



## Аннотация

Кулябин Андрей Сергеевич. Технологический процесс изготовления вала-шестерни поворотного механизма автокрана. Оборудование и технологии машиностроительного производства. ТГУ Тольятти, 2020 г.

Целью выпускной квалификационной работы является разработка технологического процесса изготовления вала-шестерни поворотного механизма автокрана, который позволит выпускать годовую программу деталей соответствующих техническим требованиям качества при условии обеспечения минимальных экономических затрат.

Работа состоит из введения, пяти основных разделов, заключения, приложений и графической части.

Во введении обосновывается актуальность разработки выбранной темы и ставится цель работы. В первом разделе производится анализ назначения, условий эксплуатации и технологичности детали. Результатом выполнения первого раздела является формулировка задач работы. Во втором разделе рассмотрено решение следующих задач: выбор метода получения и проектирование заготовки, проектирование маршрута обработки поверхностей, расчет припусков на обработку, выбор средства технологического оснащения, разработка плана изготовления, расчет режимов резания, нормирование технологических операций. В третьем разделе рассмотрено решение задач по совершенствованию технологического процесса путем проектирования станочного приспособления и металлорежущего инструмента. В четвертом разделе рассмотрены анализа безопасности и экологичности технологического процесса и мероприятия по их совершенствованию. В пятом разделе рассмотрены расчеты экономической эффективности спроектированного технологического процесса.

Данная выпускная работа содержит пояснительную записку в объеме 70 страницы и графическую часть в объеме 7 листов формата А1.

## Содержание

Введение.....	3
1 Анализ исходных данных.....	4
1.1 Назначение детали и условия ее эксплуатации.....	4
1.2 Технологические характеристики детали.....	5
1.3 Формулировка задач работы.....	7
2 Разработка технологической части работы.....	9
2.1 Выбор параметров техпроцесса.....	9
2.2 Проектирование заготовки.....	10
2.3 Проектирование плана изготовления.....	18
2.4 Определение средств оснащения техпроцесса.....	19
2.5 Разработка технологических операций.....	24
3 Проектирование специальных средств оснащения.....	28
3.1 Проектирование станочного приспособления.....	28
3.2 Проектирование режущего инструмента.....	34
4 Безопасность и экологичность технического объекта.....	37
4.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристики рассматриваемого технического объекта.....	37
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	38
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	40
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта.....	43
4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта.....	45
5 Экономическая эффективность работы.....	47
Заключение.....	51
Список используемых источников.....	52
Приложение А Технологическая документация.....	56
Приложение Б Спецификации к сборочным чертежам.....	68

## Введение

Погрузочная техника широко используется в самых разнообразных отраслях современной экономики. Наибольшее распространение краны получили в качестве строительной техники, при прокладке инженерно-технических коммуникаций, для выполнения погрузочно-разгрузочных работ, при производстве дорожных и коммунальных работ, при проведении аварийно-спасательных работ и так далее.

Особенно широкое распространение получили погрузочные устройства, выполненные конструктивно в виде кранов на автомобильной платформе. Автокраны обладают хорошей мобильностью и не требуют применения специальных путей, могут перемещаться по дорогам общего пользования с достаточной скоростью, а также транспортироваться на железнодорожной платформе без предварительной разборки.

Конструктивно такие краны представляют собой поворотную платформу, установленную на специальную крановую раму, прикрепленную к автомобильному шасси. Перед работой крановая рама опирается на специальные домкраты, что позволяет снять нагрузку от перемещаемого груза с рамы шасси. Поворотная платформа представляет собой механизм поворота, на который устанавливается телескопическая стрела, гидроцилиндры приводов, лебедки, гидроаппаратура, система противовесов и кабина управления. Основным механизмом данного крана является механизм поворота, который состоит из гидромотора и редуктора. Рассматриваемая в выпускной квалификационной работе вал-шестерня входит в состав данного редуктора.

Цель выпускной квалификационной работы заключается в разработке технологического процесса изготовления вала-шестерни поворотного механизма автокрана, который позволит выпускать годовую программу деталей соответствующих техническим требованиям качества при условии обеспечения минимальных экономических затрат.

## **1 Анализ исходных данных**

### **1.1 Назначение детали и условия ее эксплуатации**

Вал-шестерня устанавливается в корпусе редуктора на двух опорных подшипниках. Назначение вала-шестерни заключается в передаче крутящего момента от ведущего вала редуктора на шестерню исполнительного механизма. Момент передается посредством боковых поверхностей зубьев конической шестерни и шлицев. Применение такой конструкции шестерни выполненной заодно с валом позволяет не только передать крутящий, но и изменить его направление на 90 градусов.

Конструкция вала-шестерни ступенчатая характерная для деталей данного типа. Основной особенностью данной детали отличающей ее от типовых является наличие внутренних ступенчатых поверхностей образующих сложный профиль. Такие конструктивные характеристики формы детали обусловлены ее служебным назначением.

Величина рабочих нагрузок зависит от параметров перемещаемых грузов и может достигать значительных величин. При этом направление нагрузок может быть знакопеременным. Условия работы вала-шестерни зависят от условий работы автокрана. Как правило, такого рода техника эксплуатируется вне производственных помещений, поэтому велико влияние внешних климатических факторов. Вал-шестерня устанавливается в закрытом корпусе редуктора, поэтому на него не влияют повышенная запыленность окружающей среды, но существенное влияние оказывают температурный режим и влажность окружающей среды. Возможные существенные колебания температур могут привести к ухудшению свойств используемых для смазки трущихся поверхностей смазочных материалов, что может привести к увеличению износа исполнительных поверхностей детали. В целом условия эксплуатации детали можно охарактеризовать как умеренно тяжелые.

## 1.2 Технологические характеристики детали

Характеристики технологичности детали оцениваются с использованием данных [26]. В первую очередь данные характеристики зависят от материала, способа получения заготовки, конструкции детали, характеристики механической обработки.

Материал вала-шестерни сталь 20ХГНР ГОСТ 4543-71. По данным [27] определяем химический состав и механические характеристики материала. «Химический состав: углерод 0,16-0,23%, хром 0,7-1,1%, никель 0,8-1,1%, марганец 0,7-1,0%, кремний 0,17-0,37%, медь 0,3%, сера 0,035%, фосфор 0,035%, бор 0,001-0,005%, титан 0,06%. Основные физико-механические свойства: предел прочности на растяжение 490 МПа, твердость по шкале НВ 146-174 единиц» [27]. Представленные характеристики стали позволяют обеспечить необходимые рабочие показатели вала-шестерни и показатели обрабатываемости резанием при обработке твердосплавным инструментом 0,8 и быстрорежущим инструментом 0,7.

Приемлемыми методами получения заготовки определяются, прежде всего, материалом детали. Для деталей из стали 20ХГНР наиболее приемлемы методы получения заготовки обработкой давлением [5]. Данные методы обладают хорошими технологическими показателями, производительностью и позволяют получать заготовки с хорошими показателями точности и характеристик поверхностей, что уменьшает количество требуемых операций механической обработки и снижает требуемые припуски на обработку.

Конструкция детали оценивается на основе выявления наиболее значимых для выполнения служебного назначения поверхностей детали с использованием данных [7]. «Все поверхности детали классифицируем на основные конструкторские базы, вспомогательные конструкторские базы, исполнительные и свободные поверхности» [7]. Номера поверхностей представлены на эскизе детали (рисунок 1).

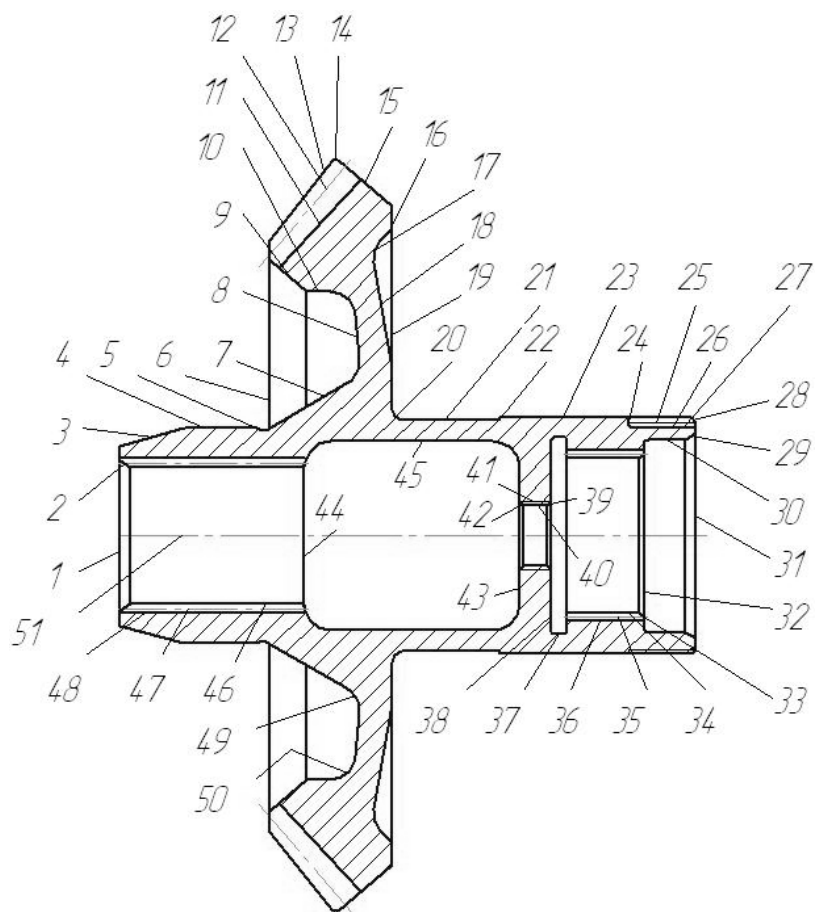


Рисунок 1 – Эскиз детали

Основными конструкторскими базами данной детали являются поверхности 4, 19, 23. При обработке детали данным поверхностям необходимо уделить особое внимание, так как от них зависит работоспособность детали и всего узла в целом.

Вспомогательными конструкторскими базами данной детали являются поверхности 26, 27, 25, 30, 35, 41. Эти поверхности отвечают за ориентацию других деталей относительно данной и, как правило, имеют ориентацию относительно основных конструкторских баз, что обуславливает необходимость их точной обработки и четкого соблюдения принципов базирования.

Исполнительными поверхностями данной детали являются поверхности 12, 47. От данных поверхностей зависит качество выполнения

деталью своего служебного назначения, поэтому их обработка достаточно трудоемка и требует высокой точности.

Характеристики механической обработки детали определяются годовой программой выпуска, необходимой точностью обработки, допусками формы и расположения поверхностей, а также характеристиками поверхностного слоя.

Исходя из данных параметров детали, механической обработке необходимо подвергнуть все ее поверхности. Применения при этом специальных методов обработки не требуется, так как определяющие выбор метода обработки параметры точности обработки и шероховатости достижимы стандартными методами.

Исходя из годовой программы, вероятнее всего, будет применен метод достижения точности путем предварительной настройки оборудования, что потребует предварительной проработки схем базирования. В данном случае реализация схем базирования возможна использованием как уже имеющихся поверхностей детали, так и специально созданных центровых отверстий.

Реализация предполагаемых методов механической обработки не потребует применения специальных средств оснащения и специального технологического оборудования, что существенно сократит стоимость обработки.

Проведенный анализ показал, что в целом рассматриваемый вал-шестерня может считаться технологичной деталью и не требует специальных подходов к проектированию или внесения изменений в конструкцию.

### **1.3 Формулировка задач работы**

Формулировка задач работы производится на основе имеющихся данных о служебном назначении детали, условиях ее работы и анализе технологических характеристик детали. Исходя из этого, основными задачами работы являются:



- выбор метода получения и проектирование заготовки,
- проектирование маршрута обработки поверхностей,
- расчет припусков на обработку,
- выбор средства технологического оснащения,
- разработка плана изготовления,
- расчет режимов резания,
- нормирование технологических операций,
- совершенствование технологического процесса путем проектирования станочного приспособления,
- совершенствование технологического процесса путем проектирования металлорежущего инструмента,
- анализ безопасности и экологичности технологического процесса и разработка мероприятий по их совершенствованию,
- расчет экономической эффективности технологического процесса.

## **2 Разработка технологической части работы**

### **2.1 Выбор параметров техпроцесса**

Тип производства является основой для определения параметров проектируемого техпроцесса. Определение типа производства производится по годовой программе выпуска, которая составляет 4000 штук в год и массе детали, которая составляет 14,46 кг. В соответствии с данными [18] тип производства среднесерийный.

Среднесерийный тип производства согласно данным [21] имеет следующие параметры техпроцесса. Проектирование ведется исходя из линейной последовательной стратегии проектирования. Организация техпроцесса на основе группового метода с применением выпуска деталей периодически повторяющимися сериями.

Методы получения заготовки выбираются по форме и материалу детали и экономических затрат на изготовление. Наиболее приемлемы для рассматриваемой детали методы штамповки. Проектирование заготовки осуществляется на основе определения припусков на обработку расчетно-аналитическим методом для ответственных поверхностей и статистическим для неотчетственных поверхностей.

Технологические операции разрабатываются с учетом реализации максимальной экстенсивной концентрации переходов. Обязательным условием является применение принципов теории базирования при разработке схем установки. Настройка оборудования на размер с использованием статических и динамических методов настройки. На финишных операциях возможно применение активного контроля. Расчет режимов резания и нормирование операций осуществляется расчетными методами с применением статистических данных. Предпочтительным является использование оборудования с системами числового программного управления и оборудования с полуавтоматическим циклом. Станочные

приспособления предпочтительно использовать универсальные, стандартизированные, в случае необходимости при проведении соответствующих экономических расчетов специальные. Режущие инструменты предпочтительно использовать стандартные, допускается применение специальных инструментов. Средства контроля предпочтительно использовать стандартизированные, нормализованные.

Технологическая документация разрабатывается в виде маршрутной карты. Для ответственных операций разрабатываются операционные карты с картами эскизов и технологические наладки.

Участок формируется по групповому принципу расстановки оборудования с соблюдением правил и норм технологического проектирования.

## 2.2 Проектирование заготовки

Экономическое обоснование выбора метода проектирования заготовки основано на расчете и сравнении общих затрат на получение детали из заготовок полученных различными методами по методике [11]. В ходе выполнения анализа заготовки на технологичность было выяснено, что «в данном случае лучшими вариантами являются методы штамповкой на горизонтально-ковочной машине и штамповкой на кривошипном горячештамповочном прессе» [11]. Проведем их сравнение согласно предложенной методике.

Общие затраты определяются по формуле:

$$C_i = C_{zi} + C_{обри}, \quad (1)$$

где  $C_{zi}$  – стоимость заготовки, руб.;

$C_{обри}$  – стоимость механической обработки, руб.;

$i$  – вариант получения заготовки.

Здесь и далее примем номер варианта 1 для горизонтально-ковочной машины, номер варианта 2 для кривошипного горячештамповочного прессы.

Стоимость заготовки определяется по формуле:

$$C_{zi} = \frac{C_{mi} \cdot M_{zi}}{1000} \cdot K_{сп} \cdot K_T \cdot K_{сл}, \quad (2)$$

где  $C_{mi}$  – стоимость тонны материала заготовки, руб.;

$M_{zi}$  – масса заготовки, кг;

$K_{сп}$  – коэффициент способа получения заготовки;

$K_T$  – коэффициент точности получения заготовки;

$K_{сл}$  – коэффициент сложности получения заготовки.

«Масса заготовки рассчитывается по формуле:

$$M_{zi} = M_d \cdot K_p, \quad (3)$$

где  $M_d$  – масса детали, кг;

$K_p$  – коэффициент формы и способа штамповки» [11].

Масса детали:

$$M_d = V \cdot \rho, \quad (4)$$

где  $V$  – объем детали, мм<sup>3</sup>;

$\rho$  – плотность материала, кг/мм<sup>3</sup>.

$$\begin{aligned} M_d &= \left(\frac{\pi}{4} \cdot (0,050^2 \cdot 0,034 + 0,055^2 \cdot 0,07 - 0,032^2 \cdot 0,043 + 0,044^2 \times \right. \\ &\times 0,05 - 0,016^2 \cdot 0,012 - 0,044^2 \cdot 0,035 - 0,036^2 \cdot 0,021 - 0,045^2 \times \\ &\times 0,012 - (0,114^2 - 0,073^2) \cdot 0,02) + \frac{\pi}{3} \cdot (0,138^2 + 0,175^2 + 0,138 \times \\ &\times 0,175) \cdot 0,03 - \frac{\pi}{3} (0,114^2 + 0,129^2 + 0,114 \cdot 0,129) \cdot 0,009) \cdot 0,785 = \\ &= 14,46 \text{ кг.} \end{aligned}$$

По формуле (3) рассчитываем массу заготовок получаемых различными методами штамповки.

$$M_{з1} = 14,46 \cdot 1,8 = 26,03 \text{ кг.}$$

$$M_{з2} = 14,46 \cdot 1,9 = 27,48 \text{ кг.}$$

По формуле (2) рассчитываем стоимость заготовок получаемых различными методами штамповки.

$$C_{з1} = \frac{32000 \cdot 26,03}{1000} \cdot 1,0 \cdot 0,82 \cdot 1,0 = 683,03 \text{ р.}$$

$$C_{з2} = \frac{32000 \cdot 27,48}{1000} \cdot 1,2 \cdot 0,82 \cdot 1,0 = 865,29 \text{ р.}$$

Стоимость механической обработки определяется по формуле:

$$C_{обрi} = \frac{C_{уд} \cdot \left(\frac{1}{K_{имi}} - 1\right) \cdot M_{д}}{K_0}, \quad (5)$$

где  $C_{уд}$  – «удельная цена снятия стружки, руб./кг;

$K_{имi}$  – коэффициент использования материала;

$K_0$  – коэффициент обрабатываемости материала» [11].

«Коэффициент использования материала определяется по формуле» [11]:

$$K_{имi} = \frac{M_{д}}{M_{зи}}. \quad (6)$$

$$K_{им1} = \frac{14,46}{26,03} = 0,56.$$

$$K_{им2} = \frac{14,46}{27,48} = 0,53.$$

По формуле (5) рассчитываем стоимость механической обработки.

$$C_{обр1} = \frac{42 \cdot \left(\frac{1}{0,56} - 1\right) \cdot 14,46}{0,8} = 596,48 \text{ р.}$$

$$C_{обр2} = \frac{42 \cdot \left(\frac{1}{0,53} - 1\right) \cdot 14,46}{0,8} = 673,21 \text{ р.}$$

По формуле (1) рассчитываем общие затраты.

$$C_1 = 683,03 + 596,48 = 1279,51 \text{ р.}$$

$$C_2 = 865,29 + 673,21 = 1538,50 \text{ р.}$$

Метод получения заготовки на горизонтально-ковочной машине более выгоден. Принимаем его для проведения дальнейших расчетов и проектирования заготовки.

Дальнейшее проектирование заготовки требует предварительного выбора маршрутов обработки поверхностей. На выбор маршрутов влияет форма, точность, шероховатость обрабатываемой поверхности и суммарные удельные затраты. Выбор маршрутов производится с использованием данных литературы [13].

Основываясь на полученных маршрутах обработки поверхностей, производим расчет припусков на обработку.

Припуски на обработку точных поверхностей диаметром  $50k6\left(\begin{smallmatrix} +0.018 \\ +0.002 \end{smallmatrix}\right)$  определяются расчетно-аналитическим методом [22].

Минимальный припуск рассчитывается для каждого перехода по формуле:

$$z_{imin} = a_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}, \quad (7)$$

где « $a_{i-1}$  – величина дефектного слоя на предыдущем переходе, мм;

$\Delta_{i-1}$  – величина пространственных отклонений поверхностей на предыдущем переходе, мм;

$\varepsilon_i$  – величина погрешности установки заготовки на текущем переходе, мм» [22].

«Максимальный припуск рассчитывается для каждого перехода по формуле:

$$z_{i max} = z_{i min} + 0,5 \cdot (Td_{i-1} + Td_i), \quad (8)$$

где  $Td_i$  – допуск размера на текущем переходе, мм;

$Td_{i-1}$  – допуск размера на предыдущем переходе, мм» [22].

Средний припуск рассчитывается для каждого перехода по формуле:

$$z_{срi} = 0,5 \cdot (z_{i \max} + z_{i \min}). \quad (9)$$

Результаты проведения расчетов припусков приведены ниже.

$$z_{1\min} = a_0 + \sqrt{\Delta_0^2 + \varepsilon_1^2} = 0,400 + \sqrt{0,400^2 + 0,025^2} = 0,801 \text{ мм.}$$

$$z_{2\min} = a_1 + \sqrt{\Delta_1^2 + \varepsilon_2^2} = 0,200 + \sqrt{0,063^2 + 0,025^2} = 0,268 \text{ мм.}$$

$$z_{3\min} = a_{T0} + \sqrt{\Delta_{T0}^2 + \varepsilon_3^2} = 0,025 + \sqrt{0,040^2 + 0,012^2} = 0,292 \text{ мм.}$$

$$z_{4\min} = a_3 + \sqrt{\Delta_3^2 + \varepsilon_4^2} = 0,050 + \sqrt{0,010^2 + 0,012^2} = 0,066 \text{ мм.}$$

$$z_{1 \max} = z_{1 \min} + 0,5 \cdot (Td_0 + Td_1) = 0,801 + 0,5 \cdot (1,6 + 0,25) = 1,714 \text{ мм.}$$

$$z_{2 \max} = z_{2 \min} + 0,5 \cdot (Td_1 + Td_2) = 0,268 + 0,5 \cdot (0,25 + 0,10) = 0,443 \text{ мм.}$$

$$z_{3 \max} = z_{3 \min} + 0,5 \cdot (Td_{T0} + Td_3) = 0,292 + 0,5 \cdot (0,16 + 0,10) = 0,422 \text{ мм.}$$

$$z_{4 \max} = z_{4 \min} + 0,5 \cdot (Td_3 + Td_4) = 0,066 + 0,5 \cdot (0,039 + 0,016) = 0,094 \text{ мм.}$$

$$z_{ср1} = 0,5 \cdot (z_{1 \max} + z_{1 \min}) = 0,5 \cdot (1,714 + 0,801) = 1,258 \text{ мм.}$$

$$z_{ср2} = 0,5 \cdot (z_{2 \max} + z_{2 \min}) = 0,5 \cdot (0,443 + 0,268) = 0,356 \text{ мм.}$$

$$z_{ср3} = 0,5 \cdot (z_{3 \max} + z_{3 \min}) = 0,5 \cdot (0,422 + 0,292) = 0,357 \text{ мм.}$$

$$z_{ср4} = 0,5 \cdot (z_{4 \max} + z_{4 \min}) = 0,5 \cdot (0,094 + 0,066) = 0,080 \text{ мм.}$$

Зная величины припусков для каждого перехода можно провести расчеты операционных размеров.

Минимальный диаметр рассчитывается по формуле:

$$d_{(i-1)\min} = d_{i \min} + 2 \cdot z_{i \min}. \quad (10)$$

В маршруте обработки поверхности предусмотрено выполнение

термической обработки. С учетом этого минимальный диаметр на переходе предшествующем термическому рассчитывается по формуле:

$$d_{(то-1)min} = d_{(i-1)min} \cdot 0,999. \quad (11)$$

Максимальный диаметр рассчитывается по формуле:

$$d_{(i-1)max} = d_{(i-1)min} + Td_{i-1}. \quad (12)$$

Средний диаметр рассчитывается по формуле:

$$d_{i\text{ ср}} = 0,5 \cdot (d_{i\text{ max}} + d_{i\text{ min}}). \quad (13)$$

Ниже приведены результаты проведения расчетов.

Результаты проведения расчетов операционных размеров приведены ниже.

$$d_{4min} = 50,002 \text{ мм.}$$

$$d_{4max} = 50,018 \text{ мм.}$$

$$d_{4\text{ ср}} = 0,5 \cdot (d_{4max} + d_{4min}) = 0,5 \cdot (50,018 + 50,002) = 50,100 \text{ мм.}$$

$$d_{3min} = d_{4min} + 2 \cdot z_{4min} = 50,018 + 2 \cdot 0,066 = 50,150 \text{ мм.}$$

$$d_{3max} = d_{3min} + Td_3 = 50,150 + 0,039 = 50,189 \text{ мм.}$$

$$d_{3\text{ ср}} = 0,5 \cdot (d_{3max} + d_{3min}) = 0,5 \cdot (50,189 + 50,150) = 50,170 \text{ мм.}$$

$$d_{то\text{ min}} = d_{3min} + 2 \cdot z_{3min} = 50,189 + 2 \cdot 0,292 = 51,229 \text{ мм.}$$

$$d_{то\text{ max}} = d_{то\text{ min}} + Td_{то} = 51,229 + 0,160 = 51,389 \text{ мм.}$$

$$d_{то\text{ ср}} = 0,5 \cdot (d_{то\text{ max}} + d_{то\text{ min}}) = 0,5 \cdot (51,389 + 51,229) = \\ = 51,309 \text{ мм.}$$

$$d_{2min} = d_{то\text{ min}} \cdot 0,999 = 51,229 \cdot 0,999 = 51,188 \text{ мм.}$$

$$d_{2max} = d_{2min} + Td_2 = 51,188 + 0,100 = 51,288 \text{ мм.}$$

$$d_{2\text{ ср}} = 0,5 \cdot (d_{2max} + d_{2min}) = 0,5 \cdot (51,288 + 51,188) = 51,238 \text{ мм}$$



$$d_{1min} = d_{2min} + 2 \cdot z_{2min} = 51,288 + 2 \cdot 0,268 = 51,824 \text{ мм.}$$

$$d_{1max} = d_{1min} + Td_1 = 51,824 + 0,250 = 52,074 \text{ мм.}$$

$$d_{1cp} = 0,5 \cdot (d_{1max} + d_{1min}) = 0,5 \cdot (52,074 + 51,824) = 51,949 \text{ мм.}$$

$$d_{0min} = d_{1min} + 2 \cdot z_{1min} = 52,074 + 2 \cdot 0,801 = 53,676 \text{ мм.}$$

$$d_{0max} = d_{0min} + Td_0 = 53,676 + 1,600 = 55,276 \text{ мм.}$$

$$d_{0cp} = 0,5 \cdot (d_{0max} + d_{0min}) = 0,5 \cdot (55,276 + 53,676) = 54,476 \text{ мм.}$$

Общий минимальный припуск рассчитывается по формуле:

$$2z_{min} = d_{0min} - d_{4max}. \quad (14)$$

Общий максимальный припуск рассчитывается по формуле:

$$2z_{max} = 2z_{min} + Td_0 + Td_4. \quad (15)$$

Общий средний припуск рассчитывается по формуле:

$$2z_{cp} = 0,5 \cdot (2z_{min} + 2z_{max}). \quad (16)$$

$$2z_{min} = 53,676 - 50,018 = 3,658 \text{ мм.}$$

$$2z_{max} = 3,658 + 1,600 + 0,016 = 5,274 \text{ мм.}$$

$$2z_{cp} = 0,5 \cdot (3,658 + 5,724) = 4,466 \text{ мм.}$$

Значения припусков на обработку остальных поверхностей по переходам определяются на основе метода и данных, содержащихся в литературе [20]. В таблице 1 приведены результаты определения припусков на обработку поверхностей.

Таблица 1 – Результаты определения припусков на обработку поверхностей

Поверхность	Номер перехода	Минимальное значение припуска, мм	Максимальное значение припуска, мм	Среднее значение припуска, мм
1, 31	1	2,0	4,0	3,0
13	1	2,1	4,3	3,2
	2	0,15	0,43	0,29
19	1	2,5	4,25	3,375
	2	1,0	1,21	1,105
	3	0,5	0,583	0,542
23	1	1,3	3,05	2,175
	2	0,15	0,36	0,255
	3	0,2	0,373	0,287
	4	0,03	0,063	0,047
34	1	0,8	1,05	0,925
	2	0,5	0,675	0,588
	3	0,25	0,32	0,285
46	1	0,8	1,05	0,925
	2	0,5	0,675	0,588
	3	0,25	0,32	0,285
12	1	0,6	1,05	0,825
	2	0,18	0,32	0,25

Имея значения припусков на обработку поверхностей, производим проектирование заготовки. Основные параметры заготовки для ее проектирования выбираем по ГОСТ 7505-89 [4]: класс точности получения заготовки Т4, группа материала М2, степень сложности С2, исходный индекс И15. Напуски также определяем по ГОСТ 7505-89: «наружные штамповочные уклоны 5°, внутренние штамповочные уклоны 7°, радиусы скруглений 3 мм, значение максимального остаточного облоя не более 1,2 мм, значение смещения по поверхности разъема штампа не более 1,0 мм, concentricity отверстий не более 1,5 мм, плоскостность торцовых поверхностей не более 1,0 мм» [4].

Результаты проектирования заготовки представлены на листе графической части работы.

### 2.3 Проектирование плана изготовления

Основой проектирования плана изготовления является технологический маршрут изготовления детали. В соответствии с характеристиками типа производства разработка технологического маршрута изготовления детали ведется на основе типовых маршрутов [3, 16] с учетом обеспечения принципа максимальной концентрации переходов. Получаем следующий маршрут изготовления детали.

005 Фрезерноцентровальная операция содержит переходы фрезерования поверхностей 1, 31 и сверления поверхностей 2, 29, 30.

010 Токарная операция содержит переходы точения поверхностей 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23.

015 Токарная операция содержит переходы точения поверхностей 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 13, 14.

020 Токарная операция содержит переходы точения поверхностей 30, 32, 34, 38, 40, 43, 44, 45, 46.

025 Токарная операция содержит переходы точения поверхностей 4, 13, 19, 23, 25, 28.

030 Токарная операция содержит переходы точения поверхностей 33, 34, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 46.

035 Фрезерная операция содержит переходы фрезерования поверхностей 24, 26, 27.

040 Долбежная операция содержит переходы долбления поверхностей 47, 48.

045 Долбежная операция содержит переходы долбления поверхностей 35, 36.

050 Зубонарезная операция содержит переход нарезания зубьев поверхностей 11, 12.

055 Зубонарезная операция содержит переход нарезания зубьев поверхность 12.

060 Термическая операция содержит термическую обработку всех поверхностей детали.

065 Центрошлифовальная операция содержит переходы шлифования поверхностей 2, 29.

070 Круглошлифовальная операция содержит переходы шлифования поверхности 23.

075 Круглошлифовальная операция содержит переходы шлифования поверхности 4.

080 Внутришлифовальная операция содержит переходы шлифования поверхностей 19, 34, 46.

085 Круглошлифовальная операция содержит переходы шлифования поверхности 23.

090 Круглошлифовальная операция содержит переходы шлифования поверхности 4.

095 Моечная операция содержит мойку и сушку всех поверхностей.

100 Контрольная операция содержит контроль параметров детали по ее чертежу.

Основываясь на маршруте изготовления детали, разрабатывается план изготовления. Результаты проектирования плана изготовления представляются в виде маршрутной карты, которая содержится в приложении А данной работы, а так же в виде графического отображения на листе графической части работы, сформированного по рекомендациям [19].

## **2.4 Определение средств оснащения техпроцесса**

«В состав средств технологического оснащения входят технологическое оборудование, станочные приспособления, режущий инструмент, контрольные приспособления» [24].

Выбор технологического оборудования зависит от типа производства, метода обработки, точности обработки, геометрических параметров детали и

ряда других требований [25]. В таблице 2 представлены результаты выбора технологического оборудования с использованием данных [14, 23].

Таблица 2 – Результаты выбора технологического оборудования

Операция	Поверхности	Содержание операции	Точность обработки	Оборудование
005 Фрезерно-центровальная	1, 2, 29, 30, 31	фрезерование торцев, сверление отверстия	12, 9	фрезерно-центровальный МР-71М
010 Токарная	15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23	точение шеек, торцев	12	токарно-винторезный 16К20Ф3
015 Токарная	3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 13, 14	точение шеек, торцев	12	токарно-винторезный 16К20Ф3
020 Токарная	30, 32, 34, 38, 40, 43, 44, 45, 46	сверление, растачивание отверстий	12	токарно-винторезный 16К20Ф3
025 Токарная	4, 13, 19, 23, 25, 28	точение шеек, торцев	10	токарно-винторезный 16К20Ф3
030 Токарная	33, 34, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 46	растачивание отверстий	10	токарно-винторезный 16К20Ф3
035 Фрезерная	24, 26, 27	фрезерование паза	12	вертикально-фрезерный 6Р10
040 Долбежная	47, 48	долбление шлиц	7	долбежный 7А412
045 Долбежная	35, 36	долбление шлиц	7	долбежный 7А412
050 Зубонарезная	11, 12	строгание зубьев	10.	зубонарезной 5С268
055 Зубонарезная	12	строгание зубьев	7.	зубонарезной 5С268
065 Центрошлифовальная	2, 29	шлифование центровых отверстий	8	центрошлифовальный 3921
070 Круглошлифовальная	23	шлифование шейки	8	круглошлифовальный 3М151
075 Круглошлифовальная	4	шлифование шейки	8	круглошлифовальный 3М151
080 Внутришлифовальная	19, 34, 46	шлифование торца, отверстий	7	внутришлифовальный 3К227В
085 Круглошлифовальная	23	шлифование шейки	6	круглошлифовальный 3М151
090 Круглошлифовальная	4	шлифование шейки	7	круглошлифовальный 3М151

Продолжение таблицы 2

Операция	Поверхности	Содержание операции	Точность обработки	Оборудование
095 Моечная				моечная машина
100 Контрольная				контрольный стол

Выбор станочных приспособлений зависит от типа производства, схемы базирования на операции, требуемой точности обработки, геометрических параметров детали и ряда других требований [25]. В таблице 3 представлены результаты выбора станочных приспособлений с использованием данных [9, 23].

Таблица 3 – Результаты выбора станочных приспособлений

Операция	Элемент базирования	Элемент закрепления	Наименование приспособления
005 Фрезерно-центровальная	призмы установочные, осевой упор	призмы самоцентрирующие	тиски самоцентрирующие специальные
010 Токарная	центр вращающийся ГОСТ8742-75	кулачки	патрон трехкулачковый специальный
015 Токарная	центр вращающийся ГОСТ8742-75	кулачки	патрон трехкулачковый специальный
020 Токарная	центр вращающийся ГОСТ8742-75	кулачки	патрон трехкулачковый специальный
025 Токарная	центр вращающийся ГОСТ8742-75	кулачки	патрон трехкулачковый ГОСТ24351-80
030 Токарная	люнет неподвижный самоцентрирующий	кулачки	патрон трехкулачковый специальный
035 Фрезерная	призмы установочные, осевой упор	призмы самоцентрирующие	тиски самоцентрирующие
040 Долбежная	упор	лепестки цанги	патрон цанговый
045 Долбежная	упор	лепестки цанги	патрон цанговый
050 Зубонарезная	цанга	лепестки цанги	патрон цанговый
055 Зубонарезная	цанга	лепестки цанги	патрон цанговый

Продолжение таблицы 3

Операция	Элемент базирования	Элемент закрепления	Наименование приспособления
065 Центрошлифовальная	призмы установочные, осевой упор	призмы самоцентрирующие	тиски самоцентрирующие
070 Круглошлифовальная	центр неподвижный ГОСТ8740-75	поводок	патрон поводковый специальный
075 Круглошлифовальная	центр неподвижный ГОСТ8740-75	поводок	патрон поводковый специальный
080 Внутришлифовальная	центр неподвижный ГОСТ8740-75, люнет самоцентрирующий	поводок	патрон поводковый специальный
085 Круглошлифовальная	центра неподвижные ГОСТ8740-75	поводок	патрон поводковый специальный
090 Круглошлифовальная	центра неподвижные ГОСТ8740-75	поводок	патрон поводковый специальный

Выбор режущего инструмента зависит от типа производства, метода обработки, точности обработки, геометрических параметров детали и ряда других требований [25]. В таблице 4 представлены результаты выбора режущего инструмента с использованием данных [10, 23].

Таблица 4 – Результаты выбора режущего инструмента

Операция	Материал режущей части	Наименование инструмента
005 Фрезерно-центровальная	T5K10, P6M5	фреза торцовая насадная ГОСТ 9473-80, сверло центровочное специальное, зенковка
010 Токарная	T5K10	резец контурный ГОСТ 18879-73
015 Токарная	T5K10	резец контурный ГОСТ 18879-73, резец расточной ГОСТ18879-73
020 Токарная	T15K6, T5K10	сверло ступенчатое, резец расточной ГОСТ 18879-73
025 Токарная	T30K4, T5K10	резец контурный ГОСТ 18879-73, резец канавочный ГОСТ 18879-73, резец

Продолжение таблицы 4

Операция	Материал режущей части	Наименование инструмента
		резьбовой ГОСТ 18879-73
030 Токарная	T30K4, T5K10	резец расточной ГОСТ 18879-73
035 Фрезерная	P6M5	фреза шпоночная ГОСТ 9308-69
040 Долбежная	P18	долбяк ГОСТ 9323-79
045 Долбежная	P18	долбяк ГОСТ 9323-79
050 Зубонарезная	P6M5	резцы зубострогальные ГОСТ 5392-80
055 Зубонарезная	P6M5	резцы зубострогальные ГОСТ 5392-80
065 Центрошлифовальная	алмаз синтетический АГК	головка алмазная АГК ГОСТ2447-82
070 Круглошлифовальная	электрокорунд белый	круг шлифовальный 1-200×50×100 24A46M9V 30м/с1А ГОСТ 52781-2007
075 Круглошлифовальная	электрокорунд белый	круг шлифовальный 1-200×50×100 24A46M9V 30м/с1А ГОСТ 52781-2007
080 Внутришлифовальная	электрокорунд белый	круг шлифовальный 1-32×40×10 23A46M7V5 30м/с1А ГОСТ 52781-2007, круг шлифовальный 11-32×40×10 23A46O6V8 30м/с1А ГОСТ 52781-2007
085 Круглошлифовальная	электрокорунд белый	круг шлифовальный 1-200×50×100 25A60K7V 30м/с1А ГОСТ 52781-2007
090 Круглошлифовальная	электрокорунд белый	круг шлифовальный 1-200×50×100 25A60K7V 30м/с1А ГОСТ 52781-2007

Выбор контрольных приспособлений зависит от типа производства, требуемой точности контроля, геометрических параметров детали и ряда других требований [25]. В таблице 5 представлены результаты выбора контрольных приспособлений с использованием данных [17, 23].

Таблица 5 – Результаты выбора контрольных приспособлений

Операция	Точность контроля	Контрольное приспособление
005 Фрезерно-центровальная	12, 9	штангенциркуль ШЦ-II ГОСТ 160-80, калибр контроля центрального отверстия
010 Токарная	12	штангенциркуль ШЦ-II ГОСТ 160-80
015 Токарная	12	штангенциркуль ШЦ-II ГОСТ 160-80
020 Токарная	12	нутромер НМ-50 ГОСТ 160-80
025 Токарная	10	микрометр МК-50 ГОСТ 6507-78, резьбовой калибр
030 Токарная	10	нутромер НМ-50 ГОСТ 160-80, резьбовой калибр



Продолжение таблицы 5

Операция	Точность контроля	Контрольное приспособление
035 Фрезерная	12	штангенциркуль ШЦ-I ГОСТ160-80, калибр
040 Долбежная	9	нутромер НМ-50 ГОСТ160-80, калибр
045 Долбежная	9	нутромер НМ-50 ГОСТ160-80, калибр
050 Зубонарезная	10	калибр
055 Зубонарезная	7	калибр
065 Центрошлифовальная	8	калибр
070 Круглошлифовальная	8	скоба рычажная СР-80 ГОСТ160-80
075 Круглошлифовальная	8	скоба рычажная СР-80 ГОСТ160-80
080 Внутришлифовальная	7	калибр
085 Круглошлифовальная	6	скоба рычажная СР-80 ГОСТ160-80
090 Круглошлифовальная	6	скоба рычажная СР-80 ГОСТ160-80

Выбранные средства технологического оснащения заносятся в маршрутную карту и операционные карты приложения А. Кроме того, технологическое оборудование заносится в соответствующую графу плана изготовления графической части работы.

## 2.5 Разработка технологических операций

Основой для разработки технологических операций является определение режимов резания и их нормирование. «К режимам резания относят подачу инструмента, скорость резания и частоту вращения шпинделя. Нормирование операций заключается в определении времени на их выполнение» [25].

Определение режимов резания проводится в соответствии с типом производства расчетно-аналитическим методом [15].

Скорость резания рассчитывается по формуле:

$$V = V_T \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (17)$$

где  $V_T$  – статистическая скорость резания, м/мин;

$K_1$  – коэффициент материала детали;

$K_2$  – коэффициент материала инструмента;

$K_3$  – коэффициент метода обработки.

«Частота вращения рассчитывается по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d}, \quad (18)$$

где  $d$  – диаметр поверхности обработки при точении или инструмента при сверлении и фрезеровании, мм» [15].

Действительная скорость резания рассчитывается по формуле:

$$V_d = \frac{\pi \cdot d \cdot n_d}{1000}, \quad (19)$$

где  $n_d$  – действительная частота вращения шпинделя, об/мин.

Нормирование операций согласно типу производства выполняется по методике [3].

«Сначала определяется длина резания по формуле:

$$L_{\text{рх}} = l_1 + l_{\text{рез}} + l_2, \quad (20)$$

где  $l_1$  – длина врезания инструмента, мм;

$l_{\text{рез}}$  – длина обработки, мм;

$l_2$  – длина перебега инструмента, мм» [3].

«Затем определяется основное время выполнения операции по формуле» [3]:

$$T_0 = \frac{L_{\text{рх}}}{S_0 \cdot n_d}, \quad (21)$$

где  $S_0$  – подача инструмента, мм/об.

«Для операций фрезерования основное время выполнения операции определяется по формуле:

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S_z \cdot z \cdot n_d}, \quad (22)$$

где  $S_z$  – подача на зуб фрезы, мм/зуб;

$z$  – количество зубьев фрезы, шт» [3].

В таблице 6 представлены результаты определения режимов резания и нормирования.

Таблица 6 – Результаты определения режимов резания и нормирования

Переход	Подача, мм/об	Скорость, м/мин	Частота вращения, об/мин	Длина рабочего хода, мм	Основное время, мин
005 Фрезерно-центровальная					
1	(0,15)	79	250	60	0,32
2	1,1	6	36	3	0,81
	0,26	16	180	38	
010 Токарная					
1	0,4	110	800	150	0,47
2	0,3	110	800	120	0,5
015 Токарная					
1	0,4	110	800	110	0,35
2	0,3	110	800	160	0,67
020 Токарная, установ А					
1	0,3	25	500	45	0,3
2	0,3	113	800	40	0,17
020 Токарная, установ Б					
1	0,3	30	320	90	0,94
2	0,3	110	800	100	0,42
025 Токарная, установ А					
1	0,3	207	1200	48	0,14
2	1	108	630	18	0,03
025 Токарная, установ Б					
1	0,3	207	1200	55	0,15
030 Токарная, установ А					
1	0,2	170	1200	23	0,1
2	0,1	160	800	6	0,09
3	1	5	100	20	0,2
030 Токарная, установ Б					

Продолжение таблицы 6

Переход	Подача, мм/об	Скорость, м/мин	Частота вращения, об/мин	Длина рабочего хода, мм	Основное время, мин
1	0,2	170	1200	45	0,19
035 Фрезерная					
1	0,05	20	800	19	0,24
040 Долбежная					
1	0,2	20		45	1,15
045 Долбежная					
1	0,2	20		24	0,85
050 Зуборезная					
1	20 с/зуб	40	90	30	7
055 Зуборезная					
1	25 с/зуб	54	90	30	8,75
065 Центрошлифовальная					
1	0,005	15	300	2,5	0,35
070 Круглошлифовальная					
1	0,011	26	368	36	1,14
075 Круглошлифовальная					
1	0,011	26	368	22	0,82
080 Внутришлифовальная, установ А					
1	0,015	20	300	14	0,25
2	0,005	25	300	20	0,87
080 Внутришлифовальная, установ Б					
1	0,005	25	300	45	1,7
085 Круглошлифовальная					
1	0,008	30	368	36	0,59
090 Круглошлифовальная					
1	0,008	30	368	22	0,46

Режимы резания и нормирование операций заносятся в маршрутную карту и операционные карты приложения А, а также в технологические наладки графической части работы.

### 3 Проектирование специальных средств оснащения

#### 3.1 Проектирование станочного приспособления

На операции 010 Токарной черновой для обеспечения принятой схемы базирования используется приспособление, не отвечающее данной схеме. Также данное приспособление не обеспечивает механизации процесса закрепления, что приводит к нестабильности сил закрепления и, как следствие, снижению точности обработки. Эскиз данной операции представлен на рисунке 2.

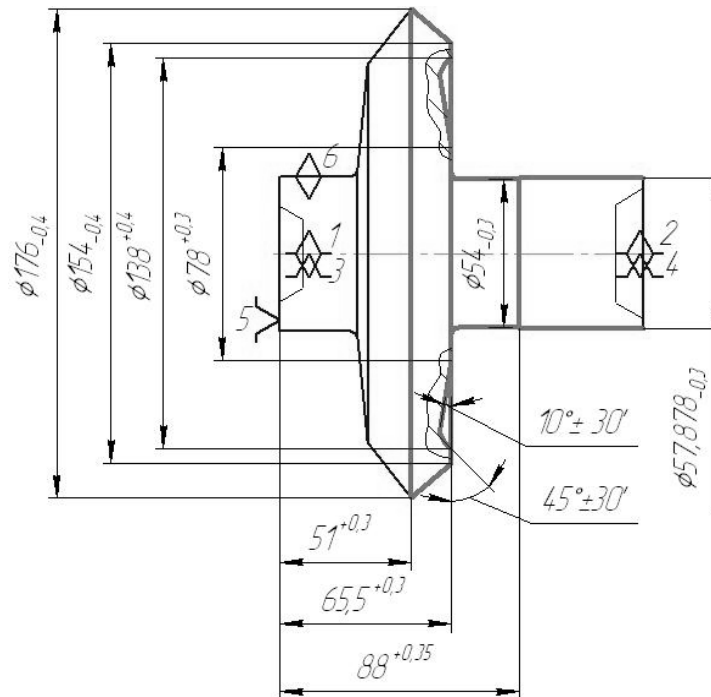


Рисунок 2 – Эскиз токарной операции

Устранение выявленных недостатков возможно путем проектирования станочного приспособления по методике и данным [6, 24].

Согласно принятой методике составляющие «силы резания» рассчитываются по формуле:

$$P_{Y,Z} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (23)$$

где  $C_p$ ,  $x$ ,  $y$ ,  $n$  – коэффициент и показатели степеней, зависящие от конкретных условий обработки;

$t$  – глубина резания, мм;

$S$  – подача, мм/об;

$V$  – фактическая скорость резания, м/мин;

$K_p$  – коэффициент характеристик обрабатываемого материала»

[24].

$$P_Y = 10 \cdot 243 \cdot 2,0^{0,9} \cdot 0,3^{0,6} \cdot 110^{-0,3} \cdot 0,9 = 484 \text{ Н.}$$

$$P_Z = 10 \cdot 300 \cdot 2,0^{1,0} \cdot 0,3^{0,75} \cdot 110^{-0,15} \cdot 0,9 = 1080 \text{ Н.}$$

Для расчета силы закрепления составим схему закрепления заготовки (рисунок 3).

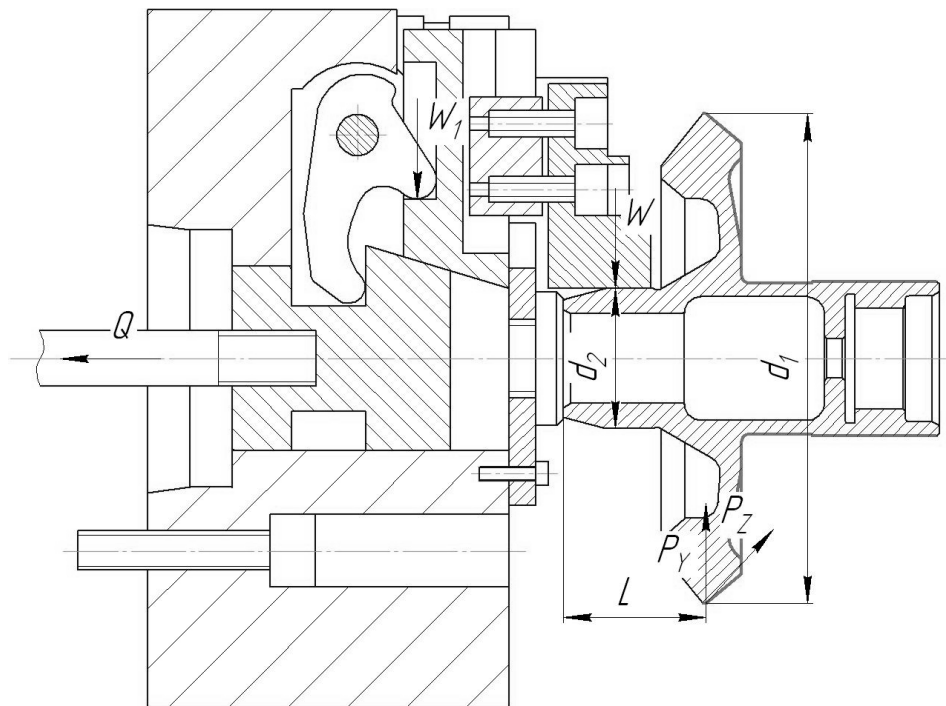


Рисунок 3 – Схема закрепления заготовки на операции

Составляющая силы резания  $P_Z$  создает момент равный:

$$M_{P_{P_Z}} = P_Z \cdot \frac{d_1}{2}, \quad (24)$$

где  $d_1$  – обрабатываемый диаметр, мм.

Уравновешивающий его момент силы зажима равен:

$$M_{3_{P_Z}} = \frac{W \cdot f \cdot d_2}{2}, \quad (25)$$

где « $W$  – сила зажима, Н;

$f$  – коэффициент трения поверхностей заготовки и сменного кулачка;

$d_2$  – диаметр закрепления, мм» [24].

Из условия необходимости обеспечения равенства данных моментов определяем силу зажима:

$$W = \frac{P_Z \cdot d_1}{f \cdot d_2} \cdot K, \quad (26)$$

где  $K$  – коэффициент запаса.

«Коэффициент запаса учитывает особенности выполнения операции и рассчитывается по формуле:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5, \quad (27)$$

где:  $K_0$  – гарантированный коэффициент запаса;

$K_1$  – коэффициент состояния обрабатываемой поверхности;

$K_2$  – коэффициент увеличения сил резания вследствие затупления режущего инструмента;

$K_3$  – коэффициент прерывистости процесса резания;

$K_4$  – коэффициент стабильности усилия зажима;

$K_5$  – коэффициент эргономических показателей привода» [24].

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,8.$$

По формуле (26) определяем силу зажима.

$$W = \frac{1080 \cdot 176}{0,3 \cdot 50} \cdot 1,8 = 45619 \text{ Н.}$$

Составляющая силы резания  $P_Y$  создает момент равный:

$$M_{P_Y} = P_Y \cdot l, \quad (28)$$

где  $l$  – плечо приложения силы, мм.

Уравновешивающий его момент силы зажима равен:

$$M_{3P_Y} = \frac{2 \cdot W \cdot f \cdot d_2}{3}. \quad (29)$$

Из условия необходимости обеспечения равенства данных моментов определяем силу зажима:

$$W = \frac{3 \cdot P_Y \cdot l}{2 \cdot f \cdot d_2} \cdot K. \quad (30)$$

По формуле (30) определяем силу зажима.

$$W = \frac{2 \cdot 484 \cdot 65,5}{3 \cdot 0,3 \cdot 50} \cdot 2,52 = 7989 \text{ Н.}$$

Дальнейшие расчеты выполняем по наибольшей силе зажима, которая составляет 45619 Н.

Усилие зажима на постоянных кулачках рассчитывается по формуле:

$$W_1 = \frac{W}{1 - \frac{3 \cdot l}{H} \cdot f_1}, \quad (31)$$

где « $l$  – вылет кулачка, мм;

$H$  – длина направляющей постоянного кулачка, мм;

$f_1$  – коэффициент трения в направляющих» [24].



$$W_1 = \frac{45619}{1 - \frac{3 \cdot 62}{80} \cdot 0,1} = 59439 \text{ Н.}$$

Усилие, которое необходимо развить силовому приводу определяется по уравнению:

$$Q = \frac{W_1}{i_c}, \quad (32)$$

где  $i_c$  – передаточное отношение зажимного механизма.

В конструкции приспособления предлагается применять рычажный зажимной механизм, передаточное отношение которого рассчитывается по формуле:

$$i_c = \frac{A}{B}, \quad (33)$$

где  $A$  и  $B$  – длина плеч рычага, мм.

$$Q = \frac{59439}{2,5} = 23776 \text{ Н.}$$

Для создания данного усилия в конструкции приспособления предусмотрено применение гидроцилиндра, диаметр поршня которого рассчитывается по формуле:

$$D = \sqrt{\frac{1,27 \cdot Q}{P} + d^2}, \quad (34)$$

где  $d$  – диаметр штока поршня, мм;

$P$  – давление в гидросистеме, МПа.

$$D = \sqrt{\frac{1,27 \cdot 23776}{5,0} + 30^2} = 78,3 \text{ мм.}$$

Проведение расчета приспособления на точность производим на основе расчетной размерной схемы приспособления, представленной на рисунке 4.

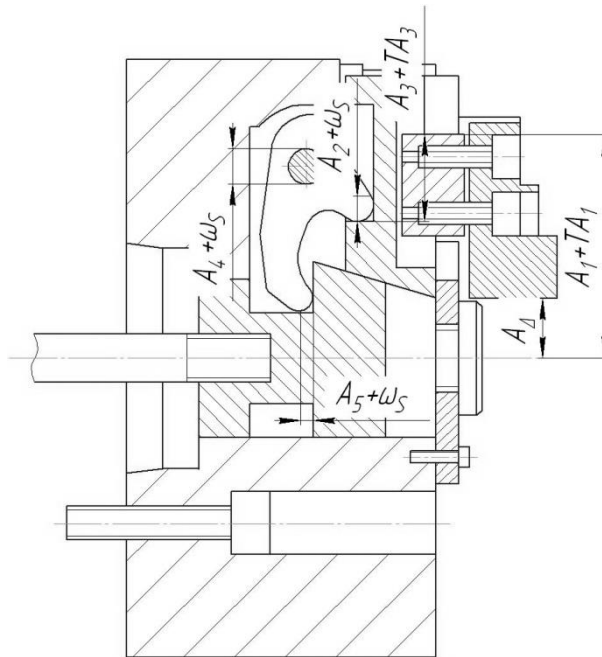


Рисунок 4 – Расчетная размерная схема приспособления

Исходя из представленной схемы, погрешность установки в приспособлении составит:

$$\varepsilon_y = \frac{1}{2} \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2 + \Delta_4^2 + \Delta_5^2}, \quad (35)$$

где  $\Delta_1$  – погрешность изготовления размера  $A_1$ , мм;

$\Delta_2$  – колебание зазора в сопряжении  $A_2$ , мм;

$\Delta_3$  – погрешность изготовления размера  $A_3$ , мм;

$\Delta_4$  – колебание зазора в сопряжении  $A_4$ , мм;

$\Delta_5$  – колебание зазора в сопряжении  $A_5$ , мм.

$$\varepsilon_y = \frac{1}{2} \sqrt{0,025^2 + 0,015^2 + 0,018^2 + 0,015^2 + 0,015^2} = 0,02 \text{ мм.}$$

Расчетное значение погрешности установки должно быть меньше, чем допускаемое, которое в данном случае составляет 0,09 мм. Условие выполняется, следовательно, приспособление отвечает заданной точности установки и может быть использовано на токарной черновой операции.

Проектируемое приспособление состоит из корпуса в который

устанавливаются оси с вращающимися на них рычагами. Тем самым образуя рычажный зажимной механизм. Рычаги соединяются одним концом с тягой, а другим с постоянными кулачками. Корпус патрона крепится к шпинделю при помощи винтов. Тяга соединяется с силовым приводом, создающим исходное усилие. Привод состоит из неподвижного корпуса, в котором расположен поршень со штоком. Подвод рабочей жидкости обеспечивается через вращающуюся муфту.

Для закрепления заготовки она устанавливается до упора. Далее рабочая жидкость подается в штоковую полость гидроцилиндра, тем самым перемещая шток и прикрепленную к нему тягу влево. Тяга воздействует на рычаги, которые вращаясь вокруг осей, передают поступательное движение на кулачки, тем самым обеспечивая закрепление и центрирование заготовки. Для раскрепления заготовки рабочая жидкость подается в бесштоковую полость гидроцилиндра и система возвращается в исходное положение.

Конструкция станочного приспособления представлена на листе графической части работы. Спецификация на приспособление представлена в приложении Б.

### **3.2 Проектирование режущего инструмента**

На 020 Токарной операции выполняется переход сверления глубокого отверстия. Основными проблемами при применении стандартного режущего инструмента в данном случае является снижение качества обработки, увеличение времени на обработку и снижение стойкости режущего инструмента. Причина данных проблем заключается в плохом отводе стружки, что приводит к резкому увеличению температуры в зоне резания и ухудшению теплоотвода из зоны резания. В связи с этим необходимо провести проектирование режущего инструмента, который поможет решить данные проблемы. Для этого используем методику и данные [1].

Выбираем конструкцию инструмента в виде пушечного сверла, что

позволит обеспечить заданную точность и производительность обработки.

«Диаметр сверла определяется по формуле:

$$D = D_{min} + \frac{TD}{2}, \quad (36)$$

где  $D_{min}$  – минимальный диаметр отверстия, мм;

$TD$  – допуск на выполняемый размер, мм» [1].

$$D = 29,15 + \frac{0,25}{2} = 29,275 \text{ мм.}$$

«Точность диаметра сверла зависит от требуемой точности обработки и принимается на два качества точнее, то есть в данном случае должна соответствовать 10 качеству» [1]. Тогда диаметр инструмента должен составлять  $29,275_{-0,1}$  мм.

Конструкцию режущей части сверла принимаем в виде твердосплавных пластин из твердого сплава Т15К6, приклеенных к корпусу. Такое решение позволит снизить вероятность появления после обработки наклепанного слоя, а также снизить стоимость режущего инструмента.

Хвостовую часть сверла выполняем цилиндрической. Размер принимаем из конструктивных соображений равным  $28 \pm 0,3$  мм. В таком случае необходимо выполнить проверку на максимальный передаваемый крутящий момент, который рассчитывается по формуле:

$$M = \mu \cdot P_3 \cdot D, \quad (37)$$

где  $\mu$  – коэффициент трения в зоне контакта поверхностей хвостовика и патрона;

$P_3$  – сила закрепления, Н;

$D$  – диаметр хвостовика, мм.

$$M = 0,1 \cdot 80 \cdot 28 = 224 \text{ Н}\cdot\text{мм.}$$

Крутящий момент, возникающий в процессе выполнения перехода

сверления, составляет  $86,52 \text{ Н}\cdot\text{мм}$ .

Исходя из того, что значение максимального передаваемого крутящего момента значительно выше, чем возникающего при обработке делаем вывод о том, что принятая конструкция хвостовика соответствует заданным требованиям.

Геометрия сверла принимается исходя из требуемых параметров шероховатости и условия обеспечения стойкости сверла:

- угол заострения  $2\varphi$  равен  $120^\circ$ ;
- задний угол  $\alpha$  равен  $6^\circ$ ;
- передний угол  $\gamma$  равен  $12^\circ$ .

С целью устранения возможного заедания сверла при обработке передняя поверхность выполняется выше центра сверла на величину  $0,5 \text{ мм}$ .

Решить проблему охлаждения зоны резания предлагается путем применения в конструкции сверла каналов для подвода смазочно-охлаждающей жидкости в зону резания. Такое решение позволит улучшить температурный режим в зоне резания, а также уменьшить износ инструмента. Кроме того, регулируя давление подачи смазочно-охлаждающей жидкости можно добиться существенного улучшения отвода стружки из зоны резания, что так же положительно скажется на процессе обработки. Параметры каналов приняты по рекомендациям [8]. Конструкция спроектированного сверла представлена на листе графической части работы. Спецификация представлена в приложении Б.

## 4 Безопасность и экологичность технического объекта

Выполнение данного раздела позволит обеспечить безопасность выполнения спроектированного технологического процесса изготовления вала-шестерни поворотного механизма автокрана, обеспечить пожарную безопасность производства и минимизировать его влияние на экологию. Решение данных задач будем выполнять по данным [2].

### 4.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристики рассматриваемого технического объекта

Согласно принятой методике необходимо составить паспорт рассматриваемого технологического процесса (таблица 7). В данном паспорте необходимо описать краткую характеристику технологического процесса включая необходимых для его осуществления работников, оборудование, средства оснащения, материала и другие применяемые в ходе его выполнения вещества.

Таблица 7 – Технологический паспорт технического объекта

«Технологический процесс» [2]	«Технологическая операция, вид выполняемых работ» [2]	«Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию» [2]	«Оборудование, техническое устройство, приспособление» [2]	«Материалы, вещества» [2]
технологический процесс изготовления вала-шестерни поворотного механизма автокрана	токарная операция	оператор станков с числовым управлением	станок токарно-винторезный 16К20Ф3, патрон трехкулачковый, сверло ступенчатое, резец расточной	20ХГНР ГОСТ 4543-71, смазочно-охлаждающая жидкость, обтирочная ветошь

Основываясь на полученных данных, производится дальнейшее рассмотрение технологического процесса на наличие профессиональных рисков, обеспечение пожарной безопасности и соответствие экологическим нормам.

#### 4.2 Идентификация профессиональных рисков

Оценка профессиональных рисков в соответствии с рекомендациями [2] заключается в выявлении опасных и вредных факторов, возникающих в ходе выполнения технологического процесса и источников их возникновения. Следует отметить, что опасные и вредные факторы выбираются исходя из списка государственного стандарта и рекомендаций [2]. В таблице 8 приведены результаты идентификации профессиональных рисков.

Таблица 8 – Идентификация профессиональных рисков

«Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ» [2]	«Опасный и/или вредный производственный фактор» [2]	«Источник опасного и/или вредного производственного фактора» [2]
токарная операция	неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие (например, острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования) части твердых объектов, воздействующие на работающего при соприкосновении с ним, а также жала насекомых, зубы, когти, шипы и иные части тела живых организмов, используемые ими для защиты или нападения, включая укусы	металлорежущий станок, станочное приспособление, режущий инструмент, межоперационный транспорт
	опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих	заготовка, режущий инструмент

Продолжение таблицы 8

«Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ» [2]	«Опасный и/или вредный производственный фактор» [2]	«Источник опасного и/или вредного производственного фактора» [2]
	вызвать ожоги (обморожения) тканей организма человека	
	опасные и вредные производственные факторы, связанные с механическими колебаниями твердых тел и их поверхностей и характеризующиеся повышенным уровнем общей вибрации	металлорежущий станок, станочное приспособление, режущий инструмент, межоперационный транспорт
	опасные и вредные производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризующиеся повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума	металлорежущий станок, станочное приспособление, режущий инструмент, межоперационный транспорт
	опасные и вредные производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий, включая действие молнии и высоковольтного разряда в виде дуги, а также электрического разряда живых организмов	металлорежущий станок
	отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения	металлорежущий станок, станочное приспособление, режущий инструмент
	вещества, обладающие острой токсичностью по воздействию на организм (ядовитые вещества/химикаты/химическая продукция)	смазочно-охлаждающая жидкость
	стереотипные рабочие движения	металлорежущий станок

Основываясь на представленных данных по наличию профессиональных рисков и их источниках проводится разработка



мероприятий и выбор средств для снижения или полного устранения влияния данных рисков на работников принимающих участие в выполнении спроектированного технологического процесса.

### 4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

В таблице 9 приведены результаты разработки соответствующих методов и средств, которые позволят снизить влияние профессиональных рисков.

Таблица 9 – Организационно-технические методы и технические средства (технические устройства) устранения (снижения) негативного воздействия опасных и вредных производственных факторов

«Опасный и/или вредный производственный фактор» [2]	«Организационно-технические методы и технические средства защиты, частичного снижения, полного устранения опасного и/или вредного производственного фактора» [2]	«Средства индивидуальной защиты работника» [2]
неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие (например, острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования) части твердых объектов, воздействующие на работающего при соприкосновении с ним, а также жала насекомых, зубы, когти, шипы и иные части тела живых организмов, используемые ими для защиты или нападения, включая укусы	проведение инструктажей по охране труда в соответствии с требованиями нормативной документации, применение специальных ограждающих устройств, зачистка заусенцев	нарукавники, перчатки с полимерным покрытием, перчатки трикотажные с точечным полимерным покрытием
опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды,	проведение инструктажей по охране труда в соответствии с требованиями нормативной документации, применение ограждающих устройств	костюм для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий или халат

Продолжение таблицы 9

«Опасный и/или вредный производственный фактор» [2]	«Организационно-технические методы и технические средства защиты, частичного снижения, полного устранения опасного и/или вредного производственного фактора» [2]	«Средства индивидуальной защиты работника» [2]
могущих вызвать ожоги (обморожения) тканей организма человека		для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий, нарукавники, перчатки с полимерным покрытием, перчатки трикотажные с точечным полимерным покрытием
опасные и вредные производственные факторы, связанные с механическими колебаниями твердых тел и их поверхностей и характеризующиеся повышенным уровнем общей вибрации	проведение инструктажей по охране труда в соответствии с требованиями нормативной документации, применение специальных виброгасящих приспособлений и устройств	ботинки кожаные с защитным подноском
опасные и вредные производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризующиеся повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума	«проведение инструктажей по охране труда в соответствии с требованиями нормативной документации, применение средств поглощения шума» [2]	наушники противошумные
опасные и вредные производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий, включая действие молнии и высоковольтного разряда в виде дуги, а также электрического разряда живых организмов	«проведение инструктажей по охране труда в соответствии с требованиями нормативной документации, применение заземления оборудования, изоляции токоведущих частей, систем аварийного отключения оборудования» [2]	спецодежда
отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения	проведение инструктажей по охране труда в соответствии с требованиями	

	нормативной	
--	-------------	--

Продолжение таблицы 9

«Опасный и/или вредный производственный фактор» [2]	«Организационно-технические методы и технические средства защиты, частичного снижения, полного устранения опасного и/или вредного производственного фактора» [2]	«Средства индивидуальной защиты работника» [2]
	документации, применение местного освещения	
вещества, обладающие острой токсичностью по воздействию на организм (ядовитые вещества/химикаты/химическая продукция)	«проведение инструктажей по охране труда в соответствии с требованиями нормативной документации, применение ограждающих устройств» [2]	«костюм для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий или халат для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий, нарукавники, респиратор, фартук для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий с нагрудником» [2]
стереотипные рабочие движения	проведение инструктажей по охране труда в соответствии с требованиями нормативной документации, соблюдение периодичности регламентируемых перерывов	

Представленные в таблице средства и методы позволят эффективно снизить влияние профессиональных рисков на работников.

#### 4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Пожарная безопасность участка выполняющего данный техпроцесс обеспечивается в зависимости от характеристик возможного пожара, то есть его класса и возникающих опасных факторов. В таблице 10 приведены полученные по результатам анализа в соответствии с рекомендациями [2] данные.

Таблица 10 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
участок изготовления вала-шестерни поворотного механизма автокрана	станок токарно-винторезный 16К20Ф3, патрон трехручачковый, сверло ступенчатое, резец расточной	«пожары горючих жидкостей или плавящихся твердых веществ и материалов (В)» [2]	«пламя и искры; тепловой поток; повышенная температура окружающей среды; повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения; пониженная концентрация кислорода; снижение видимости в дыму» [2]	«осколки, части разрушившихся оборудования, изделий и иного имущества; вынос высокого напряжения на токопроводящие части оборудования, изделий и иного имущества; опасные факторы взрыва, происшедшего вследствие пожара; воздействие огнетушащих веществ» [2]

На основе данных таблицы 10 определяем рекомендованные к применению в данном случае технические средства обеспечения пожарной безопасности. Результаты представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Технические средства пожарной безопасности

«Первичные средства пожаротушения» [2]	«Мобильные средства пожаротушения» [2]	«Стационарные установки и системы пожаротушения» [2]	«Средства пожарной автоматики» [2]	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	«Пожарный инструмент (механизованный и немеханизованный)» [2]	«Пожарные сигнализация, связь и оповещение» [2]
«ведра, бочки с водой, лопаты, ящики с песком, асбестовые полотна кошмы, ломы, пилы, топоры» [2]	«пожарные автомобили, мотопомпы, передвижные огнетушители» [2]	«автоматическая газовая система пожаротушения» [2]	«извещатели и пожарные приборы управления пожарные, системы передачи извещений о пожаре» [2]	гидранты, колонки, стволы, рукава, соединительные колонки, гидроэлеваторы	противогазы, самоспасатели	конусные ведра, ломы, багры с деревянной ручкой, полотно, лопаты, тележка, экран защитного действия	оповещатели звуковые автоматические, световые оповещатели «Выход»

Исходя из данных таблицы 10, определяем организационные мероприятия, направленные на обеспечение пожарной безопасности. Результаты представлены в таблице 12.

Таблица 12 – Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

«Наименование технологического процесса, используемого применяемого оборудования, в составе технического объекта» [2]	«Наименование видов реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий» [2]	«Предъявляемые нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты» [2]
технологический процесс изготовления вала-	«разработка приказов и распоряжений для организации»	«пожарные инструктажи, наличие пожарной»

шестерни поворотного механизма автокрана	проведения работы по пожарной безопасности» [2]	сигнализации» [2],
--	---	--------------------

Продолжение таблицы 12

«Наименование технологического процесса, используемого применяемого оборудования, в составе технического объекта» [2]	«Наименование видов реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий» [2]	«Предъявляемые нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты» [2]
	«разработку инструкций о мерах пожарной безопасности и действиях при возникновении пожара, обучение работников объекта мерам пожарной безопасности, применение средств наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности» [2]	«автоматической системы пожаротушения, первичных средств пожаротушения» [2]

Предложенный комплекс технических средств и организационных мероприятий, в полной мере обеспечит пожарную безопасность на участке изготовления рассматриваемой детали.

#### **4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта**

Экологическая безопасность производственного процесса обеспечивается исходя из тех негативных факторов, действие которых необходимо нейтрализовать или уменьшить. В связи с этим, сначала необходимо определить какие именно негативные факторы будут воздействовать на окружающую среду в результате выполнения данного технологического процесса. Результаты определения негативных факторов представлены в таблице 13.

Таблица 13 – Идентификация негативных экологических факторов технического объекта

«Наименование технического объекта, производственно-технологического техпроцесса» [2]	«Структурные составляющие объекта производственно-технологического процесса» [2]	«Негативное экологическое воздействие технического объекта на атмосферу» [2]	«Негативное экологическое воздействие технического объекта на гидросферу» [2]	«Негативное экологическое воздействие технического объекта на литосферу» [2]
техпроцесс изготовления вала-шестерни поворотного механизма автокрана	станок 16К20Ф3, патрон трехкулачковый, сверло ступенчатое, резец расточной	аэрозоль от смазочно-охлаждающей жидкости, масляный туман	смазочно-охлаждающая жидкость, стружка, пыль, технические жидкости	металлическая стружка, ветошь, смазочно-охлаждающая жидкость

На основе полученных данных по негативным факторам, действующим на экологию, разработаем комплекс организационных и технических мероприятий, которые позволят снизить это влияние или нейтрализовать его. Полученные данные представлены в таблице 14.

Таблица 14 – Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия заданного технического объекта на окружающую среду

«Наименование технического объекта» [2]	технологический процесс изготовления вала-шестерни поворотного механизма автокрана
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	«использование систем фильтрации воздуха на основе электрофильтров и абсорберов» [2]
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу	«использование отстойников, решеток, аэраторов» [2]
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	«использование отдельной переработки отходов, повторная переработка металлического лома» [2]

В результате выполнения данного раздела обеспечена безопасность выполнения спроектированного технологического процесса изготовления вала-шестерни поворотного механизма автокрана, обеспечена пожарная

безопасность производства и минимизировано его влияние на экологию.

## **5 Экономическая эффективность работы**

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

Основанием для определения экономической эффективности служат предложенные изменения в технологическом процессе изготовления детали «Вал шестерня». Эти изменения касаются только одной токарной операции, на которой предполагается при обработке поверхностей применять два инструмента вместо трех, а именно:

- сверло ступенчатое с прикрепленными пластинами из твердого сплава Т15К6;
- сверло сборное с каналами для подвода СОЖ и вставками из твердого сплава Т15К6.

Эти инструменты позволили исключить резец расточной из технологического процесса данной операции.

Также изменения коснулись станочного приспособления, вместо патрона трехкулачкового с ручным зажимом, предлагается применить патрон с механизированным зажимом.

Используя данное описание изменений, рассчитаем необходимые для определения эффективности параметры, такие как: себестоимость, капитальные вложения, прибыль, срок окупаемости и экономический эффект. Чтобы получить значения указанных параметров необходимо воспользоваться соответствующим учебно-методическим пособием [12] и программным обеспечением Microsoft Excel.

Для определения себестоимости, в частности технологической себестоимости, необходимо последовательно определить основную заработную плату, социальные отчисления и расходы на содержание и



эксплуатацию оборудования. Значения этих параметров, по сравниваемым вариантам выполнения описанных операций показано на рисунке 5.

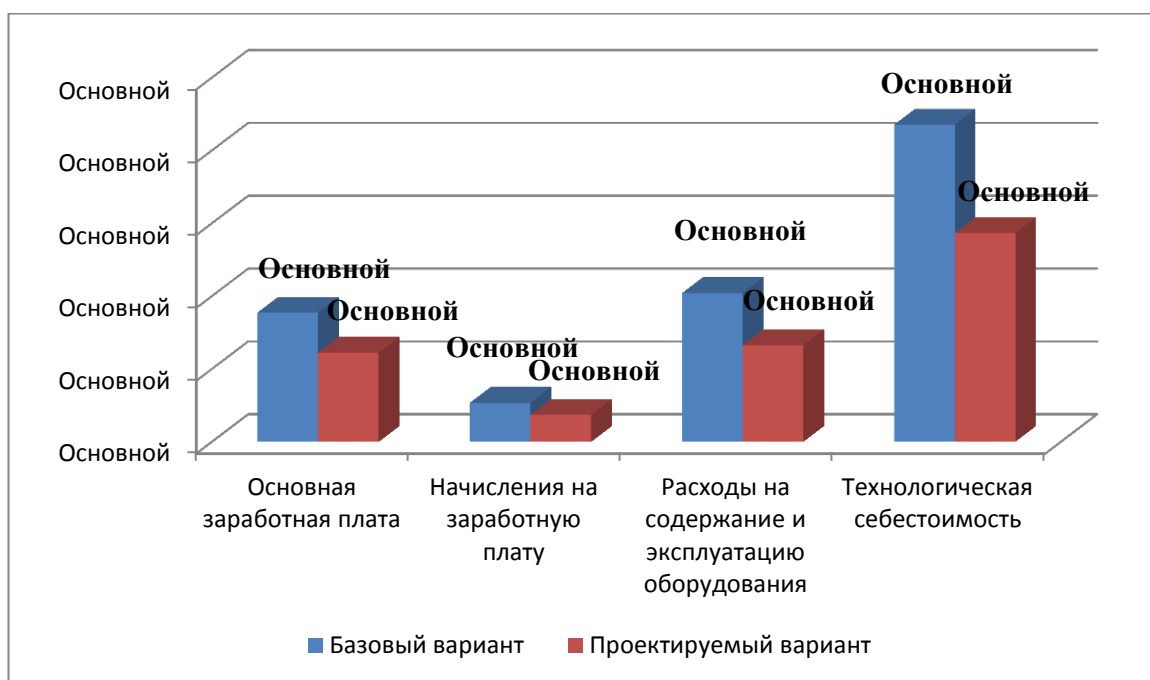


Рисунок 5 – Сравнительная характеристика параметров технологической себестоимости по вариантам, руб.

Как видно из рисунка 5, все параметры имеют тенденцию к снижению, а именно проектируемый вариант предполагает снижение технологической себестоимости изготовления детали «Вал шестерня» на 7,44 рублей, что составит 34,2 %.

Полученные значения основной заработной платы и технологической себестоимости по сравниваемым вариантам служат данными для определения такого параметра как полная себестоимость. В результате проведенных расчетов полная себестоимость для базового варианта составит 54,2 рублей, а для проектируемого – 36,72 рублей. По полученным значениям можно сделать вывод о том, что полная себестоимость проектируемом варианте меньше чем в базовом. Эта разница составляет 32,3% или 17,48 рублей.

Используя полученную разницу и годовую программу выпуска детали, определим сначала ожидаемую прибыль, а затем, с учетом налоговой ставки для юридических лиц, чистую прибыль от внесенных изменений в технологический процесс, которая составит 55936 рублей.

Чтобы определить будут ли эффективны предложенные изменения, необходимо рассчитать инвестиции или капитальные вложения в проект. Учитывая то, что изменения технологического процесса изготовления детали «Вал шестерня» затрагивают станочной инструмента и приспособление, то капитальные вложения будут складываться из затрат на инструмент, приспособление, на проектирование нового технологического процесса и затрат на корректировку управляющей программы работы оборудования. Общая сумма инвестиций составит 48131,7 рублей. Структура параметров инвестиций представлена на рисунке 6.



Рисунок 6 – Структура капитальных вложений в долях к общей величине

Анализируя структуру параметров инвестиций, указанную на рисунке б, видно, что затраты на проектирование составляют большую долю в общей величине капитальных вложений, их доля – 70,4 %.

Используя полученные параметры, обоснуем эффективность предложенных изменений. Для этого определим: срок окупаемости, общий дисконтируемый доход, интегральный экономический эффект и в зависимости от величины эффекта либо индекс доходности, либо доход на капитал. Полученные значения всех перечисленных параметров представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Показатели экономической эффективности проекта

Наименование параметра	Величина параметра
Срок окупаемости, года	2
Общий дисконтируемый доход, руб.	58558,4
Интегральный экономический эффект, руб.	10426,69
Индекс доходности, руб. / руб.	1,22

Анализируя, представленные в таблице 15, данные можно сделать вывод о том, что проект является эффективным, так как интегральный экономический эффект является положительной величиной и составляет 10426,69 рублей, что является обязательным условием для экономического обоснования мероприятий. Именно по этому, определяем индекс доходности, а не доход на капитал. Данный показатель дает понимание, какую прибыль может получить производитель с каждого вложенного в проект рубля, в нашем случае эта прибыль составит 0,22 рублей, что может обеспечить рентабельность в размере 22 %.

## Заключение

В ходе выполнения работы была обоснована актуальность разработки выбранной темы. В результате проведения анализа назначения, условий эксплуатации и технологичности детали были сформулированы задачи работы.

В ходе выполнения первого этапа работы были решены ряд технологических задач: выбран метод получения и проведено проектирование заготовки, спроектирован маршрут обработки поверхностей, рассчитаны припуски на обработку, выбраны средства технологического оснащения, разработан план изготовления, проведены расчеты режимов резания и нормирование технологических операций.

Рассмотрено решение задач по совершенствованию технологического процесса путем проектирования станочного приспособления и металлорежущего инструмента. Решение данных задач позволило обеспечить реализацию теоретической схемы базирования на токарной черновой операции и механизировать процесс закрепления, а также спроектировать сверло для перехода сверления, позволяющее обеспечить оптимальный температурный режим в зоне резания.

Проведен анализ безопасности и экологичности выполнения технологического процесса и разработаны мероприятия по их совершенствованию.

Расчеты экономической эффективности спроектированного технологического процесса подтвердили правильность принятых решений.

В результате цель выпускной квалификационной работы, которая заключается в разработке технологического процесса изготовления вала-шестерни поворотного механизма автокрана позволяющего выпускать годовую программу деталей соответствующих техническим требованиям качества при условии обеспечения минимальных экономических затрат можно считать достигнутой.

## Список используемых источников

1. Боровский Г.В. Справочник инструментальщика / Г.В. Боровский, С.Н. Григорьев, А.Р. Маслов ; под общ. ред. А.Р. Маслова. – 2-е изд., испр. – Москва. : Машиностроение, 2007. – 463 с.
2. Горина Л.Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта» : электрон. учеб.-метод. пособие / Л.Н. Горина, М.И. Фесина. – Тольятти. : Изд-во ТГУ, 2018. – 41 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://hdl.handle.net/123456789/8767> (дата обращения: 03.05.2020).
3. Горохов В.А. Материалы и их технологии: учеб. для студентов вузов. В 2 ч. Ч. 1 / В.А. Горохов, Н.В. Беляков, А.Г. Схиртладзе ; под ред. В.А. Горохова. - Гриф УМО. – Москва. : ИНФРА-М, 2016. – 588 с.
4. ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – Введ. 1990-06-30. – М. : Стандартиформ, 2010. – 36 с.
5. Зубарев Ю.М. Методы получения заготовок в машиностроении и расчет припусков на их обработку: учеб. пособие / Ю.М. Зубарев. - Санкт-Петербург. : Лань, 2016. - 256 с. [Электронный ресурс] – URL: <https://e.lanbook.com/book/72581> (дата обращения: 03.04.2020).
6. Иванов И.С. Расчет и проектирование технологической оснастки в машиностроении: учеб. пособие / И.С. Иванов. – Москва. : ИНФРА-М, 2015. – 198 с. [Электронный ресурс] – URL: <http://znanium.com/catalog/product/405031> (дата обращения: 18.04.2020).
7. Иванов И.С. Технология машиностроения: учеб. пособие / И.С. Иванов. - 2-е изд., перераб. и доп. – Москва. : ИНФРА-М, 2016. - 240 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/504931> (дата обращения: 04.04.2020).
8. Инструментальные материалы: учеб. пособие / Г.А. Воробьева [и др.]. – Санкт-Петербург. : Политехника, 2016. – 267 с. [Электронный ресурс].

– URL: <http://znanium.com/catalog/product/563295> (дата обращения: 30.04.2020).

9. Клепиков В.В. Технологическая оснастка: станочные приспособления: учеб. пособие / В.В. Клепиков. – Москва. : ИНФРА-М, 2017. – 345 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/765631> (дата обращения: 24.04.2020).

10. Клименков С.С. Обрабатывающий инструмент в машиностроении: учебник / С.С. Клименков. – Москва. : ИНФРА-М, 2013. – 459 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/435685> (дата обращения: 18.04.2020).

11. Клименков С.С. Проектирование заготовок в машиностроении: практикум: учеб. пособие / С.С. Клименков. – Москва. : ИНФРА-М, 2013. – 269 с. [Электронный ресурс] – URL: <https://e.lanbook.com/book/37101> (дата обращения: 08.04.2020).

12. Краснопевцева И.В. Экономика и управление машиностроительным производством: электрон. учеб.-метод. пособие / И.В. Краснопевцева, Н.В. Зубкова. – Тольятти. : ТГУ, 2014. – 183 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://hdl.handle.net/123456789/13> (дата обращения: 12.05.2020).

13. Меринов В.П. Технология изготовления деталей: курсовое проектирование по технологии машиностроения: учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по специальности "Технология машиностроения" направления подготовки "Конструкторско-технол. обеспечение машиностр. пр-в" / В.П. Меринов, А.М. Козлов, А.Г. Схиртладзе ; 4-е изд., перераб. и доп. - гриф МО. – Старый Оскол. : ТНТ, 2015. – 263 с.

14. Мещерякова В.Б. Металлорежущие станки с ЧПУ: учеб. пособие / В.Б. Мещерякова, В.С. Стародубов. – Москва. : ИНФРА-М, 2017. – 336 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/881108> (дата обращения: 16.04.2020).

15. Назначение рациональных режимов резания при механической обработке: учеб. пособие / В.М. Кишуров [и др.]. - Изд. 2-е, перераб. и доп. -

Санкт-Петербург. : Лань, 2018. – 216 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/102222> (дата обращения: 26.04.2020).

16. Основы технологии машиностроения: учебник / В.В. Клепиков [и др.]. – Москва. : ИНФРА-М, 2017. – 295 с. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/545566> (дата обращения: 15.04.2020).

17. Пелевин В.Ф. Метрология и средства измерений: учеб. пособие / В.Ф. Пелевин. – Москва. : ИНФРА-М, 2017. – 273 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/774201> (дата обращения: 14.04.2020).

18. Пухаренко Ю.В. Механическая обработка конструкционных материалов: курсовое и диплом. проектирование: учеб. пособие / Ю.В. Пухаренко, В.А. Норин. – Санкт-Петербург. : Лань, 2018. – 240 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/99220> (дата обращения: 25.04.2020).

19. Расторгуев Д.А. Технологическая часть выпускной квалификационной работы машиностроительного направления: электронное учеб.-метод. пособие / Д.А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". – ТГУ. – Тольятти. : ТГУ, 2017. – 34 с. [Электронный ресурс] – URL: <http://hdl.handle.net/123456789/6204> (дата обращения: 16.04.2020).

20. 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. – М.: Высш. шк., 2007. – 272 с.

21. Скворцов В.Ф. Основы технологии машиностроения: учеб. пособие / В.Ф. Скворцов. – 2-е изд. – Москва. : ИНФРА-М, 2016. – 330 с. [Электронный ресурс] – URL: <http://znanium.com/catalog/product/505001> (дата обращения: 30.04.2020).

22. 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.

23.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.

24.Схиртладзе А.Г. Технологическая оснастка машиностроительных производств: учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по направлению "Конструкторско-технол. обеспечение машиностр. пр-в". Т. 8 / А.Г. Схиртладзе, С. Н. Григорьев, В. П. Борискин. – Гриф УМО. – Старый Оскол. : ТНТ, 2016. – 361 с.

25.Сысоев С.К. Технология машиностроения: Проектирование технол. процессов: учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по направлению подготовки дипломир. специалистов "Конструкторско-технол. обеспечение машиностр. пр-в" / С.К. Сысоев, А.С. Сысоев, В.А. Левко. – Санкт-Петербург. : Лань, 2016. – 349 с.

26.Технология машиностроения: учебник / В.В. Клепиков [и др.]. – Москва. : ИНФРА-М, 2017. – 387 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/545572> (дата обращения: 04.04.2020).

27.Химический состав и физико–механические свойства стали 20ХГНР [Электронный ресурс]. – URL: [http://metallichekiy-portal.ru/marki\\_metallov/stk/20XGHR](http://metallichekiy-portal.ru/marki_metallov/stk/20XGHR) (дата обращения: 04.04.2020).



# Приложение А

## Технологическая документация

Цикл																	
Взам.																	
Подп.																	
Разработал	Кулябин																
Проверил	Ледяшкин																
Утвердил																	
Н. к. ш. т. р.																	
М01	ТГУ, кафедра ОТМП																
	Вал-шестерня																
	Сталь 20ХГНР ГОСТ 4543-71																
	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н. расх.	КММ	Код заготовки	Профиль и размеры	КД	МЗ							
М02	12	166	14,46кг2	1		0,56	24	φ155х134	1	26,03кг2							
А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции			СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тшт
Б	Код, наименование обработки																
А03	XX XX XX 000 Заготовительная																
Б04	Горизонтально ковочная машина																
05																	
А06	XX XX XX 005 4269 Фрезерно-центровальная																
Б07	381631 Фрезерно-центровальный МР-71М 3 17845 312 1Р 1 1 1 800 1 1,93																
0 08	Фрезеровать торцы 1, 31 в размер 134 <sup>+0,40</sup> , сверлить отверстия 2, 29 в размер φ35 <sup>+0,10</sup> , φ48 <sup>+0,10</sup> .																
09	396131 Тиски самоцентрирующие специальные; 391801 Фреза торцовая ГОСТ 1695-80 Т5К10;																
Т 10	391267 Сверло специальное Р6М5; 391630 Зенковка Р6М5; 393311 Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 160-80.																
11																	
А 12	XX XX XX 010 4110 Токарная																
Б 13	381101 Токарный 16К20Ф3 3 18217 312 1Р 1 1 1 800 1 1,77																
0 14	Точить последовательно поверхности и торцы 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23 в размер φ176 <sub>0</sub> ±0,15.																
0 15	φ154 <sup>+0,4</sup> ; φ78 <sup>+0,3</sup> ; φ54 <sup>+0,3</sup> ; φ55,76 <sup>+0,3</sup> ; 65,5 <sup>+0,3</sup> ; 88 <sup>+0,3</sup> .																
Т 16	396171 Патрон 3-х кулачковый специальный; 392101 Резец концевой ГОСТ 18879-73 Т5К10;																
МК																	

Пролжение Приложения А

А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	Обозначение документа			Тшт	
												ЕН	ОП	Кшт		Тпоз
Б	Код, наименование оборудования															
А 94	XX XX XX	050	4162	Зубонарезная												
Б 95	381572	Зубонарезной	5С268	312287	312	1Р	1	1	800	1					7,8	
О 96	Обрабатывать поверхность 11, 12 в размер 9-й степени точности.															
Т 97	396190	Патрон цанговый;	392123	Резцы строгальные Р6М5	ГОСТ5392-80;	393400	Калибры.									
98																
А 99	XX XX XX	055	4162	Зубонарезная												
Б 100	381572	Зубонарезной	5С268	312287	312	1Р	1	1	800	1					9,55	
О 101	Обрабатывать поверхность 12 в размер 7-й степени точности.															
Т 102	396190	Патрон цанговый;	392123	Резцы строгальные Р6М5	ГОСТ5392-80;	393400	Калибры.									
103																
А 104	XX XX XX	060	Термическая													
105																
А 106	XX XX XX	065	4142	Центрошлифовальная												
Б 107	381317	Центрошлифовальный	3921	3	18873	312	1Р	1	1	1	800	1			1,15	
О 108	Шлифовать поверхность 2, 29 в размер $\phi 35^{+0,009}$ ; $\phi 48^{+0,009}$ .															
Т 109	396131	Тиски самоцентрирующие специальные;	397120	Круг шлифовальный АГК	ГОСТ2447-82;											
Т 110	393120	Калибры.														
111																
А 112	XX XX XX	070	4131	Круглошлифовальная												
Б 113	381311	Круглошлифовальный	3М151	3	18873	312	1Р	1	1	1	800	1			1,94	
О 114	Шлифовать поверхность 23 в размер $\phi 55,06^{+0,040}$ .															
Т 115	396110	Патрон пардковий сверильный;	39810	Круг шлифовальный;	391300	Скоба пыльника										

Приложение Б

Спецификации к сборочным чертежам

Перв. примен.	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание		
					Документация				
	A1			20.БР.ОТМП.728.65.00.000СБ	Сборочный чертеж				
					Детали				
Справ. №	A4		1	20.БР.ОТМП.728.65.00.001	Корпус патрона	1			
	A4		2	20.БР.ОТМП.728.65.00.002	Рычаг	3			
	A4		3	20.БР.ОТМП.728.65.00.003	Ось	3			
	A4		4	20.БР.ОТМП.728.65.00.004	Постоянный кулачок	3			
	A4		5	20.БР.ОТМП.728.65.00.005	Сухарь	3			
	A4		6	20.БР.ОТМП.728.65.00.006	Сменный кулачок	3			
	A4		7	20.БР.ОТМП.728.65.00.007	Упор	1			
	A4		8	20.БР.ОТМП.728.65.00.008	Крышка	1			
	A4		9	20.БР.ОТМП.728.65.00.009	Тяга	1			
	A4		10	20.БР.ОТМП.728.65.00.010	Плунжер	1			
	A4		11	20.БР.ОТМП.728.65.00.011	Корпус неподвижный	1			
	A4		12	20.БР.ОТМП.728.65.00.012	Муфта	1			
	A4		13	20.БР.ОТМП.728.65.00.013	Крышка	1			
	A4		14	20.БР.ОТМП.728.65.00.014	Поршень	1			
	A4		15	20.БР.ОТМП.728.65.00.015	Корпус гидроцилиндра	1			
		A4		16	20.БР.ОТМП.728.65.00.016	Шток	1		
					Стандартные изделия				
			17		Винт М8х30 ГОСТ 14475-80	6			
Подп. и дата									
	20.БР.ОТМП.728.65.00.000								
	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				
Инд. № подл.	Разраб.	Кулябин					Лит.	Лист	Листов
	Пров.	Левашкин						1	2
Инд. № подл.	Н.контр.						ТГУ, ИМ, гр. ТМбз-1502а		
	Утв.						Формат А4		

Копировал

Продолжение Приложения Б

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		18		Винт М5х20 ГОСТ 14475-80	3	
		19		Винт М14х70 ГОСТ 11738-84	3	
		20		Кольцо ОСТ 92-8969-78	1	
		21		Подшипник 904 ГОСТ 8338-75	2	
		22		Прокладка ГОСТ 14475-80	3	
		23		Прокладка М5 ГОСТ 12202-66	2	
		24		Манжета ГОСТ 8752-79	3	
		25		Демпфер ГОСТ 8754-79	2	
		26		Шайба ГОСТ 11872-89	1	
		27		Гайка М20 ГОСТ 15526-70	2	
		28		Прокладка ГОСТ 14475-80	2	
		29		Винт М8х1 ГОСТ 13897-68	1	
		30		Винт М8х25 ГОСТ 14475-80	6	
		31		Прокладка ГОСТ 14475-80	1	
		32		Винт М5х30 ГОСТ 14475-80	5	

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инд. № подл.	Подп. и дата

20.БР.ОТМП.728.65.00.000

Лист  
2

Продолжение Приложения Б

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание		
Справ. №	A2				20.БР.ОТМП.728.70.00.000СБ	<u>Сборочный чертеж</u>				
						<u>Детали</u>				
	A3	1			20.БР.ОТМП.728.70.00.001	Корпус сверла	1			
	A4	2			20.БР.ОТМП.728.70.00.002	Пластина режущая	1			
Подп. и дата										
Взам. инв. №										
Инв. № дудл.										
					20.БР.ОТМП.728.70.00.000					
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Сверло пушечное			Лит.	Лист	Листов
Разраб.	Кулябин									1
Проб.	Левашкин									
Н.контр.										
Утв.								ТГУ, ИМ, гр. ТМдз-1502а		
					Копировал			Формат А4		