движения- η , поэтому:

$$P_{гл.} = \frac{P_p \cdot K}{\eta} \quad (кВт) \quad (3.3)$$

где: K - коэффициент кратковременной перегрузки, допускаемой стандартными двигателями;

η – КПД привода главного движения станка.

$\eta_{зп}, \eta_{кр}$ - КПД зубчатой и клиноременной передачи соответственно.

$$\eta = \eta_{зп} \cdot \eta_{кр} = 0,98^5 \cdot 0,93 = 0,84$$

$$P_{гл.} = \frac{3,1}{0,84 \cdot 1,25} = 2,9 \quad кВт$$

По рассчитанной мощности выбирается конкретный асинхронный двигатель по каталогу.

Выбираем асинхронный двигатель 4А100 4У3:

мощность при $n = 1500$ об/мин – 3,0 кВт,

$n_{эд}$ под нагрузкой – 1434 об/мин.

3.3 Прочностной расчет коробки скоростей

3.3.1 Расчет валов коробки скоростей

Валы предназначены для поддержания насаженных на них тел вращения и передачи крутящего момента вдоль вала.

Расчет вала производится с целью обеспечения их прочности, жесткости и отсутствии недопустимых колебаний. В редукторах, вследствие сравнительно небольшой частоты вращения вала (до 1500 об/мин) и небольших расстояний между опорами, расчет на жесткость и колебания обычно не проводят и, таким образом, основным расчетом является прочностной расчет вала.

Нагрузкой на вал являются силы от зубчатых передач, натяжение ремня клиноременной передачи и крутящий момент. Собственной массой вала и деталей, насаженных на вал, обычно пренебрегают. Принято считать, что нагрузки прикладываются не по всей ширине детали, а в одной точке в середине ширины детали. Место приложения нагрузки выбирается в соответствии с кинематической схемой редуктора и всего привода. Направление сил должно выбираться таким образом, чтобы получить наихудшие условия загрузки вала из всех возможных вариантов.

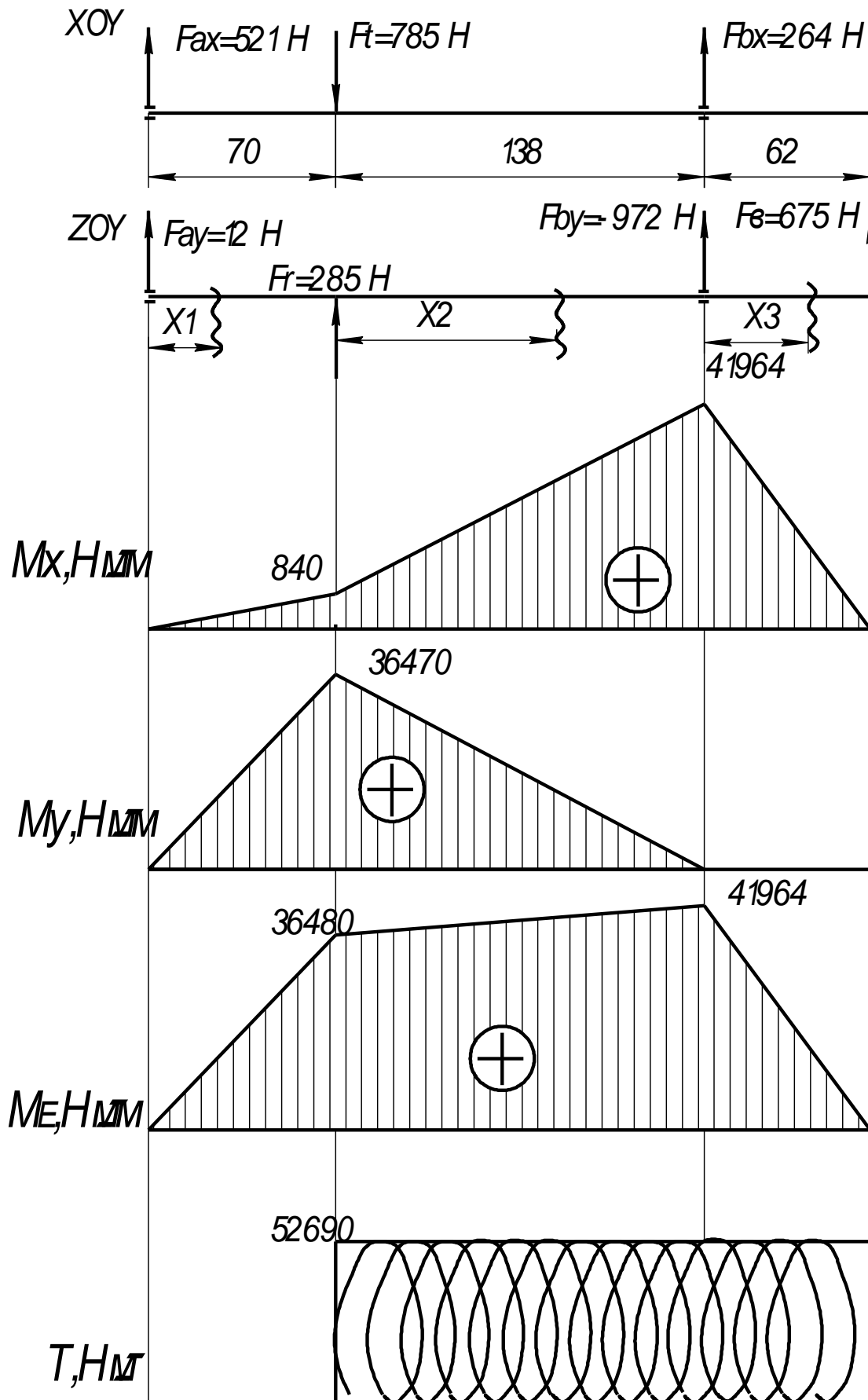
Производится проверочный расчет вала IV (см. чертеж «Кинематическая схема»)

1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРЕДАТОЧНОГО ОТНОШЕНИЯ КАЖДОЙ ПЕРЕДАЧИ

$$U_1 = \frac{z_5}{z_2} = \frac{39}{27} = 1,34 \rightarrow U_1 = 1,5$$

$$U_2 = \frac{z_8}{z_6} = \frac{44}{26} = 1,78 \rightarrow U_2 = 2$$

$$U_3 = \frac{z_{11}}{z_{10}} = \frac{45}{35} = 1,27 \rightarrow U_3 = 1,25$$



Эпюры нагружения вала

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧАСТОТ ВРАЩЕНИЯ НА КАЖДОМ ВАЛУ

$$n_1 = 1430 \text{ мин}^{-1}$$

$$n_2 = \frac{n_1}{U_1} = \frac{1430}{1,5} = 953 \text{ мин}^{-1}$$

$$n_3 = \frac{n_2}{U_2} = \frac{953}{2} = 476 \text{ мин}^{-1}$$

$$n_4 = \frac{n_3}{U_3} = \frac{476}{1,25} = 381 \text{ мин}^{-1}$$

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ НА КАЖДОМ ВАЛУ

$$N_1 = N_{\text{дв}} \cdot \eta_1 = 3 \cdot 0,99 = 2,97 \text{ кВт}$$

$$N_2 = N_{\text{дв}} \cdot \eta_1^2 \cdot \eta_2 = 3 \cdot 0,99^2 \cdot 0,97 = 2,85 \text{ кВт}$$

$$N_3 = N_{\text{дв}} \cdot \eta_1^3 \cdot \eta_2^2 = 3 \cdot 0,99^2 \cdot 0,97^2 = 2,74 \text{ кВт}$$

$$N_4 = N_{\text{дв}} \cdot \eta_1^4 \cdot \eta_2^3 = 3 \cdot 0,99^2 \cdot 0,97^3 = 2,63 \text{ кВт}$$

4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРУТЯЩЕГО МОМЕНТА НА ВАЛУ

$$T_1 = 9550 \frac{N_{\text{дв}}}{n_{\text{дв}}} \cdot \eta_1 = 9550 \frac{3}{1430} \cdot 0,99 = 19,84 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$T_2 = T_1 \cdot U_1 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 = 19,84 \cdot 1,5 \cdot 0,99 \cdot 0,97 = 28,57 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$T_3 = T_2 \cdot U_2 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 = 28,57 \cdot 2 \cdot 0,99 \cdot 0,97 = 54,87 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$T_4 = T_3 \cdot U_3 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 = 54,87 \cdot 1,25 \cdot 0,99 \cdot 0,97 = 52,69 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

5. ОРИЕНТИРОВОЧНЫЙ РАСЧЕТ ВАЛА

Ориентировочный расчет производится с целью уточнения исходных данных и, в частности, для определения приблизительно диаметра и межопорного расстояния вала, так как без этих данных не могут быть проведены по-

следующие расчеты. Этот расчет обычно производится из условия статической прочности на чистое кручение по пониженным допускаемым напряжениям кручения, так как еще не полностью ясен вопрос о величине возникающих в вале изгибных напряжений.

Диаметр вала определяется из условия:

$$d = \sqrt[3]{\frac{T}{0,2 \cdot \sigma_{\tau}}}, \text{ где}$$

T – крутящий момент на рассматриваемом валу;

σ_{τ} – допускаемое напряжение на кручение, принимаемое равным 15 МПа;

$$d = \sqrt[3]{\frac{53 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 15}} = 30 \text{ мм}$$

В зубчатых и червячных передачах в зоне зацепления действует сила, направленная по линии зацепления. Эту силу с целью определения взаимного расположения нагрузок, действующих на вел, обычно представляют двумя (для прямозубой цилиндрической передачи) или тремя (для остальных передач) составляющими. Величина составляющих, место их приложения и направление для соответствующих передач определяется так, как указано ниже. При этом следует помнить, что силы, действующие со стороны ведущих элементов на ведомые, являются активными, т.е. окружные силы совпадают по направлению с окружной скоростью, а силы, действующие со стороны ведомых элементов на ведущие, – реактивными, т.ч. окружные силы и окружная скорость направлены противоположно.

Окружная сила

$$F_t = \frac{2T}{d_w}, \text{ где}$$

T_1 – крутящий момент на валу;

d_w – диаметр начальной окружности колеса на этом же валу, равный $m \cdot z$ (m – модуль зацепления; z – число зубьев шестерни).

$$F_t = \frac{2 \cdot 53 \cdot 10^3}{3 \cdot 45} = 785 \text{ Н}$$

Радиальная сила

$$F_r = F_t \cdot \operatorname{tg} \alpha, \text{ где}$$

α – угол зацепления, равный 20° .

$$F_r = 785 \cdot \operatorname{tg} 20 = 285 \text{ Н}$$

Окружная сила приложена на плече относительно оси вала, равном $d_w / 2$ перпендикулярно к оси вала и вызывает изгиб вала и его кручение. Радиальная сила направлена перпендикулярно и оси вала через эту ось и вызывает изгиб вала. От этих сил в вале также возникают перерезывающие силы, которыми обычно пренебрегают ввиду их малого влияния на общие напряжения в вале.

Сила F_b на вал от натяжения ветвей определяется

$$F_b = F_t + 2 \cdot K_f \cdot q \cdot g \cdot a, \text{ где}$$

K_f – коэффициент, зависящий от расположения ременной передачи в пространстве; для вертикальной передачи $K_f = 1$;

q – масса погонного метра ремня;

g – ускорение силы тяжести;

a – межосевое расстояние, м.

$$F_t = \frac{2 \cdot 53 \cdot 10^3}{160} = 663 \text{ Н}$$

$$F_b = 663 + 2 \cdot 1 \cdot 1,152 \cdot 9,8 \cdot 0,575 = 675 \text{ Н}$$

Составляем расчетные схемы вала в координатах.

При этом за неподвижную шарнирную принимают опору, где установлен подшипник, воспринимающий радиальное и осевое усилие, или любую опору при неизвестных вышеприведенных данных.

Вычерчиваем расчетную схему вала в двух проекциях – в вертикальной

и горизонтальной – с постановкой на них сил. При этом следует помнить, что если рассматривать силы, приложенные в одной точке, то радиальная и осевая силы всегда лежат в одной плоскости, а окружная – в перпендикулярной к ней плоскости.

Определяем опорные реакции в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

Для этого составляем уравнения моментов относительно одной и другой опор. В заключение этого пункта обязательно проведем проверку полученных значений реакции по условию; сумма всех сил на ось y или z должна быть равна нулю. Если наблюдается неравенство, то расчет неверен и его следует повторить. Направление реакций задаем произвольно.

В плоскости XOY:

$$\sum M_A = 0$$

$$F_t \cdot 70 - F_{bx} \cdot 208 = 0 \Rightarrow F_{bx} = \frac{785 \cdot 70}{208} = 264 \text{ H}$$

$$\sum M_B = 0$$

$$-F_t \cdot 138 + F_{ax} \cdot 208 = 0 \Rightarrow F_{ax} = \frac{785 \cdot 138}{208} = 521 \text{ H}$$

Проверка:

$$\sum F_x = 0$$

$$-F_t + F_{ax} + F_{bx} = 0 \Rightarrow -785 + 264 + 521 = 0$$

В плоскости ZOY:

$$\sum M_A = 0$$

$$-F_r \cdot 70 - F_{by} \cdot 208 - F_g \cdot 270 = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow F_{by} = -\frac{285 \cdot 70 + 675 \cdot 270}{208} = -972 \text{ H}$$

Реакция направлена в другую сторону; в дальнейших расчетах будем брать

направление реакции вниз.

$$\sum M_B = 0$$

$$F_r \cdot 138 + F_{ay} \cdot 208 - F_e \cdot 62 = 0 \Rightarrow F_{ay} = \frac{675 \cdot 62 - 285 \cdot 138}{208} = 12 \text{ H}$$

Проверка:

$$\sum F_y = 0$$

$$F_r + F_{ay} + F_{by} + F_e = 0 \Rightarrow 285 + 12 - 972 + 675 = 0$$

Определяем суммарные реакции в опоре А и В:

$$F_A = \sqrt{F_{ay}^2 + F_{ax}^2} = \sqrt{12^2 + 521^2} = 521 \text{ H}$$

$$F_B = \sqrt{F_{by}^2 + F_{bx}^2} = \sqrt{264^2 + 972^2} = 1007 \text{ H}$$

Подбор подшипников здесь не проводим, считаем, что они подобраны правильно, вследствие чего размеры вала были приняты верными.

Строим эпюры изгибающих моментов в 2-х плоскостях:

В плоскости ZOY

На участке от F_{ay} до F_r

$$M_{x_1} = F_{ay} \cdot X_1$$

$$\text{при } X_1 = 0 \rightarrow M_{x_1} = 0;$$

$$\text{при } X_1 = 70 \text{ мм} \rightarrow M_{x_1} = 12 \cdot 70 = 840 \text{ H} \cdot \text{мм};$$

На участке от F_r до F_{by}

$$M_{x_2} = F_{ay} \cdot (0 + X_2) + F_r \cdot X_2$$

$$\text{при } X_2 = 70 \text{ мм} \rightarrow M_{x_2} = 840 \text{ H} \cdot \text{мм};$$

$$\text{при } X_2 = 208 \text{ мм} \rightarrow M_{x_2} = 12 \cdot 288 + 285 \cdot 208 = 41964 \text{ H} \cdot \text{мм};$$

На участке от F_{by} до F_B

$$M_{x_3} = F_{ay} \cdot (08 + X_3) + F_r \cdot (38 + X_3) - F_{by} \cdot X_3$$

при $X_3 = 208 \text{ мм} \rightarrow M_{x_3} = 41964 \text{ Н} \cdot \text{мм};$

при $X_3 = 270 \text{ мм} \rightarrow$

$$M_{x_3} = 12 \cdot (208 + 270) + 285 \cdot (38 + 270) - 972 \cdot 270 = 0$$

В плоскости XOY

На участке от F_{ax} до F_t

$$M_{y_1} = F_{ax} \cdot X_1$$

при $X_1 = 0 \rightarrow M_{y_1} = 0;$

при $X_1 = 70 \text{ мм} \rightarrow M_{y_1} = 521 \cdot 70 = 36470 \text{ Н} \cdot \text{мм};$

На участке от F_t до F_{bx}

$$M_{y_2} = F_{ax} \cdot (0 + X_2) - F_t \cdot X_2$$

при $X_2 = 70 \text{ мм} \rightarrow M_{y_2} = 36470 \text{ Н} \cdot \text{мм};$

при $X_2 = 208 \text{ мм} \rightarrow M_{y_2} = 521 \cdot 288 - 785 \cdot 208 = 0;$

Строим эпюру суммарного изгибающего момента по зависимости:

$$M_{\Sigma} = \sqrt{M_{ZOY}^2 + M_{XOY}^2}$$

Под силой F_{ax} и F_{ay} $M = 0;$

Под силой F_t и F_r :

$$M'_{\Sigma} = \sqrt{840^2 + 36470^2} = 36480 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

Под силой F_{bx} и F_{by} :

$$M'_{\Sigma} = \sqrt{41964^2 + 0} = 41964 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

Строим эпюру крутящего момента равного $52,69 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{мм}$

6. УТОЧНЕННЫЙ РАСЧЕТ ВАЛА

Уточненный расчет вала производится с целью нахождения истинного значения запаса прочности вала.

Установлено, что работоспособность вала из условия усталостной прочности будет обеспечена, если

$$S \geq [S]_{\text{где}}$$

S – фактический (расчетный) коэффициент запаса прочности;

$[S]$ – допускаемый коэффициент запаса прочности, обычно принимаемый для валов редуктора в пределах 1,5...5.

Уточненный расчет вала проводится с учетом воздействия на него переменных нагрузок из условия его усталостной прочности.

Выбираем материал вала.

Назначаем для вала сталь марки Сталь 45. Для этой стали предел прочности $\sigma_{\sigma} = 900 \text{ МПа}$; пределы выносливости $\sigma_{-1} = 380 \text{ МПа}$, $\tau_{-1} = 230 \text{ МПа}$; коэффициент чувствительности к асимметрии цикла $\psi_{\tau} = 0,05$.

Определяем запас прочности вала.

При действии на вал только напряжений изгиба или напряжений кручения коэффициенты запаса усталостной прочности соответственно по изгибу и кручению определяются по зависимостям:

$$S_{\sigma} = \frac{\sigma_{-1} \cdot K_d \cdot K_F}{K_{\sigma} \cdot \sigma_a} ; \quad S_{\tau} = \frac{\tau_{-1} \cdot K_d \cdot K_F}{K_{\tau} \cdot \tau_a}$$

При совместном действии на вал напряжений изгиба и кручения коэффициент запаса прочности определяется по выражению:

$$S = \frac{S_{\sigma} \cdot S_{\tau}}{\sqrt{S_{\sigma}^2 + S_{\tau}^2}}$$

В этих формулах обозначено:

σ_{-1}, τ_{-1} – пределы выносливости при изгибе и кручении для симметричного цикла;

K_{σ}, K_{τ} - эффективные коэффициенты концентрации напряжений при изгибе

и кручении, принимаемые по [4, табл. 15.1];

K_d, K_F – масштабный фактор и фактор качества поверхности, определяются по графикам рис. 15.5 и 15.6 [4];

σ_a, τ_a – переменные составляющие циклов напряжений.

$$\sigma_a = \frac{M}{W_u}; \tau_a = \frac{T}{W_{кр}}, \text{ где}$$

M и T – соответственно изгибающий и крутящий моменты в рассматриваемом сечении вала;

W_u и $W_{кр}$ – моменты сопротивления на изгиб и кручение этого же сечения.

$$W_u = 0,1d^3, \quad W_{кр} = 0,2d^3, \text{ где}$$

d – диаметр вала.

$$\sigma_a = \frac{36480}{0,1 \cdot 30^3} = 15,54 \text{ МПа};$$

$$\tau_a = \frac{52,69 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 30^3} = 9,76 \text{ МПа};$$

$$S_\sigma = \frac{380 \cdot 0,72 \cdot 0,9}{2 \cdot 15,54} = 2,34;$$

$$S_\tau = \frac{230 \cdot 0,72 \cdot 0,9}{1,7 \cdot 9,76} = 1,653;$$

$$S = \frac{2,34 \cdot 1,653}{\sqrt{2,34^2 + 1,653^2}} = 1,83$$

что в пределах нормы.

7. ПРОВЕРКА ВАЛА ПО СТАТИЧЕСКОЙ ПРОЧНОСТИ

Эту проверку производят в целях предупреждения пластических деформаций и разрушений с учетом кратковременных перегрузок.

$$\sigma_{экв} = \sqrt{\sigma_u^2 + 3\tau^2} \leq \sigma_{\text{л}}^-, \text{ где}$$

$$\sigma_u = \frac{1,3M_\Sigma}{0,1d^3} = \frac{1,3 \cdot 41964}{0,1 \cdot 30^3} = 38,2 \text{ МПа};$$

$$\tau_u = \frac{1,3T}{0,2d^3} = \frac{1,3 \cdot 52,69 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 30^3} = 42,7 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{\text{экв}} = 0,8 \cdot \sigma_T = 0,8 \cdot 650 = 520 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{\text{экв}} = \sqrt{38,2^2 + 3 \cdot 42,7^2} = 83,24 < 520$$

Статическая прочность вала обеспечена.

3.3.2 Расчет цилиндрических передач коробки скоростей

Выбор материалов

По таблице рекомендуемых сочетаний материалов для зубчатых колес и шестерен принимаем для шестерни → Сталь 40ХН НВ₁=270

для колеса → Сталь 40Х НВ₂=260 ([5], табл. 3.3)

Определение допускаемых напряжений

Определение допускаемых напряжений производится в зависимости от механических характеристик материала колес и вида термообработки, состояния рабочей поверхности зуба и переходной поверхности базового числа циклов для материала колес, действительного числа циклов нагружения, вызванных постоянной или переменной нагрузкой. Статическая прочность зубьев определяется значением наибольшей нагрузки. Если передачи работают в условиях переменных напряжений, вызванных постоянным или переменным режимом нагружения, то необходимо учитывать суммарный эффект на усталостную прочность различных по величине и продолжительности нагрузок. Расчет передач по наибольшей нагрузке, если принять ее постоянно действующей в течение всего срока службы, приведет к избыточной прочности и утяжелению деталей, увеличению габаритов и стоимости.

Допускаемое усталостное контактное напряжение:

$$\sigma_{H\text{к}} = \frac{\sigma_{k\text{lim}} \cdot z_N}{S_H} \cdot V_z, \text{ где}$$

$$V_z = z_R + z_v$$

z_R – коэффициент учитывающий шероховатость = 0,95;

z_v – коэффициент окружной скорости = 1;

S_H – коэффициент запаса прочности; при улучшении = 1,2; при закалке = 1,3;

z_N – коэффициент долговечности;

$$z_N = m \sqrt{\frac{N_{HG}}{N_{HE}}} \geq 1;$$

N_{HG} – базовое число циклов;

$$N_{HG} = 2 \left(\frac{HB}{3} \right)^3 \leq 1,2 \cdot 10^7$$

$$N_{HG_1} = 2 \left(\frac{270}{3} \right)^3 = 1,97 \cdot 10^7$$

$$N_{HG_2} = 2 \left(\frac{260}{3} \right)^3 = 1,76 \cdot 10^7$$

N_{HE} – эквивалентное число циклов;

$$N_{HE} = 60 \cdot n \cdot t \cdot e_H, \text{ где}$$

e_H – коэффициент эквивалентности = 0,25;

t – время работы в часах;

n – частота вращения зубчатого колеса;

m – степень кривой усталости = 6;

$$t = 4 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 0,4 \cdot 0,4 = 5606,4 \text{ часов.}$$

$$N_{HE_1} = 60 \cdot 476 \cdot 5606,4 \cdot 0,25 = 4 \cdot 10^7$$

$$N_{HE_2} = 60 \cdot 381 \cdot 5606,4 \cdot 0,25 = 3,2 \cdot 10^7$$

$$z_{N_1} = \sqrt[6]{\frac{1,97 \cdot 10^7}{4 \cdot 10^7}} = 0,869; \quad \text{примем } z_{N_1} = 1;$$

$$z_{N_1} = \sqrt[6]{\frac{1,76 \cdot 10^7}{3,2 \cdot 10^7}} = 0,905; \quad \text{примем } z_{N_1} = 1;$$

$\sigma_{k \lim}$ – предел контактной выносливости;

$$\sigma_{k \lim} = 2 \left(\frac{HB}{3} \right) + 70$$

$$\sigma_{k \lim_1} = 2 \cdot 270 + 70 = 610 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{k \lim_2} = 2 \cdot 260 + 70 = 590 \text{ МПа}$$

$$\left[\sigma_{k_1} \right] = \frac{610 \cdot 1}{1,3} \cdot 0,95 = 446 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{H1} = \frac{590 \cdot 1}{1,2} \cdot 0,95 = 467 \text{ МПа}$$

Допускаемое расчетное контактное напряжение для расчетов принимается наименьшее из двух:

$$\sigma_{H1} = 446 \text{ МПа}$$

Определение коэффициента нагрузки

В расчетные уравнения для определения размеров передачи и действительных изгибных и контактных напряжений подставляется наибольшая длительно действующая мощность с учетом сил инерции, возникающих в станке при пусках и остановках, торможении и изменении режимов резания, припусков и т. п.

Однако в передачах возникают дополнительные динамические нагрузки, обусловленные внутренними причинами передач, и, кроме того, концентрация нагрузки вдоль контактных линий. Учет этих нагрузок производится введением в расчетные уравнения коэффициента нагрузки.

Для предварительных расчетов при несимметричном расположении колес на валах принимаем коэффициент нагрузки $K_H = 1,5$ (с.124 [5])

Определение межосевого расстояния

Межосевое расстояние определяется из условия контактной прочности:

$$a_w = K_a \left(\psi_{a2} + 1 \right) \sqrt[3]{\frac{K_{H2} \cdot T_2}{\psi_{a2} \cdot U_2 \cdot \sigma_{H2}^2}}, \text{ где}$$

$$K_a = 450$$

$$a_w = 450 \left(0,25 + 1 \right) \sqrt[3]{\frac{1,5 \cdot 52,69}{0,4 \cdot 1,25 \cdot 446^2}} = 148 \text{ мм}$$

принимаем $a_w = 160 \text{ мм}$

Расчетный модуль

$$m = 0,01 \dots 0,02 \cdot a_w$$

$$m = 0,01 \dots 0,02 \cdot 160 = 1,6 \dots 3,2$$

принимаем $m = 2$.

Геометрический расчет зубчатой передачи

Число зубьев

$$z_1 = \frac{2 \cdot a_w}{m \cdot (U + 1)} = \frac{2 \cdot 160}{2 \cdot (4 + 1)} = 32$$

$$z_2 = z_1 \cdot U = 32 \cdot 4 = 128$$

Делительные диаметры

$$d_1 = m \cdot z_1 = 2 \cdot 32 = 64 \text{ мм}$$

$$d_2 = m \cdot z_2 = 2 \cdot 128 = 256 \text{ мм}$$

Проверка межосевого расстояния

$$a_w = \frac{d_1 + d_2}{2} = \frac{64 + 256}{2} = 160 \text{ мм}$$

Диаметры вершин зубьев

$$d_a = d_{1,2} + 2 \cdot m, \text{ где}$$

$d_{1,2}$ – делительные диаметры;

m – расчетный модуль.

$$d_{a_1} = 64 + 2 \cdot 2 = 68 \text{ мм}$$

$$d_{a_2} = 256 + 2 \cdot 2 = 260 \text{ мм}$$

Диаметры впадин

$$d_f = d_{1,2} - 2,5 \cdot m, \text{ где}$$

$d_{1,2}$ – делительные диаметры;

m – расчетный модуль.

$$d_{f_1} = 64 - 2,5 \cdot 2 = 59 \text{ мм}$$

$$d_{f_2} = 256 - 2,5 \cdot 2 = 251 \text{ мм}$$

Ширина венца зубчатого колеса

$$b = a_w \cdot \psi_a, \text{ где}$$

a_w – межосевое расстояние;

ψ_a – коэффициент ширины венца зубчатого колеса;

$$b = 160 \cdot 0,4 = 64 \text{ мм}$$

Коэффициент торцевого перекрытия

$$\varepsilon_\alpha = 1,88 - 3,2 \left(\frac{1}{z_1} + \frac{1}{z_2} \right) = 1,755$$

Определение степени точности колеса

Степень точности зависит от окружной скорости

$$v = \frac{\pi \cdot d_1 \cdot n}{60 \cdot 10^3} = \frac{3,14 \cdot 64 \cdot 381}{60000} = 1,276 \frac{\text{м}}{\text{сек}}$$

По приложению 19 [5] принимаем 8 степень точности.

Проверочный расчет

Определение коэффициентов нагрузки по контактным напряжениям

$$K_H = K_{H_v} \cdot K_{H_\beta} \cdot K_{H_\alpha}$$

$$K_F = K_{F_v} \cdot K_{F_\beta} \cdot K_{F_\alpha}, \text{ где}$$

K_{H_v}, K_{F_v} – коэффициенты внутренней динамической нагрузки;

$$K_{H_v} = 1,05; K_{F_v} = 1,1 \text{ (с. 181 [6])}$$

K_{H_β}, K_{F_β} – коэффициенты концентрации нагрузки;

$$K_{H_\beta} = 1,04; K_{F_\beta} = 1 \text{ (с. 182 [6])}$$

$K_{H_\alpha}, K_{F_\alpha}$ – коэффициенты распределения нагрузки между зубьями;

$$K_{H_\alpha} = K_{F_\alpha} = 1$$

$$K_H = 1,05 \cdot 1,04 \cdot 1 = 1,092$$

$$K_F = 1,1 \cdot 1 \cdot 1 = 1,1$$

Проверка по контактным напряжениям

$$\sigma_K = z_E \cdot z_\varepsilon \cdot z_H \sqrt{\frac{K_H \cdot F_t \cdot U + 1}{d \cdot b \cdot U}}, \text{ где}$$

z_E – коэффициент материала (для стали = 190);

z_ε – коэффициент учета суммарных длин контактных линий;

$$z_\varepsilon = \sqrt{\frac{1}{\varepsilon_\alpha}} = \sqrt{\frac{1}{1,755}} = 0,75$$

z_H – коэффициент формы сопряженных поверхностей (с. 167 [6]); т.к.

$$\beta = 0 \text{ и } x = 0 \rightarrow z_H = 2,5;$$

F_t – окружная сила;

$$F_t = \frac{2 \cdot T}{d_2} = \frac{2 \cdot 52,69 \cdot 10^3}{256} = 411,64 \text{ Н}$$

$$\sigma_K = 190 \cdot 0,75 \cdot 2,5 \cdot \sqrt{\frac{1,092 \cdot 411,64 \cdot 5}{64 \cdot 64 \cdot 4}} = 443,1 \text{ Н}$$

$$\Delta \left[\frac{\sigma_K}{\sigma_{\text{доп}}} \right] = \frac{446 - 443,1}{446} \cdot 100\% = 0,65\%$$

изменение в допустимых пределах $\pm 3\%$.

3.3.3 Расчет шпоночного соединения

Производится расчет шпоночного соединения на валу IV, обеспечивающего передачу крутящего момента на шкив $\varnothing 160$.

Размеры шпонок выбираются в зависимости от принятого диаметра вала по таблицам ГОСТа, а затем производится условный расчет на смятие в предположении, что напряжения на узких рабочих гранях шпонки и паза распределяются равномерно.

Условие прочности

$$\sigma_{см} = \frac{2 \cdot T}{d \cdot (d - t) \cdot l_p} < [\sigma]_{см}, \text{ где}$$

T – передаваемый крутящий момент;

d – диаметр вала;

h – высота сечения шпонки = 11 мм;

l_p – рабочая длина = 40 мм;

t – глубина паза = 3,3 мм;

$[\sigma]_{см}$ – допускаемое напряжение смятия; $[\sigma]_{см} = 600 \dots 800$ МПа.

$$\sigma_{см} = \frac{2 \cdot 52,69 \cdot 10^3}{30 \cdot (30 - 3,3) \cdot 40} = 11,4 \text{ МПа} < [\sigma]_{см}$$

3.4. Расчет цангового зажима

(см. чертеж «Шпиндельная бабка с зажимом цанговым»).

Цанговый зажим установлен в шпинделе станка 1И611П. Состоит из цанги поз.8, тяги поз.1 и силового привода. Зажим цанговый снабжен пружинным выталкивателем и реле давления, рассчитанным на определенное усилие зажима детали.

Цанговый зажим должен удовлетворять следующим требованиям:

- концентричный зажим при радиальном биении не больше 0,01-0,04 мм;
- надежный зажим при нормальных погрешностях заготовок – в пределах 5-го класса точности;
- постоянство длины подаваемого прутка;
- постоянство упругих свойств цанги, износостойкость губок цанги (зажим 50000-100000 шт. заготовок до выхода из строя).

Цанги изготавливают из сталей марок У8А, У10А, 65Г с термической обработкой конусной поверхности до твердости HRC 58-62, а хвостовика – до HRC 40-45.

Лепестки цанг при закалке немного разводятся, чтобы подаваемый пруток свободно проходил между ними. Угол при вершине конуса цанг делается 30°. Число прорезей у цанги – от двух до шести в зависимости от диаметра заготовки. При диаметре свыше 20 мм рекомендуется три прорези.

Можно выделить следующие достоинства зажимов с затяжной цангой (с обратным конусом):

- конус цанги прилегает непосредственно к конической расточке в шпинделе, что обеспечивает хорошее центрирование заготовки;
- исключено заклинивание во время подачи прутка;
- осевая составляющая силы резания усиливает зажим прутка;
- лепестки цанги растягиваются, а не сжимаются при зажиме, и цанга и её конус мало деформируются;
- малые радиальные габариты

Цанга является основным исполнительным элементом в зажимном механизме и от ее характеристик во многом зависит работоспособность как зажимного устройства, так и автомата в целом.

Расчет сил зажима

Для вращающихся обрабатываемых заготовок сравнительно высокой жесткости необходимую силу зажима T_{Σ} определяют при соблюдении следующих трех условий:

Момент закрепления $M_{пр}$ должен быть больше крутящего момента M_p , возникающего от составляющих сил резания, стремящихся повернуть заготовку вокруг оси вращения ($M_{пр} > M_p$).

При отсутствии упора суммарная осевая сила сцепления $P_{пр}$ должна быть больше суммарной осевой силы резания P_o ($P_{пр} > P_o$).

Момент зажима M_b , возникающего от силы сцепления, должен быть больше изгибающего момента $M_{и}$ от составляющих сил резания, стремящихся вывернуть заготовку относительно точки опоры ($M_b > M_{и}$).

Суммарная радиальная сила зажима, прижимающая губки цанги к заготовке, определяется по формуле, взятой из [28].

$$T_{\Sigma} = \frac{K_{зап} \cdot R_{\Sigma}}{\mu} = \frac{K_{зап}}{\mu \cdot d} \cdot \sqrt{(\sum P_{zi} \cdot d_i + 2M_{CB})^2 + (\sum P_{xi} + P_{CB})^2 \cdot d^2}, \quad (3,4)$$

Для нашей схемы работы зажима (см. рис.8) осевая сила S_2 может быть вычислена по формуле (табл. 7.19. [28])

$$S_2 = T \cdot [tg(\alpha + \varphi_{пр}) + \mu_2], \quad (3.5)$$

где: $K_{зан}$ -коэффициент запаса;

μ -коэффициент сцепления между губками цанги и заготовкой;

$P_{xi, zi, cv}$ -составляющие силы резания;

M_{cv} -крутящий момент при сверлении;

d, di -диаметр заготовки в месте зажима и диаметр обработки соответственно;

$\varphi_{пр}$ -приведенный угол трения.

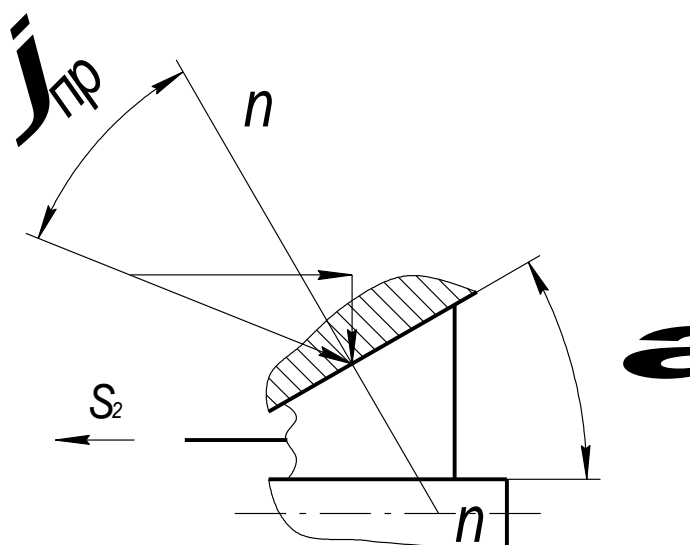


Рисунок 3.1 - Схема действия осевой силы при одинарном зажиме

Суммарная радиальная сила зажима, прижимающая губки цанги к заготовке равна:

$$T_{\Sigma} = \frac{2 \cdot 632.8}{0.15} = 8437.333 \text{ H}$$

$$S_2 = 8437.333 \cdot (\operatorname{tg}17^{\circ} + 0.35) = 8437.333 \cdot (0.27 + 0.35) = 5261.25 \text{ H}$$

Зная суммарную осевую силу зажима в цанговом патроне, можно

перейти непосредственно к расчету пневмоцилиндра.

Расчет пневмоцилиндра

Основные параметры поршневого цилиндра с односторонним штоком связаны между собой следующими соотношениями [32]:

$$F1 = \frac{D^2}{127}; \quad (3.6)$$

$$F2 = \frac{D^2 - d^2}{127}; \quad (3.7)$$

При движении поршня вправо, когда поршневая камера соединена с напорной линией, а штоковая – со сливной,

$$P1 = 100 \cdot k_{mp} \cdot (p1 \cdot F1 - p2 \cdot F2), \quad (3.8)$$

$$Q1 = \frac{V1 \cdot D^2}{1270}; \quad (3.9)$$

$$Q2 = \frac{V1 \cdot (D^2 - d^2)}{1270}; \quad (3.10)$$

$$V1 = 1270 \frac{Q1}{D^2} = 10 \frac{Q1}{F1}. \quad (3.11)$$

где::

$F1, F2$ - площадь поршневой и штоковой полости, мм²;

$p1, p2$ - давление в поршневой и штоковой полости, кгс/см²;

$P1, P2$ - полезная нагрузка, Н;

$V1, V2$ - скорость перемещения штока, м/мин;

$Q1, Q2$ – расход воздуха, л/мин;

$k_{mp}=0,9-0,98$ – коэффициент, учитывающий потери на трение в цилиндре;

При движении поршня влево, когда штоковая камера соединена с напорной линией, а поршневая – со сливной,

$$P2 = 100 \cdot k_{mp} \cdot (p2 \cdot F2 - p1 \cdot F1); \quad (3.12)$$

$$Q_1 = \frac{V_2 \cdot D^2}{1270}; \quad (3.13)$$

$$Q_2 = \frac{V_2 \cdot (D^2 - d^2)}{1270}; \quad (3.14)$$

$$V_2 = 1270 \frac{Q_2}{D^2 - d^2} = 10 \frac{Q_2}{F_2}. \quad (3.15)$$

Диаметр пневмоцилиндра определяется по формуле, взятой из [9]::

$$D = 1.13 \sqrt{\frac{P_2 \pm mg}{0.9 \cdot p_m - p_a}}; \quad (3.16)$$

где:

P_2 - технологическая (полезная) нагрузка, Н;

m - масса всех подвижных элементов, связанных с поршнем, кг;

g - ускорение свободного падения, м/с²;

p_m - подводимое абсолютное давление сжатого воздуха, кгс/см²;

Вес подвижных частей $\pm mg$ учитывают при вертикальном или наклонном расположении пневмоцилиндра. Знак «+» ставят тогда, когда вес уменьшает зажимное усилие. В расчетной формуле принято, что требуемое усилие зажима создается при давлении $0,9 p_m$, чем обеспечивается некоторый его запас. Т.к. пневмоцилиндр расположен горизонтально, то сила $\pm mg$, в формуле равна нулю.

$$D = 1.13 \sqrt{\frac{5261.25}{0.9 \cdot 0.45 - 0.15}} = 174.21 \text{ мм};$$

Найденное значение D округляют до ближайшего из нормального ряда диаметров цилиндров по ГОСТ 6540-68: 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 320, 360, 400 мм.

Следовательно, диаметр пневмоцилиндра цангового зажима следует принять равным 200 мм.

Диаметр штока определяют из соотношения:

$$d = (0,25 \dots 0,32) D$$

и округляют до ближайшего значения, взятого из ряда 10, 12, 16, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 90 мм.

Исходя из конструктивных соображений принимаем диаметр штока равным 25мм.

Условный проход присоединительных отверстий пневмоцилиндра рекомендуется принимать из соотношения $d_y = 0,1D$. Обычно такой же условный проход имеют присоединяемые воздухопроводы и установленные на них элементы пневмоаппаратуры. Однако, выбирая величину d_y , необходимо также учитывать длину хода поршня и требуемое быстродействие привода. При малых длинах ходов условный проход уменьшают.

Принимаем d_y равным 15мм.

Рассчитаем рабочую площадь поршня в поршневой 1 и штоковой 2 областях соответственно.

$$F_1 = \frac{200^2}{127} = 315 \text{ мм.}$$

$$F_2 = \frac{200^2 - 25^2}{127} = 310 \text{ мм.}$$

При движении поршня вправо, когда поршневая камера соединена с напорной линией, а штоковая – со сливной:

$$P_1 = 100 \cdot 0,9 \cdot (0,45 \cdot 315 - 0,15 \cdot 310) = 8572,5 \text{ Н};$$

Требуемое усилие на штоке цангового зажима обеспечено.

3.5 Расчет бункерного загрузочного устройства

Автоматизация производственных процессов является характерной чертой современного прогресса. Без автоматизации невозможны высокие темпы дальнейшего роста производительности труда. Одной из основных проблем при автоматизации технологического оборудования и, в частности, металлорежущих станков, является автоматизация загрузки заготовок и разгрузки (съема) обработанных деталей, а при создании автоматических линий, кроме того, и автоматизация транспортных перемещений между станками.

Автоматизация загрузки и разгрузки оборудования, находящегося в эксплуатации, позволяет изменить процесс труда, повысить безопасность и коэффициент использования оборудования, а в некоторых случаях интенсифицировать режим его работы; полуавтоматические станки и станки с ручным управлением можно превратить в автоматы, снизив тем самым штучное время обработки, и широко использовать многостаночное обслуживание

Мнение, что автоматизация загрузки-разгрузки оборудования ранних лет выпуска целесообразна только в условиях массового производства, является ошибочным. Оснащение производства станками и технологической оснасткой сборно-разборной конструкции позволяет автоматизировать технологический процесс в условиях серийного и мелкосерийного производства и при частой смене объектов производства. В условиях серийного производства автоматизации производства должна предшествовать типизация технологических процессов или разработка групповых методов обработки.

В бункерных загрузочных устройствах заготовки в бункере (емкости) сосредоточены навалом. Захват из бункера и ориентация заготовок в положение, требуемое для обработки или удобное для загрузки, и все последующие перемещения осуществляются автоматически.

Загрузочные устройства эффективны, если они повышают коэффициент использования станков (автоматических линий), на которых они установлены, и производительность, а также облегчают условия труда; не повре-

ждают поверхность подаваемых заготовок или удаляемых со станка обработанных деталей; имеют простую конструкцию и минимальное количество деталей; состоят из нормализованных деталей; удобны в эксплуатации и дешевы в изготовлении; позволяют легко заменять быстроизнашивающиеся детали устройств.

Независимо от типа различают универсальные, универсально-наладочные и специальные загрузочные устройства; первые два типа с помощью переналадки или подналадки, а также замены некоторых деталей могут быть использованы для загрузки заготовок, отличающихся размером, а иногда и формой; устройства третьего типа применяют только для загрузки заготовок определенного типа. Загрузочные устройства только загружают заготовки, а снимают (разгружают) обработанные детали толкатели станка или детали поступают в приемный лоток под действием собственного веса (силы тяжести).

Загрузочно-разгрузочные устройства (автооператоры или механические руки) специальными механизмами не только загружают, но и разгружают заготовки.

Конструкторы разработали основы теории проектирования загрузочно-разгрузочных устройств и создали оригинальные конструкции устройств, эксплуатируемые на заводах. Дальнейшему появлению новых и высокопроизводительных загрузочно-разгрузочных устройств будет способствовать разработка и исследование: механизмов ориентации, используемых для заготовок повышенной сцепляемости; механизмов ориентации заготовок в магнитном поле и систем логической ориентации, механизмов вторичной ориентации.

В бункерных загрузочных устройствах основной запас изделий сосредоточивается в емкостях, сделанных в виде коробов различной формы или широких лотков.

Размеры бункеров в машиностроении ограничиваются большим давлением изделий на стенки емкости и друг на друга, так как вследствие этого

затрудняется извлечение их из емкости.

В процессе работы в автоматических бункерах изделия захватываются и транспортируются в накопитель в ориентированном положении.

Изделия при этом подвергаются ударам и трению друг о друга и о захват транспортирующего механизма. Поэтому если повреждения недопустимы или изделия недостаточно жестки и сложны настолько, что возможно сцепление их между собой, применение бункерных загрузочных устройств с движущимся захватом исключается.

Емкости автоматических бункеров для штучных изделий имеют сходство с обычными бункерами для насыпных грузов. Под бункером принято понимать емкость, имеющую относительно малую высоту по сравнению с размерами поперечного сечения бункера. К бункерам относят все емкости, в которых плоскость обрушения (рис.9) пересекает свободную поверхность материала (в зоне бункера). Аналитически это выражается следующим обра-

зом:

$$m \geq x = \frac{h}{\operatorname{tg} \beta},$$

Практически высота обычного бункера не превышает двух поперечников, что характеризуется соотношением $h_{\max} = 2m$.

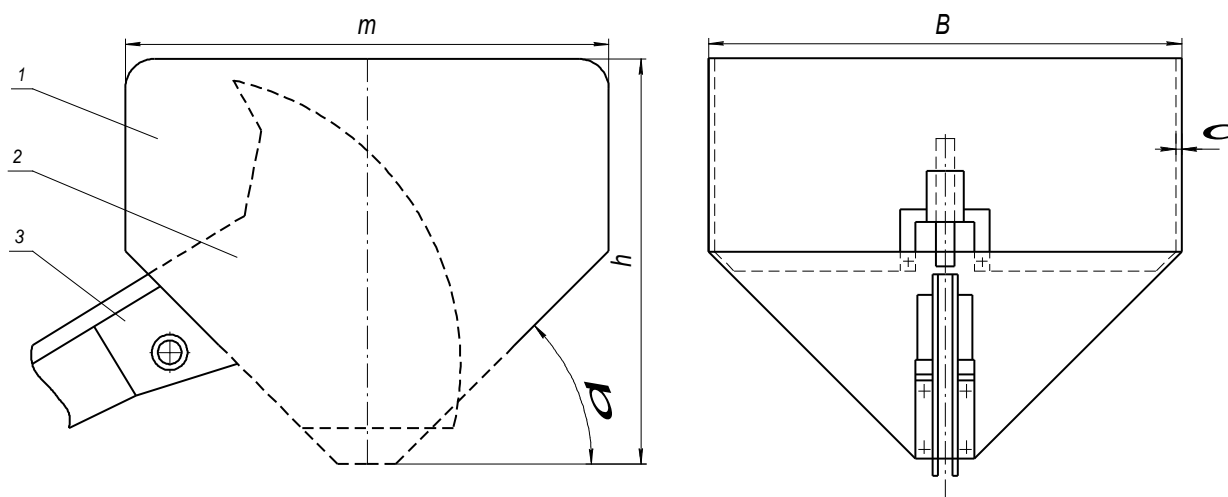


Рисунок 2.4- Бункер

1-Бункер, 2-Сектор, 3-Лоток.

В соответствии с рекомендациями, данными в [28], размеры секторного бункера берутся в зависимости от наибольшего поперечника изделия. Для бункера с центральным сектором эти зависимости имеют вид:

Ширина бункера $B=(12-15)l$;

Длина $L=(8-12)l$;

Глубина $h=(1/4-1/3)l$;

Производительность бункера считается по формуле , взятой из [28]:

$$Q = \frac{n_x \cdot 0.8L \cdot p \cdot z}{l} \text{ шт/ мин}, \quad (3.17)$$

где: z -число секторов;

p - коэффициент захватывания, который берется в зависимости от формы и конфигурации изделия.

Работоспособность бункера зависит от степени взаимоподвижности изделия в бункере под действием внешних сил, т. е. сыпучести изделий. В свою очередь, сыпучесть изделий зависит от материала, веса, чистоты обработки, загрязненности конфигурации, а также от количества и высоты слоя изделий в емкости.

Основное влияние на сыпучесть изделий оказывает вес и размеры последних чем крупнее и тяжелее изделия, тем сыпучесть ниже. Изделия следует загружать небольшим слоем, так как действие веса ухудшает работоспособность бункера.

Сыпучесть характеризуется углом естественного откоса, образованного при свободном набросе изделий в кучу на плоскости. Наибольшей сыпучестью обладают шарообразные изделия, так как образуют наименьший угол естественного откоса. Сыпучесть в бункере зависит и от отношения всего объема бункера к объему, занимаемому изделиями.

На рис.10 показана экспериментальная кривая, по которой можно определить высоту слоя изделий в бункер. По оси абсцисс отложены наибольшие размеры изделий от 2,5 до 250 мм, а по оси ординат–высота слоя изделий, выраженная количеством поперечника (числом рядов) загружаемого изделия.

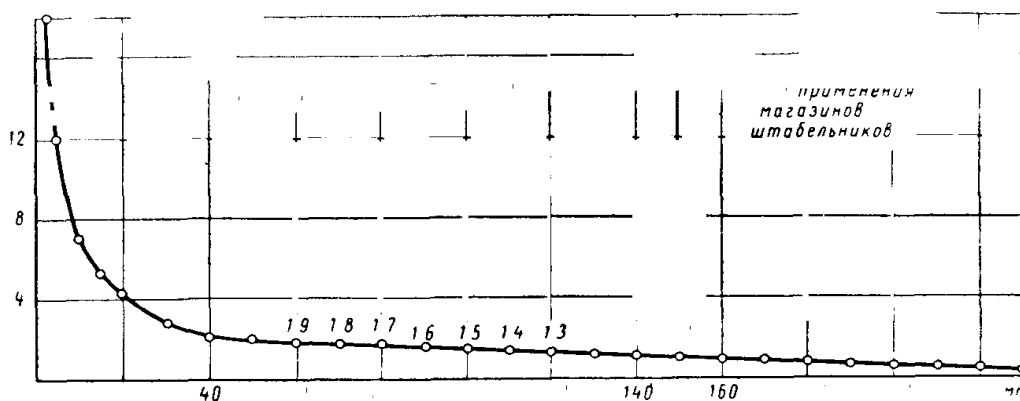


Рисунок 2.5 - Экспериментальная кривая, определяющая зону применения бункеров в зависимости от размеров изделий

Из графика видно, что чем меньше поперечник изделия, тем допускается больше количество рядов их в бункере. Для крупных изделий, начиная от 150 мм, допускается один ряд. В тех случаях, когда высота или длина изделия равна 0,9–0,1 наибольшего поперечника, рекомендуется применять магазин или штабельник.

Давления, воспринимаемые стенками автоматического бункера без учета трения изделий и стенки и конфигурации бункера, определяются на основе теории сыпучих тел. Вертикальное давление P_y на горизонтальную плоскость, расположенную на высоте y от верхнего уровня засыпки материала, выражается как гидростатическое давление.

$$P_y = qY \text{ кГ/м}^2,$$

где: q – насыпной вес материала в кГ/см^3 .

Горизонтальное (боковое) давление в любой точке по высоте бункера определяется как результат действия клина, нагруженного собственным весом Q при отсутствии трения материала на стенке. Горизонтальное давление на высоте y от поверхности засыпки определяется по формуле:

$$P_x = R \cdot P_y = R \cdot q \cdot y, \quad (3.18)$$

Из уравнения видно, что горизонтальное давление на любом уровне пропорционально вертикальному давлению на том же уровне и составляет его

долю, определяемую коэффициентом R зависящим от степени сыпучести материала и определяемого по формуле:

$$R = \frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi}, \quad (3.19)$$

где: φ -угол естественного откоса.

Толщина δ стенок бункеров практически берется в зависимости от веса Q в кг загружаемых изделий:

$$\delta = 0,15Q + 1 \text{ мм}, \quad (3.20)$$

Учитывая, что количество одновременно загружаемых деталей $n=150$ шт. а масса одной детали $m=0,053$ кг, получаем:

$$\delta = 0.15 \cdot 0.053 \cdot 150 + 1 = 1.075 \text{ мм}.$$

Принимаем толщину стенок равную 1мм.

Плотность насыпки изделий и их насыпной вес.

Изделия, засыпанные в бункер, располагаются в нем с различной степенью плотности, которая характеризуется отношением суммы объектов пустых пространств, остающихся между изделиями, ко всему объему;

$$m = \frac{V1 - V2}{V1} = 1 - \frac{V2}{V1} = \frac{V3}{V1}, \quad (3.21)$$

где: $V1$ -общий объем, занимаемый изделиями (емкость бункера, кучи);

$V2$ -объем самих изделий (по внешней конфигурации);

$V3 = V1 - V2$ - объем пустых пространств.

Зная расчетную емкость бункера $V1=4500 \text{ см}^3$ и объем всех деталей равный $\approx 4000 \text{ см}^3$, найдем $V3=4500-4000=500 \text{ см}^3$, тогда:

$$m = \frac{500}{4000} = 0.125,$$

Сектор совершает возвратно-поступательные движения, захватывая заготовки и подавая их в лоток. Лоток выполнен наклонным, благодаря чему заготовки могут перемещаться за счет собственной силы тяжести.

Найдем теоретическую производительность бункера:

$$Q = \frac{60 \cdot 0.8 \cdot 400 \cdot 1.2 \cdot 1}{65} = 354 \text{ шт / мин.}$$

Захват деталей из бункера поз. 1 (см. Рисунок 3.2) производится с помощью сектора поз. 2, который движется от пневмоцилиндра поз. 4.

Интенсивность поступления деталей из бункера поз.1 в лоток поз.3 регулируется дросселями поз.5 на пневмоцилиндре бункерного загрузочного изделия.

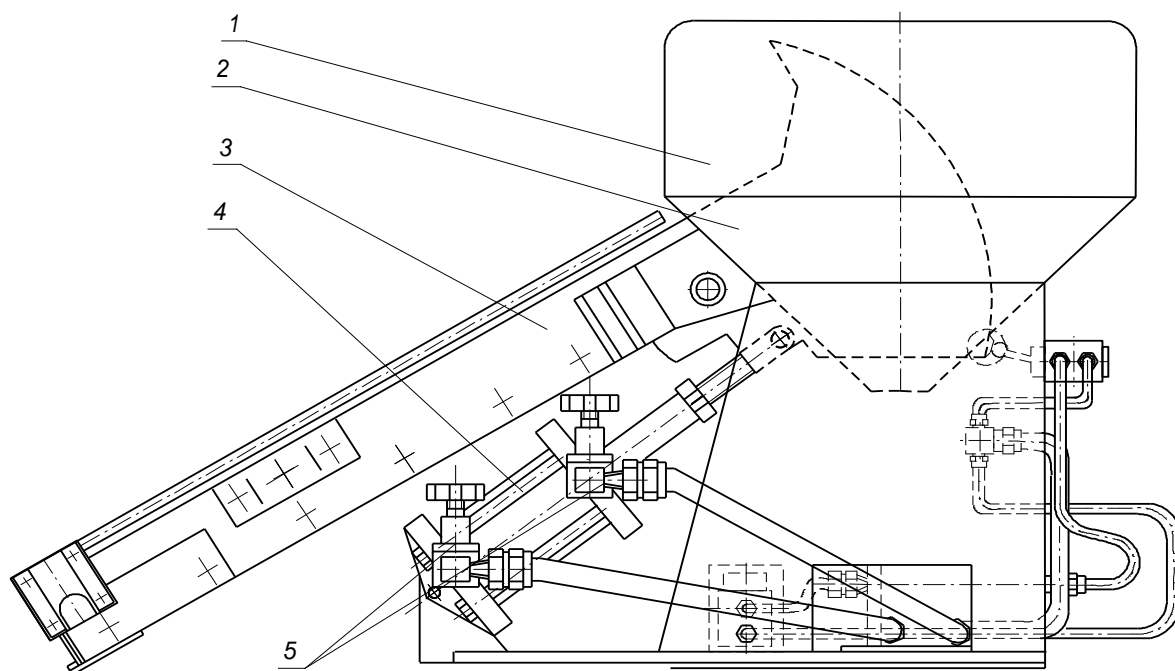


Рисунок 3.2 - Бункерное загрузочное устройство

Расчет пневмоцилиндра.

Основные параметры поршневого цилиндра с односторонним штоком связаны между собой следующими соотношениями [32]:

$$F1 = \frac{D^2}{127}, \quad (3.22)$$

$$F2 = \frac{D^2 - d^2}{127}, \quad (3.23)$$

При движении поршня вправо, когда поршневая камера соединена с напорной линией, а штоковая – со сливной,

$$P1 = 100 \cdot k_{mp} \cdot (p1 \cdot F1 - p2 \cdot F2), \quad (3.24)$$

$$Q1 = \frac{V1 \cdot D^2}{1270}, \quad (3.25)$$

$$Q2 = \frac{V1 \cdot (D^2 - d^2)}{1270}, \quad (3.26)$$

$$V1 = 1270 \frac{Q1}{D^2} = 10 \frac{Q1}{F1}. \quad (3.27)$$

где::

F1,F2- площадь поршневой и штоковой полости, мм²;

p1,p2- давление в поршневой и штоковой полости, кгс/см²;

P1,P2- полезная нагрузка, Н;

V1,V2- скорость перемещения штока, м/мин;

Q1,Q2 – расход воздуха, л/мин;

$k_{mp}=0,9-0,98$ – коэффициент, учитывающий потери на трение в цилиндре;

При движении поршня влево, когда штоковая камера соединена с напорной линией, а поршневая – со сливной,

$$P2 = 100 \cdot k_{mp} \cdot (p2 \cdot F2 - p1 \cdot F1), \quad (50)$$

$$Q1 = \frac{V2 \cdot D^2}{1270}, \quad (3.28)$$

$$Q2 = \frac{V2 \cdot (D^2 - d^2)}{1270}, \quad (3.29)$$

$$V2 = 1270 \frac{Q2}{D^2 - d^2} = 10 \frac{Q2}{F2}. \quad (3.30)$$

Диаметр пневмоцилиндра определяется по формуле, взятой из [9]:

$$D = 1.13 \sqrt{\frac{P_2 \pm mg}{0.9 \cdot p_m - p_a}}, \quad (3.31)$$

где: P_2 - технологическая (полезная) нагрузка;

m - масса всех подвижных элементов, связанных с поршнем;

g -ускорение свободного падения;

P_m - подводимое абсолютное давление сжатого воздуха;

Вес подвижных частей $\pm mg$ учитывают при вертикальном или наклонном расположении пневмоцилиндра. В расчетной формуле принято, что требуемое усилие зажима создается при давлении $0,9 P_m$, чем обеспечивается некоторый его запас.

$$D = 1.13 \sqrt{\frac{756}{0.9 \cdot 0.45 - 0.15}} = 61,5 \text{ мм} ;$$

Найденное значение D округляют до ближайшего из нормального ряда диаметров цилиндров по ГОСТ 6540-68: 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 320, 360, 400 мм.

Следовательно, диаметр пневмоцилиндра бункерного загрузочного устройства следует принять равным 63 мм.

Диаметр штока определяют из соотношения:

$$d = (0,25 \dots 0,32) D$$

$$d = 0,32 \cdot 63 = 20,16 \text{ мм}$$

и округляют до ближайшего значения, взятого из ряда 10, 12, 16, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 90 мм.

Поэтому принимаем диаметр штока равным 25 мм.

Рассчитаем рабочую площадь поршня в поршневой 1 и штоковой 2 областях соответственно.

$$F_1 = \frac{63^2}{127} = 31,25 \text{ мм.}$$

$$F_2 = \frac{63^2 - 25^2}{127} = 26,33 \text{ мм.}$$

При движении поршня вправо, когда поршневая камера соединена с напорной линией, а штоковая – со сливной:

$$P_1 = 100 \cdot 0,9 \cdot (0,45 \cdot 31,25 - 0,15 \cdot 26,33) = 910,17 \text{ Н};$$

Требуемое усилие на штоке обеспечено.

Скорость перемещения штока регулируется дросселями поз.3 (см. рис.).

3.6 Расчет автооператора

Служит для подачи детали из лотка загрузочного устройства в зону обработки. Автооператор состоит из кронштейна, на котором крепятся:

- Направляющая для перемещения штока со стаканом;
- Шток перемещается пневмоцилиндром $\varnothing 63$;
- Корпус, на котором крепится направляющая для перемещения корпуса руки.

Шток, перемещаясь, поворачивается на 90^0 по байонетному пазу и подает деталь на ось центров.

К корпусу руки крепится губка для западания в нее детали из лотка загрузочного устройства. Крайние положения корпуса руки и штока фиксируются конечными выключателями, смонтированными на направляющих.

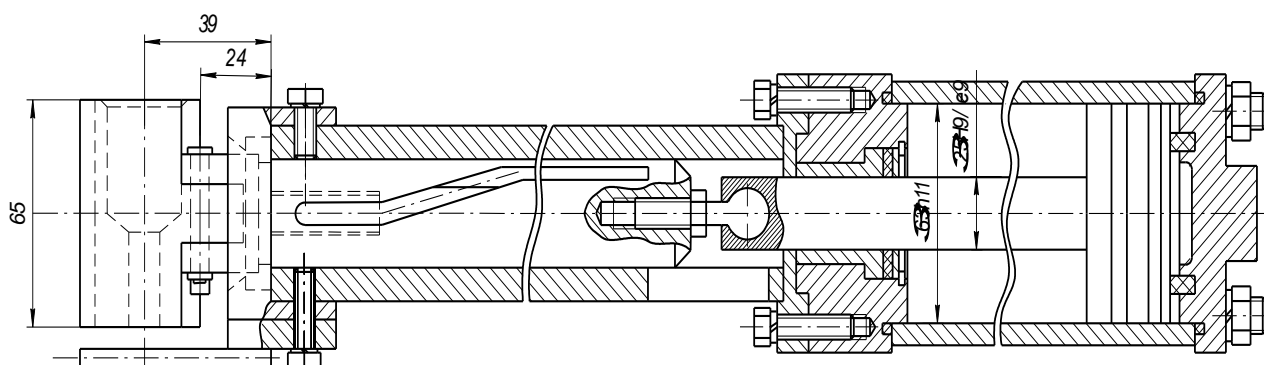


Рисунок 3.3 – Автооператор

Расчет пневмоцилиндра

Основные параметры поршневого цилиндра с односторонним штоком (см. рис. 12) связаны между собой следующими соотношениями [32]:

$$F1 = \frac{D^2}{127}, \quad (3.32)$$

$$F2 = \frac{D^2 - d^2}{127}, \quad (3.33)$$

При движении поршня вправо, когда поршневая камера соединена с напорной линией, а штоковая – со сливной,

$$P1 = 100 \cdot k_{mp} \cdot (p1 \cdot F1 - p2 \cdot F2), \quad (56)$$

$$Q1 = \frac{V1 \cdot D^2}{1270}, \quad (3.34)$$

$$Q2 = \frac{V1 \cdot (D^2 - d^2)}{1270}, \quad (3.35)$$

$$V1 = 1270 \frac{Q1}{D^2} = 10 \frac{Q1}{F1}. \quad (3.36)$$

где:

$F1, F2$ - площадь поршневой и штоковой полости, мм²;

$p1, p2$ - давление в поршневой и штоковой полости, кгс/см²;

$P1, P2$ - полезная нагрузка, Н;

$V1, V2$ - скорость перемещения штока, м/мин;

$Q1, Q2$ – расход воздуха, л/мин;

$k_{mp}=0,9-0,98$ – коэффициент, учитывающий потери на трение в цилиндре;

При движении поршня влево, когда штоковая камера соединена с напорной линией, а поршневая – со сливной,

$$P2 = 100 \cdot k_{mp} \cdot (p2 \cdot F2 - p1 \cdot F1), \quad (3.37)$$

$$Q_1 = \frac{V_2 \cdot D^2}{1270}, \quad (3.38)$$

$$Q_2 = \frac{V_2 \cdot (D^2 - d^2)}{1270}, \quad (3.39)$$

$$V_2 = 1270 \frac{Q_2}{D^2 - d^2} = 10 \frac{Q_2}{F_2}. \quad (3.40)$$

Диаметр пневмоцилиндра определяется по формуле, взятой из [9]:

$$D = 1.13 \sqrt{\frac{P_2 \pm mg}{0.9 \cdot P_m - P_a}}, \quad (3.41)$$

где: P_2 - технологическая (полезная) нагрузка;

m - масса всех подвижных элементов, связанных с поршнем;

g - ускорение свободного падения;

P_m - подводимое абсолютное давление сжатого воздуха;

Вес подвижных частей $\pm mg$ учитывают при вертикальном или наклонном расположении пневмоцилиндра. В расчетной формуле принято, что требуемое усилие зажима создается при давлении $0,9 P_m$, чем обеспечивается некоторый его запас. Т.к. пневмоцилиндр расположен горизонтально, то сила $\pm mg$, в формуле равна нулю.

$$D = 1.13 \sqrt{\frac{598}{0.9 \cdot 0,45 - 0,15}} = 54,72 \text{ мм} ;$$

Найденное значение D округляют до ближайшего из нормального ряда диаметров цилиндров по ГОСТ 6540-68: 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 320, 360, 400 мм.

Следовательно, диаметр пневмоцилиндра бункерного загрузочного устройства следует принять равным 63 мм.

Диаметр штока определяют из соотношения:

$$d = (0,25 \dots 0,32) D$$

$$d = 0,32 \cdot 63 = 20,16 \text{ мм}$$

и округляют до ближайшего значения, взятого из ряда 10, 12, 16, 25,

32, 40, 50, 63, 80, 90 мм.

Поэтому принимаем диаметр штока равным 25мм.

Рассчитаем рабочую площадь поршня в поршневой 1 и штоковой 2 областях соответственно.

$$F1 = \frac{63^2}{127} = 31,25 \text{ мм.}$$

$$F2 = \frac{63^2 - 25^2}{127} = 26,33 \text{ мм.}$$

При движении поршня вправо, когда поршневая камера соединена с напорной линией, а штоковая – со сливной:

$$P1 = 100 \cdot 0,9 \cdot (0,45 \cdot 31,25 - 0,15 \cdot 26,33) = 910,17 \text{ Н};$$

Требуемое усилие на штоке обеспечено.

Найдем скорость перемещения штока:

S-ход поршня, мм;

t- время срабатывания, с.

$$V = S:t = 0,16:(0,3:60) = 32 \text{ м/мин};$$

Зная скорость перемещения штока, найдем расход воздуха:

$$Q1 = \frac{V \cdot D}{1270} = \frac{32 \cdot 63}{1270} = 1,58 \text{ л / мин};$$

3.7 Расчет задней бабки

Пиноль задней бабки перемещается от механизма шаговой подачи, который содержит силовые цилиндры с полым поршнем, установленными в корпусе телескопически.

Основные параметры поршневого цилиндра с односторонним штоком (см. рис.) связаны между собой следующими соотношениями:

$$F1 = \frac{D^2}{127}, \quad (3.42)$$

$$F2 = \frac{D^2 - d^2}{127}, \quad (3.43)$$

При движении поршня вправо, когда поршневая камера соединена с напорной линией, а штоковая – со сливной,

$$P1 = 100 \cdot k_{mp} \cdot (p1 \cdot F1 - p2 \cdot F2), \quad (3.44)$$

где: $k_{mp}=0,9-0,98$ – коэффициент, учитывающий потери на трение в цилиндре;

$$Q1 = \frac{V1 \cdot D^2}{1270}, \quad (3.45)$$

$$Q2 = \frac{V1 \cdot (D^2 - d^2)}{1270}, \quad (3.46)$$

$$V1 = 1270 \frac{Q1}{D^2} = 10 \frac{Q1}{F1}. \quad (3.47)$$

При движении поршня влево, когда штоковая камера соединена с напорной линией, а поршневая – со сливной,

$$P2 = 100 \cdot k_{mp} \cdot (p2 \cdot F2 - p1 \cdot F1), \quad (3.48)$$

$$Q1 = \frac{V2 \cdot D^2}{1270}, \quad (3.49)$$

$$Q2 = \frac{V2 \cdot (D^2 - d^2)}{1270}, \quad (3.50)$$

$$V2 = 1270 \frac{Q2}{D^2 - d^2} = 10 \frac{Q2}{F2}. \quad (3.51)$$

Расчет пневмоцилиндров.

Диаметр пневмоцилиндров определяется по формуле, взятой из [9]:

$$D = 1.13 \sqrt{\frac{P_2 \pm mg}{0.9 \cdot p_m - p_a}}, \quad (75)$$

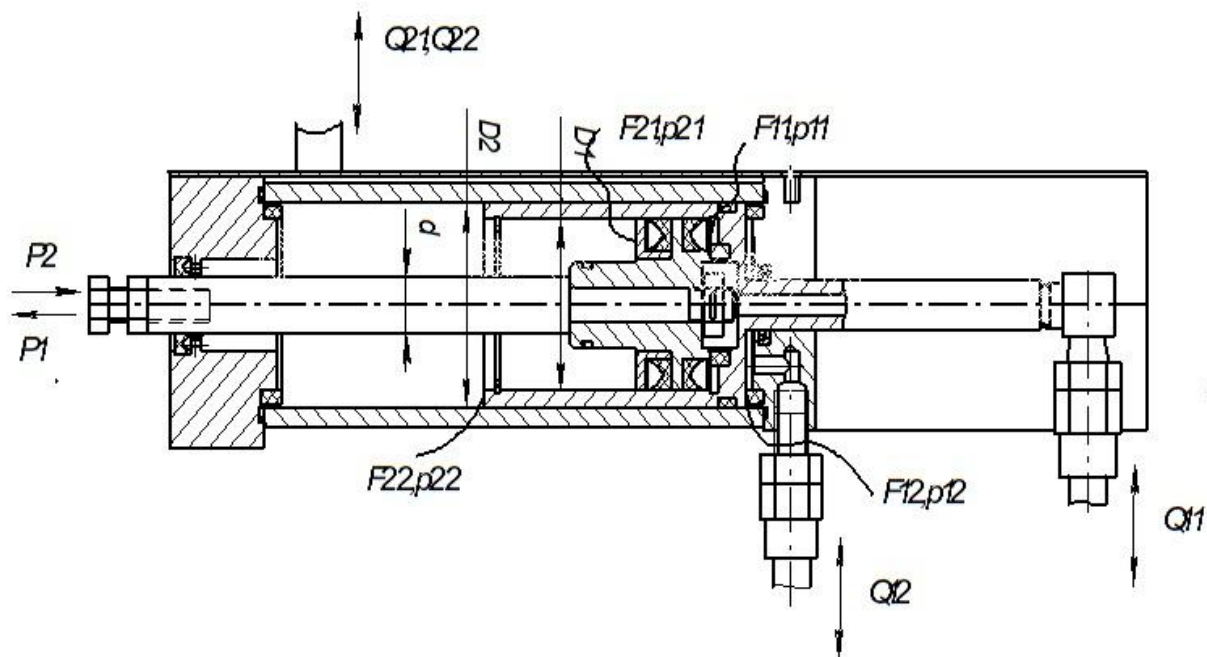


Рисунок 3.4 – Пневмосистема автооператора

где: P_2 - технологическая (полезная) нагрузка;

m - масса всех подвижных элементов, связанных с поршнем;

g - ускорение свободного падения;

P_m - подводимое абсолютное давление сжатого воздуха;

Вес подвижных частей $\pm mg$ учитывают при вертикальном или наклонном расположении пневмоцилиндра. В расчетной формуле принято, что требуемое усилие зажима создается при давлении $0,9 P_m$, чем обеспечивается некоторый его запас. Т.к. пневмоцилиндр расположен горизонтально, то сила

$\pm mg$, в формуле равна нулю.

$$D = 1.13 \sqrt{\frac{800}{0.9 \cdot 0.45 - 0.15}} = 60 \text{ мм} ;$$

Поскольку конструкция задней бабки нестандартная, то диаметры цилиндров не следует округлять до ближайшего из нормального ряда диаметров цилиндров.

$D1 = \varnothing 60 \text{ мм}$ -диаметр первого цилиндра задней бабки.

$D2 = \varnothing 75 \text{ мм}$ -диаметр второго цилиндра задней бабки.

$d = \varnothing 20 \text{ мм}$ – диаметр штока.

$t = 0,3 \text{ с}$ - время хода второго цилиндра задней бабки.

$p11=p12 = 4-6 \text{ кг/см}^2$ - давление воздуха в поршневой области первого и второго цилиндра.

$p21=p22 = 1,5 \text{ кг/см}^2$ - давление воздуха в штоковой области.

$S1 = 35 \text{ мм}$ – ход поршня.

$S2 = 85 \text{ мм}$ - ход цилиндра.

Рассчитаем рабочую площадь поршня в поршневой 1 и штоковой 2 областях соответственно.

$$F11 = \frac{60^2}{127} = 28,35 \text{ мм.}$$

$$F21 = \frac{60^2 - 20^2}{127} = 25,2 \text{ мм.}$$

$$F12 = \frac{75^2}{127} = 44,29 \text{ мм.}$$

$$F22 = \frac{75^2 - 20^2}{127} = 41,14 \text{ мм.}$$

При движении поршня вправо, когда поршневая камера соединена с напорной линией, а штоковая – со сливной:

$$P11 = 100 \cdot 0,9 \cdot (0,45 \cdot 28,35 - 0,15 \cdot 25,2) = 808 \text{ Н};$$

$$P12 = 100 \cdot 0,9 \cdot (0,45 \cdot 44,29 - 0,15 \cdot 41,14) = 1238,35 \text{ Н};$$

Требуемое усилие $P_1 = 800\text{Н}$ на штоке задней бабки обеспечено.

Найдем скорость перемещения штока:

$$V = S : t = 0,85 : (0,3 : 60) = 17 \text{ м/мин};$$

3.8 Расчет привода поперечной подачи

(см. чертежи «Привод поперечной подачи»)

Привод поперечной подачи служит для перемещения каретки с резцедержателем в поперечном направлении. Состоит из каретки поперечного суппорта и резцедержателя станка 1И611П, перемещающихся от гидроцилиндра, смонтированного сзади станка. Холостой ход каретки 20 мм и рабочий ход 10 мм обеспечиваются дросселем с регулятором, обратным клапаном и золотником ПГ-55-62, смонтированным на одном кронштейне с гидроцилиндром сзади станка.

Давление в гидросистеме 4...6 кг/см². Включение и отключение дросселя обеспечивается кулачком, закрепленным на каретке поперечного суппорта. Исходное и конечное положение каретки фиксируются конечными выключателями, смонтированными на станине станка.

Выбор гидроцилиндра

Для автоматизации привода поперечной подачи нельзя использовать пневмоцилиндр, поскольку он:

- не может обеспечить заданный закон движения выходного звена;
- имеет нестабильность скорости движения выходного звена.

В связи с этим следует использовать гидравлику.

При обработке валика стеклоподъемника 4086104036, согласно назначенным режимам, сила подачи $P_x = 350\text{Н}$, однако следует предусмотреть другие варианты обработки при которых эта сила намного больше. В соответствии рекомендациям [8] в качестве привода поперечной подачи выбираем гидроцилиндр с двусторонним штоком по ОСТ 2 Г22-2-73.

Основные параметры:

Диаметр цилиндра:	80 мм
Диаметр штока:	32 мм
Номинальный расход:	50 л/мин
Максимальное (теоретическое) усилие на штоке без учета сил трения:	5,64 кН

Максимальное давление холостого хода:	0,47 МПа
Утечка масла через уплотнения поршня при номинальном давлении:	4 см ³ /мин
Масса:	22,5 кг

$$Q_{11} = \frac{V \cdot D1}{1270} = \frac{17 \cdot 60}{1270} = 0,8 \text{ л / мин};$$

$$Q_{12} = \frac{V \cdot D2}{1270} = \frac{17 \cdot 75}{1270} = 1,0 \text{ л / мин};$$

4 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Выполним расчет режимов резания при обработке валика стеклоподъемника с использованием проектируемого токарного автомата.

4.1 Расчет режимов резания

Элементы припуска- величину микронеровностей Rz и глубину дефектного слоя h назначаем по таблицам [4, с. 66] и [6, с. 69]

Определим элементы припуска

$$\rho_0 = \sqrt{\rho_{\text{КСМ}}^2 + \rho_{\text{КОР}}^2 + \rho_{\text{Ц}}^2} \quad (4.1)$$

где $\rho_{\text{СМ}} = 0,8$ мм

$$\rho_{\text{СМ}} = \Delta_{\text{К}} \cdot L = 1.0 \cdot 67 = 67 \text{ мкм} \quad (4.2)$$

где L-длина заготовки

Величина отклонения расположения заготовки центровки:

$$\rho_{\text{Ц}} = 0.25 \cdot \sqrt{\delta_3^2 + 1}, \quad (4.3)$$

где δ_3 – допуск на поверхности, используемые в качестве базовых на токарных автоматных операциях.

$$\delta_3 = 2,4 \text{ мм}$$

$$\rho_{\text{Ц}} = 0.25 \cdot \sqrt{2.4^2 + 1} = 0.650 \text{ мм}$$

Суммарное отклонение расположения

$$\rho_0 = \sqrt{0.8^2 + 0.067^2 + 0.650^2} = 1.072 \text{ мм}$$

Погрешность установки при базировании заготовки в центрах

$$\varepsilon_{уст} = 0.25\varepsilon_{заг} \quad (4.4)$$

$$\varepsilon_{уст} = 0.25 \cdot 2.4 = 0.600 \text{ мм}$$

Остаточное суммарное расположение заготовки после черновой обработки

$$\rho_{ост} = K_y \cdot \rho_0, \quad (4.5)$$

где K_y - коэффициент уточнения [12, с. 190]

для перехода 2 $K_y = 0,06$

для перехода 3 $K_y = 0,04$

для перехода 4 $K_y = 0,02$,

тогда

$$\rho_2 = K_{y2} \cdot \rho_0 = 1072 \cdot 0,06 = 64$$

$$\rho_3 = K_{y3} \cdot \rho_0 = 1072 \cdot 0,04 = 43$$

$$\rho_4 = K_{y4} \cdot \rho_0 = 1072 \cdot 0,02 = 21$$

погрешность установки

$$\varepsilon_{уст3} = \varepsilon_{уст} \cdot K_{y2} = 600 \cdot 0,06 = 36 \text{ мкм};$$

$$\varepsilon_{уст4} = \varepsilon_{уст} \cdot K_{y3} = 600 \cdot 0,04 = 24 \text{ мкм}$$

Минимальный припуск на черновую обработку

$$2Z_{\min} = 2(Rz + h + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{yi}^2}) \quad (4.6)$$

минимальный припуск на чистовые операции

$$2Z_{\min} \text{ токар чист} = 2(50 + 50 + \sqrt{64^2 + 36^2}) = 400 \text{ мкм}$$

$$2Z_{\min} \text{ полиров.} = 2 \left(25 + 25 + \sqrt{43^2 + 24^2} \right) = 50 \text{ мкм}$$

Промежуточные расчетные размеры по обрабатываемым поверхностям

$$d_{i-1 \min} = d_{i \min} + 2Z_{\min} \quad (4.7)$$

$$d_{\min} \text{ полиров.} = 3,38 \text{ мм}$$

$$d_{\min} \text{ токар чист.} = 3,38 + 0,17 = 3,55 \text{ мм}$$

$$d_{\min} \text{ токар черн} = 3,55 + 0,655 = 4,205 \text{ мм}$$

$$d_{\min} \text{ заготов} = 4,205 + 1,615 = 5,82 \text{ мм}$$

$$d_{i \max} = d_{i \min} + T_{di} \quad (4.8)$$

$$d_{\max} \text{ полиров.} = 3,38 + 0,1 = 3,48 \text{ мм}$$

$$d_{\max} \text{ токар чист} = 3,55 + 0,1 = 3,65 \text{ мм}$$

$$d_{\max} \text{ токар черн} = 4,205 + 0,15 = 4,355 \text{ мм}$$

$$d_{\max} \text{ заготов} = 5,82 + 0,18 = 6 \text{ мм}$$

Максимальные припуски

$$2Z_{\max} = d_{i-1 \max} - d_{i \min} \quad (4.9)$$

$$2Z_{\max} \text{ полиров.} = 3,48 - 3,38 = 0,1 \text{ мм}$$

$$2Z_{\max} \text{ токар чист} = 3,65 - 3,55 = 0,1 \text{ мм}$$

$$2Z_{\max} \text{ токар черн} = 4,355 - 4,205 = 0,15 \text{ мм}$$

Минимальные припуски

$$2Z_{\min} = d_{i-1 \min} - d_{i \max} \quad (4.10)$$

$$2Z_{\min} \text{ полиров.} = 3,483 - 3,388 = 0,159 \text{ мм}$$

$$2Z_{\min} \text{ токар чист} = 3,658 - 3,554 = 0,244 \text{ мм}$$

$$2Z_{\min} \text{ токар черн} = 4,359 - 4,203 = 0,186 \text{ мм}$$

Проверка результатов расчёта

$$2Z_{\max} - 2Z_{\min} = T_{D_i+} + T_{D_i-1} - \text{условие проверки} \quad (4.11)$$

$$2Z_{4\max} - 2Z_{4\min} = 0,239 - 0,1 = 0,139$$

$$T_{D_i+} + T_{D_i-1} = 0,100 + 0,039 = 0,139$$

$2Z_{4\max} - 2Z_{4\min} = T_{D_i+} + T_{D_i-1} = 0,139$ – условие проверки выполнено,
значит, расчёт припусков выполнен верно.

5 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОЕКТА

Основой проектирования нового оборудования являются те требования, которым должна удовлетворять готовая деталь и которые вытекают из её назначения и условий работы.

Эти требования могут быть удовлетворены (выполнены) различными путями, поскольку технолог может применять различные варианты обработки детали, в одинаковой мере обеспечивающие выполнение поставленных требований.

Отсюда возникает необходимость выбрать такой вариант оборудования, который позволил бы добиться нужного результата в наиболее короткие сроки, с наименьшими затратами труда и средств, то есть экономически наиболее целесообразный.

Таким образом, целью данного раздела является расчет годового экономического эффекта от принятого к внедрению варианта оборудования.

ВЫБОР БАЗЫ ДЛЯ СРАВНЕНИЯ

Проектируемый, в дипломном проекте, вариант оборудования рассчитан на применение в рамках отдельного конкретного предприятия, то есть решается задача совершенствования (модернизации) существующего заводского варианта оборудования, который и принимается за базу для сравнения.

Таким образом, далее будут сравниваться два варианта, которые должны удовлетворять условиям сопоставимости вариантов, приведенных в [1,8].

Сопоставимость вариантов:

сравниваемые варианты будут сопоставимы так как:

- номенклатура продукции одинакова;
- объём выпуска равный;
- качество получаемой продукции одинаково;
- условия труда сходны;

- источники информации одни и те же;
- степень безопасности и экологичности на одном уровне.

Оценка экономического эффекта при совершенствовании существующего оборудования имеет целью выбор наилучшего варианта конструкции оборудования.

Металлорежущее оборудование относится к средствам труда длительного применения. При его производстве и использовании с улучшенными качественными характеристиками (производительность, долговечность, издержки эксплуатации и др.) в соответствии с методикой [16] годовой и экономический эффект рассчитывается по формуле:

$$\mathcal{E} = \left[C_1 \cdot B \cdot \frac{P_1 + E_n}{P_2 + E_n} + \frac{(I_1 - I_2) - E_n \cdot (K_2 - K_1)}{P_2 + E_n} - C_2 \right] \cdot A.$$

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НОРМЫ ВРЕМЕНИ РАБОТЫ И ГОДОВОГО ОБЪЕМА ВЫПУСКА ДЕТАЛЕЙ

От качества нормирования времени на работу зависит правильность определения потребности в металлорежущем оборудовании и рабочей силе, а следовательно, достоверность расчета экономического эффекта. Применяют два основных метода установления норм времени: опытно-статистический аналитически-расчетный. В соответствии с рекомендацией, данной в [16], установление норм времени лучше производить аналитически-расчетным методом.

Норма штучного времени на операцию определяется по формуле:

$$t_{шт} = t_0 + t_в + t_{обс} + t_{отд},$$

где t_0 – основное время; $t_в$ – вспомогательное время; $t_{обс}$ – время технического и организационного обслуживания; $t_{отд}$ – время на отдых и личные надобности; $t_{оп}$ – оперативное время.

Основное время рассчитывается по формуле [29]:

$$t_o = l \cdot i / (n \cdot s),$$

где l – расчетная длина обработки, $l = 6,5$ мм (см. рабочий чертеж детали); i – число проходов резца, $i = 1$; n – частота вращения шпинделя, $n = 500$ об/мин (см. техпроцесс); s – подача на один оборот обрабатываемой детали, $s = 0,16$ мм.

$$t_o = 6,5 \cdot 1 / (500 \cdot 0,16) = 0,08125 \text{ мин};$$

$$t_g = 4с = 0,0666 \text{ мин.}$$

Сумма нормы основного и вспомогательного времени составляет оперативное время:

$$t_{on} = t_{осн} + t_g;$$

$$t_{on} = 0,08125 + 0,066666 = 0,1479 \text{ мин.}$$

В соответствии с рекомендацией, данной в [29], время технического и организационного обслуживания составляет 1-6% от оперативного времени:

$$t_{обс} = 1 - 6\% \cdot t_{on} = 0,05 \cdot 0,1479 = 0,00885 \text{ мин.}$$

Время на отдых и личные надобности является последним слагаемым штучного времени. Величина его может колебаться в пределах от 10 до 20% от оперативного времени [29], тогда:

$$t_{омд} = 10 - 20\% \cdot t_{on} = 0,13 \cdot 0,1479 = 0,019227 \text{ мин};$$

$$t_{ум} = 0,08125 + 0,066666 + 0,00885 + 0,019227 = 0,176 \text{ мин.}$$

При расчете сравнительной экономичности способов и средств нормы времени по вариантам необходимо определять одинаковыми методами. Поэтому определение нормы времени по базовому варианту следует проводить также аналитически-расчетным методом.

Определение основного времени по базовому варианту производится по той же формуле, что и при расчете проектного варианта, поэтому:

$$t_o = 6,5 \cdot 1 / (500 \cdot 0,16) = 0,08125 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время состоит из времени на снятие и установку об-

рабатываемой детали. Оно повторяется с каждой обрабатываемой деталью.

$$t_g = 0,1 \text{ мин.}$$

Время на обслуживание и отдых определяется по тем же формулам, что и при расчете по проектному варианту.

$$t_{on} = 0,08125 + 0,1 = 0,18125 \text{ мин.};$$

$$t_{обс} = 1 - 6\% \cdot t_{on} = 0,05 \cdot 0,18125 = 0,0090625 \text{ мин.};$$

$$t_{омд} = 10 - 20\% \cdot t_{on} = 0,11 \cdot 0,18125 = 0,0199 \text{ мин.};$$

$$t_{ум} = 0,08125 + 0,1 + 0,0090625 + 0,0199 = 0,214 \text{ мин.}$$

Годовой объем продукции, производимой с использованием проектируемого оборудования, рассчитывается по формуле, взятой из [16].

$$N = \frac{F_d \cdot K_3 \cdot K_g \cdot 60}{t_c},$$

где N – годовая производительность разрабатываемого оборудования в натуральных единицах (деталях); F_d – действительный годовой фонд времени работы оборудования, $F_d = 1970$ час (данные с завода); t_c – норма времени на выполнение операции, $t_c = 0,176$ мин; K_3 – нормативный коэффициент загрузки металлорежущего оборудования, $K_3 = 0,7$ для массового производства (см. [16]); K_g – коэффициент выполнения норм (для действующего производства принимается по фактическим данным, а для вновь проектируемого – по фактическим данным выполнения норм на аналогичных работах), $K_g = 1$.

$$N = \frac{1970 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 60}{0,1760} = 470113 \text{ шт.}$$

РАСЧЕТ СОПУТСТВУЮЩИХ КАПИТАЛЬНЫХ ВЛОЖЕНИЙ

К сопутствующим капитальным вложениям относятся:

- затраты на доставку, монтаж и отладку оборудования;
- стоимость производственной площади, занимаемой оборудованием;

- стоимость служебно-бытовых помещений;

Поскольку годовой объем продукции принят исходя из годовой производительности единицы разрабатываемого оборудования, то для определения сопутствующих капитальных вложений по базовому варианту необходимо сначала рассчитать требуемое количество оборудования, необходимого для выполнения годового объема продукции. Расчет количества металлорежущего оборудования производится по формуле, взятой из [16]:

$$M_p = \frac{t_c \cdot N}{60 \cdot F_\partial \cdot K_\epsilon \cdot K_3}, \quad (5.1)$$

где M_p – расчетное количество единиц оборудования; t_c – норма времени на выполнение операции, $t_c = 0,176$ мин; N – годовой объем изготовления деталей в штуках исходя из производительности нового оборудования, $N = 470113$ шт; F_∂ – действительный годовой фонд времени работы оборудования, $F_\partial = 1970$ час (данные с завода); K_3 – нормативный коэффициент загрузки металлорежущего оборудования, $K_3 = 0,7$ для массового производства (см. [16]); K_ϵ – коэффициент выполнения норм, $K_\epsilon = 1$.

В массовом производстве при невозможности дозагрузки оборудования обработкой другими деталями расчетное количество единиц оборудования округляется до ближайшего целого числа и последующий расчет сопутствующих капитальных вложений и издержек производства ведется исходя из принятого количества оборудования

$$M_p = \frac{0,214 \cdot 470113}{60 \cdot 1970 \cdot 1 \cdot 0,7} = 1,216 \rightarrow 2 \text{ед.}$$

Затраты на доставку, монтаж и отладку оборудования рассчитывается по формуле, взятой из [16]:

$$K_\partial = C \cdot M_p \cdot (\delta_m + \delta_c + \delta_m), \quad (5.2)$$

где K_∂ – затраты на доставку, монтаж и отладку оборудования, руб; C – цена единицы оборудования, руб; (по данным завода-изготовителя цена базового станка 1И611П составляет 120т.руб., цена разрабатываемого автомата выше

на 20%); M_p – расчетное количество единиц оборудования (для базового варианта $M_p = 2$, для проектного $M_p = 1$); $\delta_m, \delta_c, \delta_m$ – коэффициенты, учитывающие соответственно транспортно-заготовительные расходы, связанные с доставкой оборудования, затраты на строительные работы и устройство фундамента для оборудования, затраты на монтаж и освоение оборудования.

В соответствии с рекомендацией, данной в [16], для оборудования массой менее 10т., коэффициент $\delta_m = 0,1$, коэффициенты δ_c, δ_m для приближенных расчетов могут быть приняты равными 0,05.

Проектный вариант: $K_o = 144000 \cdot 1 \cdot (0,1 + 0,05 + 0,05) = 28800$ руб.

Базовый вариант: $K_o = 120000 \cdot 2 \cdot (0,1 + 0,05 + 0,05) = 48000$ руб.

Стоимость производственной площади, занимаемой оборудованием, определяется по формуле, взятой из [16]:

$$\begin{aligned} K_{nn} &= S_{об} \cdot M_p \cdot f_{об}; \\ S_{об} &= S_{пл} \cdot \varepsilon, \end{aligned} \quad (5.3)$$

где K_{nn} – стоимость производственной площади, занимаемой оборудованием, руб.; $S_{об}$ – производственная площадь, занимаемая единицей оборудования, m^2 ; $f_{об}$ – стоимость $1m^2$ производственной площади, $f_{об} = 1100$ руб., (по данным завода); $S_{пл}$ – площадь оборудования в плане с учетом вылета рабочих органов, m^2 ; M_p – расчетное количество единиц оборудования.

Руководствуясь паспортными данными станка 1И611П и чертежами общего вида площадь оборудования можно рассчитать по их габаритам.

Проектный вариант: $S_{пл} = 1,99 \cdot 1,09 = 2,169$ m^2 .

Базовый вариант: $S_{пл} = 1,77 \cdot 0,97 = 1,717$ m^2 .

ε – коэффициент, учитывающий дополнительную производственную площадь, равный для обоих вариантов 5 (см. приложение 2 [16]).

Проектный вариант: $S_{об} = 2,169 \cdot 5 = 10,85$ m^2 ;
 $K_{nn} = 10,85 \cdot 1 \cdot 1100 = 11935$ руб.

$$S_{об} = 1,717 \cdot 5 = 8,58 \text{ м}^2;$$

Базовый вариант: $K_{nn} = 8,58 \cdot 2 \cdot 1100 = 18876 \text{ руб.}$

Стоимость служебно-бытовых помещений определяется по формуле

$$K_{сб} = S_{сб} \cdot (P_c + P_n) \cdot f_{сб}, \quad (5.4)$$

где $K_{сб}$ – стоимость служебно-бытовых помещений, руб; $S_{сб}$ – площадь служебно-бытовых помещений, занимаемая одним рабочим-станочником или наладчиком, $S_{сб} = 4 \text{ м}^2$ (по данным завода); P_c – численность рабочих-станочников, чел; P_n – численность наладчиков; $f_{сб}$ – стоимость 1 м^2 служебно-бытовых помещений, $f_{сб} = 1350 \text{ руб.}$, (по данным завода).

Численность станочников и наладчиков определяется по формулам,:

$$P_c = \frac{t \cdot N}{60 \cdot \Phi \cdot K_g}; \quad (5.5)$$

$$P_n = \frac{M_p \cdot D \cdot K_{cn}}{H}, \quad (5.6)$$

где t – норма времени на выполнение операции, $t = 0,176$ мин. (см. техпроцесс); N – годовой объем изготовления деталей в штуках исходя из производительности нового оборудования, $N = 470113$ шт; Φ – полезный годовой фонд времени одного рабочего, равный 1970 час; K_g – коэффициент выполнения норм, $K_g = 1$; D – число рабочих смен, $D = 1$ (по данным завода); K_{cn} – коэффициент среднесписочного состава, равный 1,1 [16]; H – норма обслуживания станков наладчиком, $H = 2$ [21, табл. 12, 24].

Проектный вариант:

$$P_c = \frac{0,176 \cdot 470113}{60 \cdot 1970 \cdot 1} = 0,7;$$

$$P_n = \frac{1 \cdot 1 \cdot 1,1}{2} = 0,55;$$

$$K_{сб} = 4 \cdot (0,7 + 0,55) \cdot 1350 = 6750 \text{ руб.}$$

Базовый вариант:

$$P_c = \frac{0.214 \cdot 470113}{60 \cdot 1970 \cdot 1} = 0,85;$$

$$P_n = \frac{2 \cdot 1 \cdot 1,1}{2} = 1,1;$$

$$K_{c\bar{o}} = 4 \cdot (0,85 + 1,1) \cdot 1350 = 10530 \text{ руб.}$$

Общие сопутствующие капитальные вложения по вариантам расчета определяются по формуле:

Проектный вариант:

$$K = K_o + K_{nn} + K_{c\bar{o}} = 28800 + 11935 + 6750 = 47485 \text{ руб.}$$

Базовый вариант:

$$K = 48000 + 18876 + 10530 = 77406 \text{ руб.}$$

РАСЧЕТ ГОДОВЫХ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ИЗДЕРЖЕК

Заработная плата рабочих-станочников с отчислениями на социальное страхование, определяется по формуле, взятой из [16]:

$$C_1 = \frac{t_q \cdot C_c \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \beta_3 \cdot \beta_4 \cdot N}{60},$$

где t – норма времени на выполнение операции, $t=0,176$ мин. (см. техпроцесс); C_c – часовая тарифная ставка станочника, равная 5,67 руб. (по данным завода); C_n – часовая тарифная ставка наладчика, равная 9,78 руб. (по данным завода); β_1 – коэффициент, учитывающий дополнительную заработную плату, (принимается равным 1,1 [16]); β_2 – коэффициент, учитывающий премиальные доплаты, (принимается равным 1,4 по данным завода); β_3 – коэффициент, учитывающий отчисления в фонд социального страхования, (принимается равным 1,37 [16]); β_4 – районный коэффициент (в уральской зоне равен 1,15 [16]); N – годовой объем изготовления деталей в штуках исходя из производительности нового оборудования, $N = 470113$ шт;

Проектный вариант:

$$C_1 = \frac{0,176 \cdot 5,67 \cdot 1,1 \cdot 1,4 \cdot 1,37 \cdot 1,15 \cdot 470113}{60} = 18970,8 \text{ руб.}$$

Базовый вариант:

$$C_1 = \frac{0,214 \cdot 5,67 \cdot 1,1 \cdot 1,4 \cdot 1,37 \cdot 1,15 \cdot 470113}{60} = 23066,8 \text{ руб.}$$

Заработная плата наладчиков с отчислениями на социальное страхование, определяется по формуле, взятой из [16]:

$$C_2 = P_n \cdot \Phi \cdot \Psi_n \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \beta_3 \cdot \beta_4.$$

Проектный вариант:

$$C_2 = 0,55 \cdot 1970 \cdot 9,78 \cdot 1,1 \cdot 1,4 \cdot 1,37 \cdot 1,15 = 25710,3 \text{ руб.}$$

Базовый вариант:

$$C_2 = 1,1 \cdot 1970 \cdot 9,78 \cdot 1,1 \cdot 1,4 \cdot 1,37 \cdot 1,15 = 51420,57 \text{ руб.}$$

Затраты на силовую электроэнергию для металлорежущих станков, определяются по формуле, взятой из [16]:

$$C_3 = \frac{W \cdot t \cdot \Psi_3 \cdot \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot N}{60 \cdot \eta \cdot K_6},$$

где W – суммарная установленная мощность электродвигателей станка, кВт.

Суммарная установленная мощность электродвигателей базового станка складывается из мощности электродвигателя привода главного движения, охлаждения и смазки:

$$W_6 = 3,0 + 0,0125 + 0,09 = 3,215 \text{ кВт.}$$

Суммарная установленная мощность электродвигателей проектируемого станка складывается из мощности электродвигателя привода главного движения, электродвигателя командоаппарата и электродвигателя смазки:

$$W_n = 3,0 + 0,06 + 0,09 = 3,15 \text{ кВт.}$$

Ψ_3 – стоимость одного киловатт-часа электроэнергии, равная 65 коп./кВт (по данным завода); N – годовой объем изготовления деталей в штуках исходя из производительности нового оборудования, $N = 470113$ шт; η – средний КПД электродвигателей станка, равный 0,95; α_1 – коэффициент загрузки по мощ-

ности электродвигателей станка, равный 0,80 [21, табл.7,3]; α_2 – коэффициент загрузки по времени электродвигателей станка, равный 0,5 [21, табл. 7, 6]; α_3 – одновременной работы электродвигателей станка, равный 1; α_4 – коэффициент, учитывающий потери электроэнергии в сети завода, равный 1,05;

Проектный вариант:

$$C_3 = \frac{3,15 \cdot 0,176 \cdot 0,65 \cdot 0,8 \cdot 0,5 \cdot 1 \cdot 1,05}{60 \cdot 0,95 \cdot 1} \cdot 470113 = 1248,3 \text{ руб.}$$

Базовый вариант:

$$C_3 = \frac{3,215 \cdot 0,214 \cdot 0,65 \cdot 0,8 \cdot 0,5 \cdot 1 \cdot 1,05}{60 \cdot 0,95 \cdot 1} \cdot 470113 = 1549,1 \text{ руб.}$$

Затраты на режущий инструмент, определяются по формуле:

$$C_4 = \sum_1^m \frac{(z + h \cdot Y) \cdot t_o \cdot \gamma}{\tau \cdot (h + 1) \cdot 60} \cdot N,$$

где z – цена инструмента, равная 45 руб. за каждый резец с твердосплавной пластиной (данные завода); Y – затраты на одну переточку инструмента, руб.;

Ориентировочно затраты на все переточки можно принять в процентах от цены инструмента:

$$h \cdot Y = 10\% - 30\% \cdot z = 0,2 \cdot 45 = 9 \text{ руб.},$$

где h – число переточек до полного износа, равное 10 [21, табл. 7.12]; t_o – основное время операции, мин., равное 0,08125 мин.; τ – период стойкости инструмента между переточками, равный 2 [21, табл. 7.12]; γ – коэффициент случайной убыли, равный 1,19 [21, табл. 7.12]; N – годовой объем изготовления деталей в штуках исходя из производительности нового оборудования, $N = 470113$ шт; m – количество наименований режущих инструментов в станке, равное 2.

Т.к. резцы отличаются лишь геометрией крепежной части, то затраты на них будут одинаковыми, поэтому:

$$C_4 = 2 \cdot \frac{(45 + 9) \cdot 0,08125 \cdot 1,19}{2 \cdot (10 + 1) \cdot 60} \cdot 470113 = 3718,95 \text{ руб.}$$

Затраты на режущий инструмент по базовому и проектному вариантам будут одинаковыми, т.к. режущий инструмент и режимы обработки не меняются.

Затраты на техническое обслуживание и ремонт оборудования, определяются по формуле, взятой из [16]:

$$C_5 = R \cdot V \cdot K_s \cdot M_p, \quad (5.7)$$

где R – ремонтосложность механической части оборудования в единицах ремонтной сложности, равная 13 для базового оборудования и 14 для проектируемого (по данным завода); V – годовые затраты на обслуживание и ремонт, приходящиеся на единицу КРС, $V = 309$ руб. (данные завода); K_s – коэффициент, учитывающий затраты на ремонт электрической части оборудования, равный 1,3 для базового оборудования и 1,6 для проектируемого (по данным завода).

Проектный вариант: $C_5 = 14 \cdot 309 \cdot 1,6 \cdot 1 = 6921,1$ руб.

Базовый вариант: $C_5 = 13 \cdot 309 \cdot 1,3 \cdot 2 = 10444,2$ руб.

Амортизация на полное восстановление сопутствующих капитальных вложений в оборудование определяется по формуле, взятой из [16]:

$$C_7 = \frac{K_{\partial a}}{100}, \quad (5.8)$$

где K_{∂} – затраты на доставку, монтаж и отладку оборудования, руб; M_p – расчетное количество единиц оборудования; a – норма амортизационных отчислений на полное восстановление в процентах, равная $a = 6,7\% \cdot 1,3 = 8,71\%$ [16].

Проектный вариант: $C_7 = \frac{28800 \cdot 8,71}{100} = 2508,5$ руб.

Базовый вариант: $C_7 = \frac{48000 \cdot 8,71}{100} = 4180,8$ руб.

Затраты по амортизации и содержанию сопутствующих капитальных вложений в оборудование определяются по формуле, взятой из [16]:

$$C_8 = (S_{nn} + S_{cб}) \cdot L,$$

где S_{nn} – производственная площадь, занимаемая оборудованием, для проектного варианта $S_{nn} = 10,85 \text{ м}^2$, для базового $S_{nn} = 8,58 \text{ м}^2$; $S_{cб}$ – площадь служебно-бытовых помещений, $S_{cб} = 4 \text{ м}^2$ (по данным завода); L – годовые затраты по амортизации и содержанию 1 м^2 производственной площади и площади служебно-бытовых помещений, определяется в процентном соотношении от стоимости служебно-бытовых помещений.

Для проектного варианта $L = 10\% \cdot K_{cб} = 0,1 \cdot 6750 = 675 \text{ руб.}$,

Для базового $L = 0,1 \cdot 10530 = 1053 \text{ руб.}$

Проектный вариант: $C_8 = (10,85 + 4) \cdot 675 = 10023,75 \text{ руб.}$

$$C_8 = (8,58 + 4) \cdot 1053 = 13246,75 \text{ руб.}$$

Суммарные годовые издержки по вариантам расчета определяются по формуле:

$$I = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5 + C_7 + C_8.$$

Проектный вариант:

$$I = 18970 + 25710,3 + 1248,3 + 3718,95 + 6921,6 + 2508,5 + 10023,75 = 69101,4.$$

Базовый вариант:

$$I = 23066,8 + 51420,57 + 1549,1 + 3718,95 + 10444,2 + 4180,8 + 13246,75 = 107627,17.$$

В соответствии с методикой [16] годовой и экономический эффект рассчитывается по формуле:

$$\mathcal{E} = \left[C_1 \cdot B \cdot \frac{P_1 + E_n}{P_2 + E_n} + \frac{(I_1 - I_2) - E_n \cdot (K_2 - K_1)}{P_2 + E_n} - C_2 \right] \cdot A_2,$$

где C_1 и C_2 – цена соответственно базового и нового оборудования (по данным завода-изготовителя цена базового станка 1И611П составляет $C_1 = 120$ тыс. руб., цена разрабатываемого автомата выше на 20%, $C_2 = 144$ тыс. руб.); B – коэффициент учета роста производительности нового оборудования по сравнению с базовым. Определяется отношением штучного времени обра-

ботки детали на базовом и новом оборудовании;

$$B = \frac{t_{ум.б}}{t_{ум.н}} = \frac{0,214}{0,176} = 1,21;$$

P_1 и P_2 – доли отчислений от балансовой стоимости на полное восстановление соответственно базового и нового оборудования. Рассчитываются как величины, обратные срокам службы оборудования, определяемые с учетом их морального износа, срок службы базового станка 1И611П составляет 20 лет (паспортные данные станка), нового – 15 лет, поэтому $P_1 = 0,0175$ и $P_2 = 0,0315$ [16, прил. 1]; I_1 и I_2 – годовые эксплуатационные издержки потребителя, $I_1 = 107627,17$ руб. и $I_2 = 69101,4$ руб. (расчет выше); K_1 и K_2 – сопутствующие капитальные вложения потребителя при использовании им базового и нового оборудования в расчете на объем продукции, производимый с помощью нового оборудования, $K_1 = 77406$ руб. и $K_2 = 47485$ руб.; A_2 – годовой объем производства металлорежущего оборудования в расчетном году в натуральных единицах.

$$\begin{aligned} \Xi &= \left[120000 \cdot 1,21 \cdot \frac{0,0175 + 0,15}{0,0315 + 0,15} + \right. \\ &+ \left. \frac{(107627,17 - 69101,4) - 0,15 \cdot (47485 - 77406)}{0,0315 + 0,15} - 144000 \right] \cdot 1 = \\ &= \boxed{34000 + 236991,3 - 144000} \cdot 1 = 226991,3 \text{ руб.} \end{aligned}$$

Вывод

Расчет показал, что проектный вариант металлорежущего оборудования дает положительный экономический эффект и в данном случае является однозначно наилучшим вариантом оборудования.

Наиболее значимые различия вариантов наблюдаются при расчете сопутствующих капитальных вложений и расчете годовых эксплуатационных издержек. Это объясняется тем, что в результате расчета потребное количество единиц базового оборудования равно двум, поскольку годовой объем

продукции принят исходя из годовой производительности единицы нового оборудования.

Технико-экономические показатели проекта

<i>Показатели</i>	<i>Варианты</i>	
	<i>базовые</i>	<i>проектные</i>
<i>1. Показатели качества:</i>		
<i>1.1. Масса, кг</i>	<i>1120</i>	<i>1300</i>
<i>1.2. Коэффициент роста производительности</i>	<i>1</i>	<i>1,21</i>
<i>1.3. Мощность, кВт</i>	<i>3,215</i>	<i>3,15</i>
<i>1.4. Ремонтосложность механической части, КРС</i>	<i>13</i>	<i>14</i>
<i>1.5. Площадь станка, м²</i>	<i>1,717</i>	<i>2,169</i>
<i>1.6. Срок службы, лет</i>	<i>20</i>	<i>15</i>
<i>2. Цена, тыс.руб.</i>	<i>120</i>	<i>144</i>
<i>3. Затраты на эксплуатацию, тыс.руб.:</i>	<i>107</i>	<i>69</i>
<i>3.1. Амортизация</i>	<i>4</i>	<i>3</i>
<i>3.2. Электроэнергия</i>	<i>2</i>	<i>1</i>
<i>3.3. Техническое обслуживание и ремонт</i>	<i>10</i>	<i>7</i>
<i>3.4. Зарплата</i>	<i>23</i>	<i>19</i>
<i>4. Эффект потребителя, тыс.руб.</i>	<i>-</i>	<i>227</i>

Таким образом, расчет показал целесообразность производства и эксплуатации проектируемого оборудования.

6 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

Современное машиностроительное производство включает в себя широкий перечень оборудования, технологической оснастки и рабочего инструмента. При помощи этих средств технологического оснащения возможны для реализации самые различные технологические процессы: Заготовительное производство (технологические процессы сварки, штамповки, литья и тд), металлообрабатывающее производство (лезвийная и специальная обработка), специальные физико – химические и комбинированные процессы (лазерные, электроэрозионные, электрохимические). Большинство из применяемого оборудования в настоящий момент характеризуется высоким уровнем автоматизации. Предлагаемый к использованию в разрабатываемом технологическом процессе в качестве основного оборудования металлорежущий станок относится к группе токарных прутковых автоматов продольного точения. Этот станок характеризуется тем, что после отработки управляющих программ и опытных технологий станок позволяет производить средние и крупные серии деталей в практически автоматическом режиме. Функции рабочего персонала в данном случае заключаются в систему подачи заготовок круглого прутка (калиброванного проката), а также к периодическому (согласно требований технологического процесса и регламента) контролю размеров получаемых деталей.

Знание и понимание вопросов экологической безопасности, охраны труда со стороны инженерно – технического персонала, реализующего рассматриваемый технологический процесс имеет первоочередное и крайне важное значение. Конструктивно-технологическая характеристика объекта

Таблица 6.1-Технологический паспорт объекта

Технологический процесс	Технологическая операция вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, устройство, приспособление	Материал, вещества
Точение	Автоматно-токарная операция	Оператор станка с ЧПУ Код по ОКС 8211	Проектируемый токарный автомат	Металл, СОЖ

Идентификация производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков

Таблица 6.2-Идентификация профессиональных рисков

Производственно-технологическая операция	Опасный и /или вредный производственный фактор	Источник опасного и /или вредного производственного фактора
Автоматно-токарная операция	<ul style="list-style-type: none"> -движущиеся машины и механизмы; -подвижные части производственного оборудования; -передвигающиеся изделия, заготовки; -повышенная температура поверхностей оборудования, материалов; -повышенный уровень шума на рабочем месте -раздражающее действие СОЖ на слизистые оболочки и кожные покровы; -работа в стоячем положении 	Проектируемый токарный автомат

Методы и технические средства снижения профессиональных рисков. В целях частичного снижения или полного устранения опасного или вредного производственного фактора необходимо подобрать оптимальные организационно-технические методы и технические средства защиты.

Таблица 6.3-Методы и средства снижения воздействия опасных и вредных производственных факторов

Опасный и / или вредный производственный фактор	Организационные методы и технические средства защиты, снижения, устранения опасного и / или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
Движущиеся машины и механизмы	-соблюдение правил безопасности выполнения работ; -применение ограждений ГОСТ 12.003-91ССБТ	Каска защитная ГОСТ12.4.207-99, очки защитные ГОСТ12.4253-2013
Подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки	-ограждение оборудования ГОСТ 12.2.062-81; -выделение с помощью окрашивания в яркий цвет подвижных частей оборудования ГОСТ Р 12.4.026-2001; -оснащение оборудования защитными устройствами ГОСТ 12.2 009-99	Очки защитные ГОСТ12.4253-2013
Повышенная температура поверхностей оборудования, материалов	-ограждение оборудования; -знак предупреждения об опасности –желтый треугольник с черной каймой и черным восклицательным знаком ГОСТ Р 12.4.026-2001	Защитная маска, очки ГОСТ12.4253-2013
Повышенный уровень шума на рабочем месте	Наладка оборудования ГОСТ 12.1 003-2014	Беруши, наушники ГОСТ Р12.4.209-99
Раздражающее действие СОЖ на слизистые оболочки и кожные покровы;	Состав СОЖ должен соответствовать СП 3935-85	Защитные мази, пасты ГОСТ 12.4.068
Работа в стоячем положении	- эргономика рабочего места ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ	

	- соблюдение режима труда и отдыха	
--	------------------------------------	--

Обеспечение пожарной и техногенной безопасности рассматриваемого технического объекта (производственно-технологических эксплуатационных и утилизационных процессов)

Необходимо произвести идентификацию потенциального возникновения класса пожара и выявленных опасных факторов пожара; указать технические средства и/или организационные методы по обеспечению (улучшению) пожарной безопасности технического объекта (производственно-технологического и инженерно-технического оборудования), произведенной продукции, используемых сырьевых материалов; указать реализующиеся пожаробезопасные характеристики произведенных технических объектов в процессах их эксплуатации (хранения, конечной утилизации по завершению жизненного цикла).

Идентификация опасных факторов пожара.

Таблица 6.4 - Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
Участок механической обработки	Токарные автоматы	-пожары связанные с воспламенением и горением веществ и материалов электроустановок, находящихся под электрическим напряжением (Е) -пожары, связанные с воспламенением и горением жидкостей или плавящихся твердых веществ и	-пламя и искры; -повышенная температура окружающей среды; -снижение видимости в дыму.	-образующиеся в процессе пожара осколки энергетического оборудования, п и инженерно-технологического оборудования, технологических установок; -замыкание высокого электрического напряжения на токопроводящие

		материалов (В)		части технологических установок, оборудования.
--	--	----------------	--	--

Разработка технических средств и организационных мероприятий по обеспечению пожарной безопасности технического объекта

Основными организационными мероприятиями по обеспечению пожарной безопасности:

— Определение обязанностей должностных лиц по обеспечению пожарной безопасности;

- Назначение ответственных за пожарную безопасность отдельных зданий, сооружений, помещений, участков и т.п., технологического и инженерного оборудования, а также за содержание и эксплуатацию имеющихся технических средств противопожарной защиты;

— Установка на каждом предприятии (учреждении, организации) соответствующего противопожарного режима;

— Разработка и утверждение общеобъектовой инструкции о мерах пожарной безопасности и соответствующих инструкций для всех взрывопожароопасных и пожароопасных помещений, организация изучения этих инструкций работниками;

— Разработка планов (схем) эвакуации людей в случае пожара; установление порядка (системы) оповещения людей о пожаре, ознакомления с ним всех работающих;

— Определение категорий зданий и помещений по взрывопожарной и пожарной опасности в соответствии с требованиями действующих нормативных документов, установление классов зон по Правилам устройства электроустановок;

— Обеспечение территорий, зданий и помещений соответствующими знаками пожарной безопасности, табличками с указанием номера телефона и порядка вызова пожарной охраны;

— Создание и организация работы пожарно-технических комиссий, добровольных пожарных дружин и команд.

В первую очередь на каждом предприятии (объекте) с учетом его пожарной опасности приказом необходимо назначить ответственных за пожарную безопасность, определить обязанности должностных лиц по обеспечению пожарной безопасности и установить соответствующий противопожарный режим.

Конкретные лица из числа руководства объекта и персонала назначаются ответственными за пожарную безопасность отдельных зданий, сооружений, помещений, участков и т.п., технологического и инженерного оборудования, а также за содержание и эксплуатацию технических средств противопожарной защиты.

Руководитель (владелец), делегируя свои полномочия, определяет своим приказом лиц ответственных за пожарную безопасность. Методология подготовки такого приказа заключается в том, чтобы ни один квадратный метр территории и помещений объекта, ни производственная или технологическая операция, нарушение регламента которой может привести к пожароопасной или взрывоопасными ситуации, не остались без ответственного за пожарную безопасность лица.

Основными направлениями работы лиц, ответственных за пожарную безопасность являются:

1. Обеспечение необходимой информацией, подготовка и разработка документов (приказов, инструкций, планов эвакуации на случай пожара и т.п.). Ведение документации.
2. Разработка и выполнение противопожарных мероприятий.
3. Создание и организация работы добровольных пожарных дружин и пожарно-технических комиссий.
4. Организация и проведение противопожарных инструктажей. Практическая отработка планов эвакуации, действий в случае пожара с персоналом объекта.

5. Анализ выявленных нарушений требований пожарной безопасности, а также возгораний и пожаров, имевших место.

6. Организация и поддержание противопожарного режима.

7. Приобретение, эксплуатация, содержание, проверка технических средств и систем противопожарной защиты.

8. Изучение и внедрение положительного опыта, современных технологий обеспечения пожарной безопасности.

9. Взаимодействие с пожарной охраной и другими организациями по обеспечению пожарной безопасности.

Противопожарный режим — это комплекс установленных норм поведения людей, правил выполнения работ и эксплуатации объекта (изделия), направленных на обеспечение его пожарной безопасности. Этих норм и правил должны придерживаться все работники. Противопожарный режим устанавливается преимущественно такими внутренними документами, как приказы и инструкции.

В ходе установления соответствующего противопожарного режима должностным лицам на каждом объекте с учетом условий их пожарной опасности следует определить:

— Возможность (место) курения, применения открытого огня, бытовых нагревательных приборов;

— Порядок проведения временных пожароопасных работ (в том числе сварочных);

— Правила проезда и стоянки транспортных средств;

— Места для хранения и допустимое количество сырья, полуфабрикатов и готовой продукции, которые могут одновременно размещаться в производственных помещениях и на территории (в местах хранения);

— Порядок уборки горючей пыли и отходов, хранение промасленной спецодежды и тряпье, очистки воздуховодов вентиляционных систем от горючих отложений;

— Порядок отключения от сети электрооборудования в случае пожара;

- Порядок осмотра и закрытия помещений после окончания работы;
- Порядок прохождения должностными лицами обучения и проверки знаний по вопросам пожарной безопасности, а также проведение с работниками противопожарных инструктажей и занятий по пожарно-техническому минимуму с назначением ответственных за их проведение;
- Порядок организации эксплуатации, обслуживания имеющихся технических средств противопожарной защиты (противопожарного водопровода, насосных станций, установок пожарной сигнализации, автоматического пожаротушения, дымоудаления, огнетушителей и т.п.);
- Порядок проведения планово-предупредительных ремонтов и осмотров электроустановок, отопительного, вентиляционного, технологического и другого инженерного оборудования;
- Действия работников при обнаружении пожара;
- Порядок сбора членов ДПД и ответственных должностных лиц в случае возникновения пожара, вызова ночью, в выходные и праздничные дни.

Обеспечение пожарной безопасности является достаточно сложным социально-экономическим задачам, направленным на предотвращение пожаров во всех сферах деятельности человека и ликвидацию пожаров в случае их возникновения.

Организационные (организационно-технические) мероприятия по предотвращению пожара

Организационные (организационно-технические) мероприятия направлены на предотвращение возникновения пожара или опасных факторов способствующих возникновению пожара.

Таблица 6.5 -Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Наименование технологического процесса,	Наименование видов реализуемых организацион-	Предъявляемые требования по обеспечению
---	--	---

оборудования технического объекта	ных (организационно-технических) мероприятий	пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Мехобработка с использованием токарного автомата	-контроль за правильной эксплуатацией оборудования; -содержание в исправном состоянии оборудования; -проведение плановых общих инструктажей по пожарной опасности; -размещение первичных средств пожаротушения на производственном участке.	- знание правил поведения при начале и распространении пожара; -применение средств пожаротушения; -применение средств пожарной сигнализации и средств извещения о пожаре; -соблюдение мер пожарной безопасности при проведении огневых работ. -запрет на курение и применение открытого огня в недопущенных местах;

Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта

В данном разделе необходимо произвести идентификацию негативных (вредных, опасных) экологических факторов, возникающих при реализации технологического процесса. Также необходимо, разработать конкретные технические и организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на окружающую среду производимым данным техническим объектом в процессе его производства, технической эксплуатации и конечной утилизации по завершению его жизненного цикла.

Идентификация негативных экологических факторов при реализации производственно-технического процесса.

Таблица 6.6-Идентификация экологических факторов технического объекта

Наименование технического объекта, техно-	Структурные составляющие технического	Воздействие технического объекта на	Воздействие технического объекта на	Воздействие технического

логического процесса	объекта, технологического процесса	атмосферу	гидросферу	объекта на литосферу
Механическая обработка	Прутковый автоматный станок модель HanwhaXP12S	Пыль металлическая	Взвешенные вещества, нефтепродукты	Отходы титановых сплавов хранятся в герметичной таре

Разработка мероприятий по снижению негативного антропогенного воздействия на окружающую среду.

Таблица 6.7-Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного воздействия технического объекта на окружающую среду.

Наименование технического объекта	Механическая обработка с использованием токарного автомата продольного точения.
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Применение «сухих» механических пылеуловителей
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу	-переход предприятия на замкнутый цикл водоснабжения; -применение инновационных технологий очистки сточных вод.
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Соблюдение правил хранения, периодичности вывоза отходов на переплавку(металлическая стружка)

Заключение по разделу «Безопасность и экологичность технического объекта».

В данном разделе приведена характеристика технологического процесса с использованием проектируемого токарного автомата, перечислены тех-

нологические операции, должности работников, производственно-техническое и инженерно-техническое оборудование, применяемые сырьевые технологические и расходные материалы, комплектующие изделия и производимые изделия (таблица 6.1).

Проведена идентификация профессиональных рисков по осуществляемому технологическому процессу изготовления специального высокопрочного винта, выполняемым технологическим операциям, видам производимых работ (таблица 6.2).

Разработаны организационно-технические мероприятия, включающие технические устройства снижения профессиональных рисков, подобраны средства индивидуальной защиты для работников (таблица 6.3).

Разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности технического объекта:

- проведена идентификация класса пожара и опасных факторов пожара и разработка средств, методов и мер обеспечения пожарной безопасности (таблица 6.4).

- разработаны средства, методы и меры обеспечения пожарной безопасности.

- разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности на техническом объекте (таблица 6.5).

Для обеспечения экологической безопасности технического объекта:

- идентифицированы экологические факторы (таблица 6.6)

- разработаны мероприятия по обеспечению экологической безопасности на техническом объекте (таблица 6.7).

7. ОПИСАНИЕ ГРАФИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА

Лист 1:

Наименование: Общий вид станка (лист 1).

Показан главный вид станка. Приведены технические требования и техническая характеристика станка. Ограждение поз. 7 не показано.

Лист 2:

Наименование: Общий вид станка (лист 2).

Показаны вид сзади и вид сбоку станка. Обозначены основные узлы станка. Показаны габаритные размеры станка.

Лист 3: Наименование: Бабка задняя.

Сборочный чертеж включает: цилиндр поз.2, поршень поз.14, шток поз.13. Главный вид выполнен в разрезе. Показаны основные размеры, представлены посадки и сформулированы технические требования. Задняя бабка выполнена телескопически. Такая конструкция обеспечивает высокую надежность узла и четкое выполнение перемещений согласно циклограмме работы станка.

Лист 4: формат А1.

Наименование: Схема электрическая принципиальная.

На чертеже показана схема всего электрооборудования станка, включение электродвигателей в цепь, блоки управления: механизма подачи детали, 1-го цилиндра задней бабки, 2-го цилиндра задней бабки, зажима цанги, суппорта, исходного положения командоаппарата, исходного положения суппорта.

На чертеж вынесена спецификация с указанием основных параметров отдельных узлов схемы.

Описание схемы.

Электродвигатели и аппаратура рассчитаны на включение в сеть напряжением 380 В и частотой 50 Гц. Напряжение в цепи управления 110В.

Напряжение в цепи сигнализации 5,5 В. Подключение электрической части станка к сети осуществляется автоматическим выключателем АСТ-3. Вся электроаппаратура смонтирована в отдельно стоящем шкафу.

На пульте управления станка предусмотрены сигнальные лампы «Сеть», «Автомат», «Наладка», «Конец цикла», «Наличие детали». Сигнальная лампа «Наличие детали» загорается при отсутствии детали на позиции обработки. Для счета обработанных деталей на эл.шкафу смонтирован электроимпульсный счетчик.

Лист 5: формат А2.

Наименование: Циклограмма. Автомат для обработки валика стеклоподъемника.

На чертеже показана циклограмма работы станка, которая показывает продолжительность каждого из переходов в цикле.

Продолжительность переходов необходимо знать при выборе электродвигателя привода главного движения.

В соответствии с циклограммой, работа станка начинается с нажатия кнопки «Вкл. Автомат».

Срабатывает пневмоцилиндр Ц4 подающей руки автооператора и подает деталь на ось центров автомата. В конце хода руки срабатывает конечный выключатель SQ1, который дает команду на золотник P6 (У2) телескопического пневмоцилиндра задней бабки Ц6 происходит выдвижение пиноли задней бабки на 85 мм, которая своим упором выталкивает деталь из подающей руки в цанговый зажим шпинделя станка. В конце хода пиноли срабатывает конечный выключатель SQ 2, подающий команду на золотник P4 (У1) – пневмоцилиндр Ц4 переключается на обратный ход, подающая рука автооператора возвращается в исходное положение. После 35 мм хода назад подающей руки срабатывает конечный выключатель SQ3, дающий команду на золотник P7 (У3) телескопического цилиндра задней бабки Ц7 – происходит окончательная подача детали в цангу до упора.

В конце хода пиноли задней бабки срабатывает конечный выключатель

SQ4, дающий команду на золотник *P1* (*У4*); срабатывает пневмоцилиндр *Ц1* кангового зажима детали. При достижении усилия зажима $P_3 = 180$ кг (расчетное) реле давления дает команду на золотники *P6* (*У2*) и происходит переключение телескопических цилиндров *Ц6* и *Ц7*, пиноль задней бабки возвращается в исходное положение. Одновременно реле давления дает команду на электромагнитную муфту, включающую вращение шпинделя и на золотник *P3* (*У5*), подающий сжатый воздух в гидробак.

Масло из гидробака поступает в гидроцилиндр *Ц3*, перемещая каретку с резцедержателем. Холостой ход каретки и рабочий ход обеспечивается дросселем с регулятором, обратным клапаном и золотником ПГ-55-62 управляемым кулачком, прикрепленным на каретке станка. В конце хода каретки, т.е. после окончания обработки детали срабатывает конечный выключатель *SQ5*. Происходит быстрый отвод суппорта поперечной подачи, в конце хода которого включается конечный выключатель *SQ6*. Происходит разжим и удаление детали, посредством выталкивающей пружины.

Далее цикл повторяется – срабатывает пневмоцилиндр *Ц4* подающей руки автооператора и подает деталь на ось центров.

Лист 6: формат А23.

Наименование: Схема гидропневмокинематическая. Автомат для обработки валика стеклоподъемника.

На чертеже показаны все гидро- и пневмоцилиндры, схема включения их в гидро- и пневмолинию, а также регуляторы, дроссели и эл. контакты обеспечивающие автоматический цикл работы станка.

На чертеж вынесена спецификация с указанием основных параметров отдельных узлов схемы.

Лист 7: формат А1.

Наименование: Схема кинематическая. Валик стеклоподъемника.

Представлена кинематическая схема токарного автомата с автоматиче-

ским переключением скоростей, благодаря включению в схему гидроцилиндров. Проставлены позиции валов и зубчатых колес с указанием числа зубьев. Представлен график частот вращения шпинделя.

На данном листе также представлены рабочие чертежи обрабатываемых деталей. Показаны все технологические размеры, проставлены отклонения, шероховатости поверхностей. Дан разрез детали, сформулированы технические требования.

Лист 8: формат А23.

Наименование: Автооператор.

Показан способ крепления руки автооператора к станине станка. Приведены все необходимые виды, разрезы и сечения, объясняющие устройство и принцип работы механизма. Проставлены основные и установочные размеры. Приведены технические требования и техническая характеристика.

Лист 9: формат А23.

Наименование: Шпиндельный узел с зажимом цанговым.

Показан шпиндельный узел токарно-винторезного станка 1И611П с зажимом цанговым, работающим посредством вращающегося пневмоцилиндра. Показаны все технологические размеры, проставлены отклонения. Показаны габаритные размеры шпиндельной бабки.

Лист 10: формат А23.

Наименование: Бункерное загрузочное устройство.

Показано бункерное загрузочное устройство, которое обеспечивает передачу заготовок, сконцентрированных в бункере навалом, на ось руки автооператора. Качающийся сектор захватывает заготовки из бункера и передает их в лоток, в котором заготовки перемещаются под действием собственной силы тяжести. Заготовки, имея вертикальную ориентацию, попадают в отсекатель, который в нужный момент пропускает одну заготовку. Далее заго-

товка падает в стаканчик автооператора и подается на в зону обработки.

На чертеже показаны габаритные и установочные размеры, изображены все необходимые виды, сечения и разрезы. Приведены технические требования и техническая характеристика.

Лист 11: формат А1.

Наименование: Привод поперечной подачи. (лист 1).

Показано крепление гидроцилиндра к станине станка. Дан разрез, показывающий конструкцию. Проставлены все необходимые размеры гидроцилиндра. Приведены технические требования.

Лист 12: формат А23.

Наименование: Привод поперечной подачи. (лист 2).

Показан вид сверху и вид сзади станка. Вынесены сечения, показывающие крепление штока гидроцилиндра к каретке резцедержателя. Проставлены все необходимые размеры.

Лист 13: формат А1.

Наименование: Схема соединений.

Показана схема питания пневмо и гидроцилиндров. Сжатый воздух от источника питания через фильтр-влагоотделитель ВД, редукционный клапан РД маслораспылитель МР поступает на вход пневмораспределителей. Откуда воздух по пневмолиниям поступает в полости цилиндров. Скорость потока воздуха регулируется дросселями.

На чертеж вынесена спецификация с указанием основных параметров отдельных узлов схемы.

Лист 14: формат А1.

Наименование: Организационно-экономическая часть.

Чертеж представляет собой таблицу технико-экономических показате-

лей дипломного проекта.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения дипломного проекта был разработан специальный токарный автомат на базе одношпиндельного токарно-винторезного станка

1И611П. Разработка данного автомата выполнена с целью повышения производительности станка (400-600дет/час) и как следствие повышение производительности труда рабочего. При этом рабочий освобождается от непосредственного участия в процессе обработки детали, от однообразных, повторяющихся движений, от монотонных нервных и физических напряжений. Вместе с тем повышается технический уровень обслуживания станка при его подготовке к производству – наладке и во время его эксплуатации. Модернизация станка вносит ритмичность в процесс обработки и способствует стабильности качества.

В ходе работы выполнено следующее:

- Модернизирована задняя бабка с целью автоматизации перемещения пиноли, посредством пневмопривода.
- Разработан цанговый зажим, который служит для автоматического зажима детали и удаления ее после обработки, посредством выталкивающей пружины. Цанговый зажим установленный в шпинделе станка, работает с помощью вращающегося пневмоцилиндра.
- Разработаны автоматические бункерно-загрузочное устройство и автооператор, которые обеспечивают нужную ориентацию заготовки в пространстве и передачу её в зону обработки. В качестве приводного механизма также используется пневматика.
- Спроектирован автоматизированный привод поперечной подачи, работа которого осуществляется посредством гидравлики, поскольку применение пневматики в данном механизме не может обеспечить заданный закон движения и стабильность скорости движения выходного звена.
- Выполнены все необходимые расчеты, предусмотренные методическими указаниями по выполнению дипломного проекта.
- Представлен рабочий маршрутно-технологический процесс детали 408-6104036-10 «валик стеклоподъемника».
- Произведен расчет экономического эффекта от производства и эксплуатации проектируемого автомата.

- В соответствии с заданием предложены мероприятия по инженерной защите и охране труда и обеспечению производственной безопасности для технического объекта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Горбацевич, А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие для вузов/ А.Ф. Горбацевич, В.А. Шкред. М:

– ООО ИД «Альянс.», 2007 – 256 с.

2 Ковшов, А. Н. Технология машиностроения : учеб. для вузов / А. Н. Ковшов. - Изд. 2-е, испр. ; Гриф УМО. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2008. - 319 с.

3 Лебедев, В. А. Технология машиностроения : Проектирование технологий изготовления изделий : учеб. пособие для вузов / В. А. Лебедев, М. А. Тамаркин, Д. П. Гепта. - Гриф УМО. - Ростов-на-Дону : Феникс, 2008. - 361 с.

4 Маталин А. А. Технология машиностроения : учеб. для студ. вузов, обуч. по спец. 151001 напр. "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроит. производств" / А. А. Маталин. - Изд. 3-е, стер. ; Гриф УМО. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2010. - 512 с.

5 Суслов, А. Г. Технология машиностроения : учеб. для вузов / А. Г. Суслов. - 2-е изд., перераб. и доп. ; Гриф МО. - Москва : Машиностроение, 2007. - 429 с.

6 Расторгуев Д. А. Проектирование технологических операций [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. пособие / Д. А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - Тольятти : ТГУ, 2015. - 140 с.

7 Расторгуев Д. А. Разработка плана изготовления деталей машин : учеб.-метод. пособие / Д. А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2013. - 51 с.

8 Марочник сталей и сплавов / сост. А. С. Зубченко [и др.] ; под ред. А. С. Зубченко. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 2003. - 782 с.

9 www.vniinstrument.ru

10 Панов, А.А. Обработка металлов резанием: Справочник технолога / А.А.Панов, В.В.Аникин, Н.Г. Байм и др.; под общ. ред. А.А. Панова. – М. : Машиностроение, 1988.

11 Технология машиностроения : учеб. пособие для вузов. В 2 кн. Кн. 1. Основы технологии машиностроения / Э. Л. Жуков [и др.] ; под ред. С. Л. Мурашкина . - Изд. 3-е, стер. ; Гриф МО. - Москва : Высш. шк., 2008. - 278 с.

12 Технология машиностроения : учеб. пособие для вузов. В 2 кн. Кн. 2. Производство деталей машин / Э. Л. Жуков [и др.] ; под ред. С. Л. Мурашкина. - Изд. 3-е, стер. ; Гриф МО. - Москва : Высш. шк., 2008. - 295 с. : ил. - Библиогр.: с. 292-293.

13 Технология машиностроения : учеб. пособие для вузов / под ред. М. Ф. Пашкевича. - Минск : Новое знание, 2008. - 477 с.

14 Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 1 / А. М. Дальский [и др.] ; под ред. А. М. Дальского [и др.]. - 5-е изд., испр. - Москва : Машиностроение-1, 2003. - 910 с.

15 Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 2 / А. М. Дальский [и др.] ; под ред. А. М. Дальского [и др.]. - 5-е изд., испр. - Москва : Машиностроение-1, 2003. - 941 с.

16 Гузеев В. И., 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. - 2-е изд. - Москва : Машиностроение, 2007. - 364, [1] с.

17 Режимы резания металлов : справочник / Ю. В. Барановский [и др.] ; под ред. А. Д. Корчемкина. - 4-е изд., перераб. и доп. - Москва : НИИ-Тавтопром, 1995. - 456 с.

18 Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов : справочник / под общ. ред. В. И. Баранчикова. - Москва : Машиностроение, 1990. - 399 с.

19 Расчет припусков и межпереходных размеров в машиностроении: Учеб. пособ. Для машиностроит. спец. вузов/ Я.М. Радкевич, В.А. Тимирязев, А.Г. Схиртладзе, М.С. Островский; Под ред. В.А. Тимирязева. – 2-е изд. Высш. шк. 2007 г.

20 Афонькин, М.Г. Производство заготовок в машиностроении. / М.Г. Афонькин, В.Б. Звягин – 2-е изд., доп. и пер.ера. СПб: Политехника, 2007 – 380с.

21 Боровков, В.М. Заготовки в машиностроении : учеб. пособие для вузов по спец. 1201 "Технология машиностроения" / В. М. Боровков [и др.] ; ТГУ. - Гриф УМО; ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2007. - 67 с. : ил. - 34-00.

22 Металлорежущие станки [Электронный ресурс] : учебник. В 2 т. Т. 1 / Т. М. Аврамова [и др.] ; под ред. В. В. Бушуева. - Москва : Машиностроение, 2011. - 608 с.

23 Металлорежущие станки [Электронный ресурс] : учебник. В 2 т. Т. 2 / В. В. Бушуев [и др.] ; под ред. В. В. Бушуева. - Москва : Машиностроение, 2011. - 586 с.

24 Блюменштейн В. Ю. Проектирование технологической оснастки : учеб. пособие для вузов / В. Ю. Блюменштейн, А. А. Клепцов. - Изд. 3-е, стер. ; гриф УМО. - Санкт-Петербург : Лань, 2014. - 219 с.

25 Горохов В. А. Проектирование технологической оснастки : учеб. для вузов / В. А. Горохов, А. Г. Схиртладзе, И. А. Коротков. - Гриф УМО. - Старый Оскол : ТНТ, 2010. - 431 с.

26 Ермолаев В.В. Технологическая оснастка. Лабораторно-практические работы и курсовое проектирование: учеб. пособ. – М.: Изд-во «Академия», 2012. – 320 с.

27 Зубарев, Ю.М. Расчет и проектирование приспособлений в машиностроении [Электронный ресурс] : учебник. - Электрон. дан. - СПб. : Лань, 2015. - 309 с.

28 Тарабарин, О. И. Проектирование технологической оснастки в машиностроении : учеб. пособие для вузов / О. И. Тарабарин, А. П. Абызов, В. Б. Ступко. - Изд. 2-е, испр. и доп. ; гриф УМО. - Санкт-Петербург : Лань, 2013. - 303 с.

29 Станочные приспособления : справочник. В 2 т. Т. 1 / редсовет: Б. Н. Вардашкин (пред.) [и др.] ; ред. тома Б. Н. Вардашкин [и др.]. - Москва :

Машиностроение, 1984. - 592 с.

30 Станочные приспособления : справочник. В 2 т. Т. 2 / редсовет: Б. Н. Вардашкин (пред.) [и др.] ; ред. тома Б. Н. Вардашкин [и др.]. - Москва : Машиностроение, 1984. - 655 с.

31 Григорьев, С. Н. Инструментальная оснастка станков с ЧПУ : [справочник] / С. Н. Григорьев, М. В. Кохомский, А. Р. Маслов ; под общ.ред. А. Р. Маслова. - Москва : Машиностроение, 2006. - 544 с.

32 Болтон У. Карманный справочник инженера-метролога. / У Болтон – М : Издательский дом «Додэка-XXI», 2002 – 384 с.

33 Палей М. А. Допуски и посадки : справочник. В 2 ч. Ч. 1 / М. А. Палей, А. Б. Романов, В. А. Брагинский. - 8-е изд., перераб. и доп. - Санкт-Петербург : Политехника, 2001. - 576 с.

34 Палей М. А. Допуски и посадки : справочник. В 2 ч. Ч. 2 / М. А. Палей, А. Б. Романов, В. А. Брагинский. - 8-е изд., перераб. и доп. - Санкт-Петербург : Политехника, 2001. - 608 с.

35 Артамонов, Е.В. Проектирование и эксплуатация сборных инструментов с сменными твердосплавными пластинами [Электронный ресурс] : учебное пособие / Е.В. Артамонов, Т.Е. Помигалова, М.Х. Утешев. - Электрон.дан. - Тюмень :ТюмГНГУ (Тюменский государственный нефтегазовый университет), 2013.

36 Булавин, В.В. Режущий инструмент [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие. - Электрон. дан. - Пенза : ПензГТУ (Пензенский государственный технологический университет), 2009. — 100 с.

37 Кожевников, Д.В. Режущий инструмент [Электронный ресурс] : учебник / Д.В. Кожевников, В.А. Гречишников, С.В. Кирсанов [и др.]. - Электрон. дан. - М. : Машиностроение, 2014. — 520 с.

38 Кирсанова, Г.Н. Руководство по курсовому проектированию металлорежущих инструментов: учебное пособие для вузов по специальности «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» / Под общ. ред. Г.Н. Кирсанова. – М.: Машиностроение, 1986. – 386 с.

39 Резников Л. А. Проектирование сложнопрофильного режущего инструмента [Электронный ресурс] : электрон. учеб. пособие / Л. А. Резников ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - Тольятти : ТГУ, 2014. - 207 с. : ил. - Библиогр.: с. 202-203.

40 Романенко, А.М. Режущий инструмент [Электронный ресурс] : учебное пособие. - Электрон. дан. - Кемерово : КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2012. - 103 с.

41 Шагун, В. И. Металлорежущие инструменты : учеб. пособие для студ. вузов / В. И. Шагун. - Гриф УМО. - Москва : Машиностроение, 2008. - 423 с.

42 Справочник конструктора-инструментальщика / В. И. Баранчиков [и др.] ; под общ. ред. В. А. Гречишникова, С. В. Кирсанова. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 2006. - 541 с.

43 Вороненко, В.П. Проектирование машиностроительного производства : учеб. для вузов / В. П. Вороненко, Ю. М. Соломенцев, А. Г. Схиртладзе. - 3-е изд., стер. ; Гриф МО. - Москва : Дрофа, 2007. - 380 с. : ил. - (Высшее образование). - Библиогр.: с. 378-380.

44 Козлов, А. А. Проектирование механических цехов [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. пособие / А. А. Козлов ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - Тольятти : ТГУ, 2015. - 47 с.

45 Зубкова, Н.В. Методические указания по экономическому обоснованию курсовых и дипломных работ по совершенствованию технологических процессов механической обработки деталей / Н.В. Зубкова – Тольятти : ТГУ, 2005.

46 Бычков, В.Я. Безопасность жизнедеятельности. Учебное пособие. [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.Я. Бычков, А.А. Павлов, Т.И. Чибисова. - Электрон. дан. - М. : МИСИС, 2009. - 146 с.

47 Горина, Л. Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта». Уч.-методическое посо-

бие. / Л. Н. Горина - Тольятти: изд-во ТГУ, 2016. – 33 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

№ п/п	№ п/п	№ п/п	Обозначение	Наименование	Кол	Примечание
				Документация		
			16.ДПОТМЛ502.63.000.СБ	Сборочный чертеж		
				Сборочные единицы		
	1			Заливал	4	
	2			Каретка	1	
	3			Гидродвигатель	1	
	4			Кранштейн	1	
				Детали		
	5			Кольцо	2	
	6			Карус	2	
	7			Крышка	2	
	8			Крышка	2	
	9			Крышка	2	
	10			Фланец	2	
	11			Фланец	2	
	12			Фланец	2	
	13			Штанга	2	
	14			Шток	2	
	15			Шток	2	
	16			Поршень	2	
	17			Поршень	2	
			16.ДПОТМЛ502.63.00			
			Автоператор		ПГУ	

№ п/п	№ п/п	Обозначение	Наименование	Кол	Примечание
			Стандартные изделия		
			Биты ГОСТ 7798-70		
	18		M10x32.58	4	
	19		M12x40.58	4	
	20		M16x40.58	4	
	21		M24x40.58	2	
			Биты ГОСТ 7808-70		
	22		M8x35.48	4	
	23		M10x35.58	6	
	24		M12x40.58	8	
	25		M10x25.58	4	
			Биты M16x18.58		
	26		ГОСТ 7805-62	4	
			Биты ГОСТ 11738-84		
	27		M8x20.58	4	
	28		M10x25.58	8	
	29		M12x30.58	8	
	30		M10x30.58	6	
			Биты M8x40.58		
	31		ГОСТ 1482-72	4	
			Биты ГОСТ 1491-72		
	32		M4x10.58	8	
	33		M10x25.58	6	
			Биты M10x25.58		
	34		ГОСТ 1476-72	6	
			Гайки ГОСТ 5975-70		
	35		M12.5	4	
	36		M12.5	4	
	37		M16.5	4	
	38		M24.5	2	
16.ИЛОТМЛ502.63.00					Лист 2

