

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»

(наименование)

15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных
производств»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Технология машиностроения

(направленность (профиль) / специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Технологический процесс изготовления корпуса формы для литья

Обучающийся

Т.Ю.Лебедева

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент В.А. Гуляев

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Консультанты

М.А. Кривова

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

А.Н. Кирюшкина

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2025

Аннотация

Выпускная квалификационная работа посвящена проектированию прогрессивного технологического процесса изготовления детали Корпус формы для литья.

Предложено:

- применить новый технологический процесс изготовления детали в условиях среднесерийного производства;
- получить заготовку методом горячей штамповки взамен применяемого способа получения из сортового проката;
- применить высокопроизводительное оборудование - станки с ЧПУ, в том числе зарубежного производства;

Кроме того спроектирован патрон токарный с механизированным (пневматическим) приводом и сверло с улучшенными характеристиками.

Выпускная квалификационная работа состоит из пояснительной записки в размере 70 страниц, содержащей 8 таблиц и 13 рисунков, и графической части, содержащей 7 листов.

Содержание

Введение.....	4
1 Анализ исходных данных и формулировка задач проектирования.....	5
2 Технология изготовления детали.....	13
2.1 Выбор типа производства и вариантов заготовки.....	13
2.2 Выбор методов обработки поверхностей.....	19
2.3 Определение припусков.....	21
2.4 Разработка технологического маршрута.....	26
2.5 Проектирование технологических операций.....	30
3 Проектирование станочного приспособления.....	40
4 Проектирование режущего инструмента.....	47
5 Безопасность и экологичность технического объекта.....	53
6 Экономическая эффективность работы.....	62
Заключение.....	67
Список используемой литературы	68
Приложение А Спецификация станочного приспособления.....	71
Приложение Б Технологическая документация	74

Введение

Развитие машиностроения имеет колоссальное значение для технического перевооружения различных отраслей народного хозяйства. Это повсеместное внедрение современных станков и автоматических линий, применение точных приборов и систем ЧПУ.

«Проектирование технологических процессов изготовления деталей машин является одним из наиболее ответственных этапов технологической подготовки производства. Технологический процесс должен обеспечивать высокую производительность труда и требуемое качество изделий при минимальных затратах материальных средств на их изготовление» [10]

Цель настоящей выпускной квалификационной работы (далее ВКР) - разработать технологический процесс изготовления детали «Корпус формы для литья» на основе существующего заводского с использованием современного оборудования.

Основные задачи ВКР следующие:

- рассмотреть существующий технологический процесс изготовления корпуса формы для литья, выявить имеющиеся недостатки при наличии;
- на основе имеющегося разработать технологический процесс для заданной программы выпуска с применением современного высокопроизводительного оборудования;
- спроектировать станочное приспособление;
- спроектировать усовершенствованный режущий инструмент;
- определить экономический эффект от внедрения прогрессивного техпроцесса.

В качестве объекты исследования, как указано выше, выбран технологический процесс изготовления Корпуса формы для литья. Программа выпуска 20000 деталей в год.

1 Анализ исходных данных и формулировка задач проектирования

В данном разделе работы дадим описание служебного назначения и условий работы корпуса формы для литья, определим технологичность детали путем качественного и количественного анализа, а также рассмотрим имеющийся (заводской) техпроцесс ее изготовления и попробуем выявить его недостатки.

Рассматриваемая деталь устанавливается в пресс-форме и формирует контур заготовки. Фрагмент узла приведен на рисунке 1.

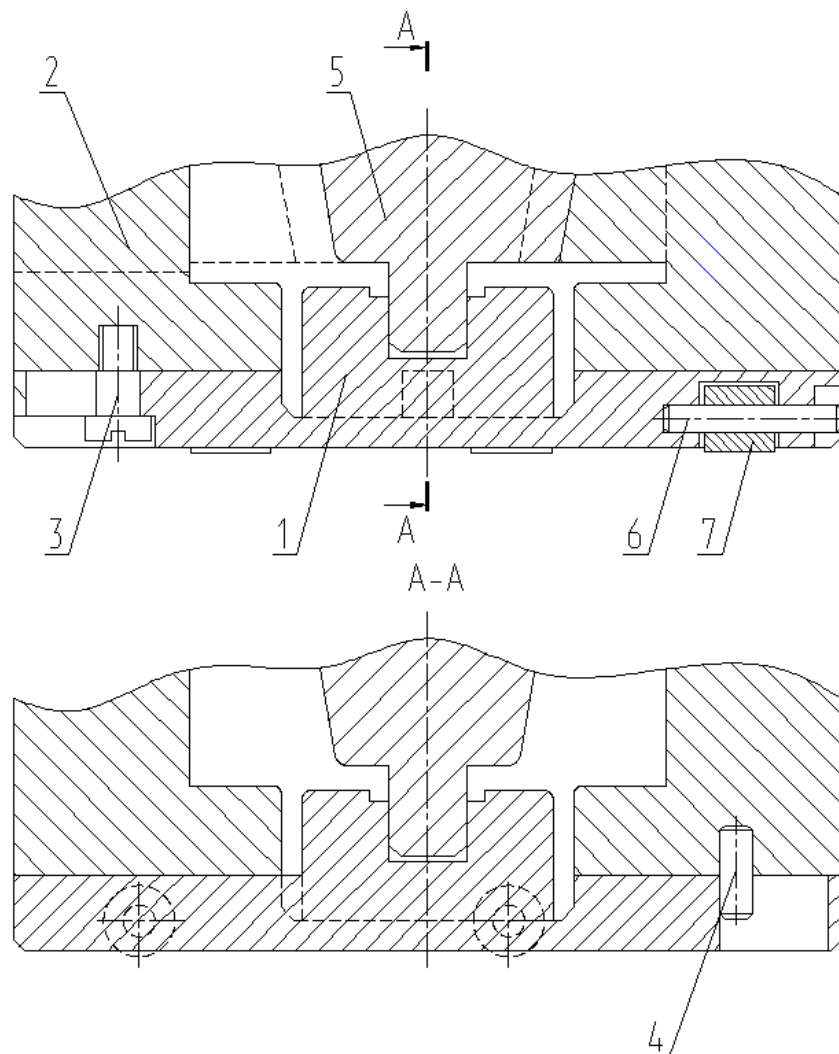


Рисунок 1 - Фрагмент пресс-формы

Корпус крепится к матрице 2 с помощью винтов 3 и штифтов 4. В отверстие основания 2 входит стержень 5. В пазах на штифтах 6 установлены ролики 7.

Произведем анализ конструкции детали и ее технологичности.

«Под технологичностью конструкции изделия понимается совокупность свойств, обуславливающих оптимизацию затрат труда в процессе проектирования, изготовления, эксплуатации и ремонта в сравнении с однотипным экземпляром при условии обеспечения эксплуатационных показателей качества и при заданном типе производства.

В соответствии с ГОСТ 14.205–83 технологичность – совокупность свойств конструкции изделия, определяющих ее приспособленность к достижению оптимальных затрат при производстве, эксплуатации и ремонте при заданных показателях качества, объеме выпуска и условиях выполнения работ.

Технологичность конструкции детали имеет прямую связь с производительностью труда, затратами времени на технологическую подготовку производства, изготовление, техническое обслуживание и ремонт изделия. Поэтому проектированию технологического процесса изготовления детали должен предшествовать анализ технологичности ее конструкции и в необходимых случаях отработка на технологичность.

Анализ технологичности включает отработку конструкции детали с целью максимальной унификации элементов (размеров, резьб, фасок и др.), правильный выбор и простановку размеров, оптимальных допусков и шероховатости поверхности, соблюдение всех требований, предъявляемых к заготовкам, и т. д.

Анализ детали необходимо производить по всем ее обрабатываемым поверхностям. Анализу подвергается степень точности и шероховатость обрабатываемых поверхностей, что дает возможность выбирать оптимальные методы обработки каждой из поверхностей изготавливаемой детали» [10]

«Целью анализа конструкции детали на технологичность является выявление недостатков конструкции по сведениям, содержащимся в чертежах и технических требованиях, а также возможное улучшение технологичности рассматриваемой конструкции.

Анализ технологичности проводится, как правило, в два этапа: качественный и количественный» [11]

Чертеж детали представлен в графической части работы.

Данная деталь может быть изготовлена из стали 45 ГОСТ 1050-2013[6], с твердостью – 30 ± 2 HRC (пункт 1 технических требований).

«Качественный анализ технологичности детали предшествует количественной оценке и направлен на определение соответствия конструкции детали определённым требованиям.

Некоторые из них:

- конструкция должна быть стандартной или состоять из стандартных и унифицированных конструктивных элементов;
- для изготовления детали должны использоваться стандартные или унифицированные заготовки;
- точность размеров и шероховатость поверхностей детали должны быть оптимальными, обоснованными конструктивно и экономически;
- при определении жёсткости, формы и размеров, а также механических и физико-химических свойств материала детали следует учитывать возможности технологии изготовления, условий хранения и транспортирования;
- точность и шероховатость поверхностей должны обеспечивать требуемую точность установки, обработки и контроля;
- заготовку необходимо получать рациональным способом (с учётом объёма выпуска и типа производства);
- должны обеспечиваться доступ к обрабатываемым поверхностям и возможность одновременной обработки нескольких заготовок;

- сопряжения поверхностей деталей различных квалитетов и шероховатости должны соответствовать методам и средствам обработки;
- конструкция детали должна обеспечивать возможность использования групповых, типовых и стандартных технологических процессов»[18].

Рассмотрев чертеж детали, видим, что точность размеров задана комбинированным способом по ГОСТ 2.307-2011[7].

Деталь является телом вращения и не содержит специфических особенностей конструкции. Все поверхности детали доступны для технологической обработки и последующего контроля. Деталь имеет массу менее 10 кг и не требует применения грузоподъемных машин и механизмов для межоперационной транспортировки.

Конструкция детали позволяет производить обработку контура с применением двухшпиндельных станков.

Для анализа поверхностей детали на технологичность оформим технологический эскиз с присвоением номера каждой поверхности. Технологический эскиз детали представлен на рисунке 2.

Для начала рассмотрим совместно рисунки 1 и 2 и классифицируем поверхности по назначению на исполнительные (11, 14, 21), основные конструкторские базы, вспомогательные конструкторские базы и свободные (все остальные).

Наиболее точными и ответственными поверхностями детали являются отверстия диаметром 19,28H7 и 8H8, а также боковые поверхности 12_{-0,025}.

Выделим наиболее точные параметры по квалитету и шероховатости:

- по квалитету - IT7;
- по шероховатости - Ra 0,32.

Данные параметры могут быть получены обработкой на широко распространенных универсальных станках.

Количественная оценка технологичности выполняется по ГОСТ 14.201–83. Из возможных для оценки показателей-коэффициентов произведем анализ по точности и унификации конструктивных элементов.



«Коэффициент унификации конструктивных элементов:

$$K_y = n_y / \Sigma_n \quad (1)$$

где n_y - число унифицированных элементов;

Σ_n – число типоразмеров конструктивных элементов в изделии.

Примерами конструктивных элементов являются резьбы, проточки, фаски, отверстия, шлицы и т. д. Признаком унификации является использование рекомендованных соответствующими стандартами размеров этих элементов и их соотношений» [12].

K_y равен 1.

«Коэффициент шероховатости поверхностей:

$$K_{ш} = 1 / B_{ср}, \quad (2)$$

где $B_{ср}$ –средняя величина шероховатости поверхностей деталей изделия:

$$B_{ср} = B_{ni} / \Sigma ni, \quad (3)$$

где B_{ni} – числовое значение шероховатости i-й поверхности;

Σni – число поверхностей соответствующей величины шероховатости, для которых данная шероховатость является равной» [12].

«Вид расчетной формулы для определения технологичности по средней величине шероховатости всех поверхностей детали позволяет наглядно отразить их взаимосвязь: необоснованное повышение требований к шероховатости увеличивает число этапов и снижает технологичность деталей при механической обработке. Средняя величина шероховатости,

обеспечивающая достаточную технологичность деталей общего машиностроения при механической обработке, не должна превышать Ra 3,125. Коэффициент шероховатости при данной величине равняется 0,32» [12].

$$B_{cp} = (9 \cdot 0,32 + 5 \cdot 1,25 + 1 \cdot 3,2 + 12 \cdot 6,3) / 27 = 3,25$$

$$K_{ш} = 1 / 3,25 = 0,31 < 0,32$$

«Коэффициент точности обработки:

$$K_T = 1 - 1 / A_{cp}, \quad (4)$$

где A_{cp} – средний квалитет точности обработки поверхностей:

$$A_{cp} = A_{ni} / \sum ni, \quad (5)$$

где A_{ni} – квалитет точности обработки;

$\sum ni$ – число размеров соответствующего квалитета точности (допустимо определять как число деталей, для поверхностей которых назначается одинаковый квалитет точности)» [12].

«Предельное значение коэффициента точности, обеспечивающее достаточную технологичность конструкции детали, не должно быть менее 0,875. Этому значению соответствует средний квалитет точности детали IT8. Еще большее увеличение усредненного квалитета точности снижает затраты на механическую обработку, повышая технологичность конструкции» [12].

$$A_{cp} = (3 \cdot 7 + 3 \cdot 8 + 8 \cdot 9 + 1 \cdot 11 + 12 \cdot 14) / 27 = 11,0$$

$$K_T = 1 - 1 / 11 = 0,91 > 0,8$$

Далее приведем порядок операций обработки детали в имеющемся заводском технологическом процессе с указанием применяемого оборудования:

- 005 Отрезная (8641);

- 010 Токарная с ЧПУ чистовая (16K20Ф3);
- 015 Термическая (Ш-70);
- 020 Токарная с ЧПУ чистовая (16K20Ф3);
- 025 Торцевнутришлифовальная (3K227В);
- 030 Фрезерная с ЧПУ (6Р11МФ3-1);
- 035 Фрезерная с ЧПУ (6904ВМФ2);
- 040 Электроэрозионная (4Г721М);
- 045 Координатно-шлифовальная с ЧПУ (АЭРОШЛИФ);
- 050 Слесарная;
- 055 Моечная;
- 060 Контрольная.

Данный техпроцесс имеет следующие основные недостатки:

- для мехобработки выбраны низко производительные универсальные станки и универсальный инструмент;
- наличие слесарной операции;
- применение универсальной оснастки, ведущее к увеличению штучного времени.

На основе произведенного анализа технологичности детали и оценки базового техпроцесса ее изготовления предлагаю следующие задачи для бакалаврской работы:

- спроектировать прогрессивный технологический процесс с заменой универсального оборудования современным высокопроизводительным с ЧПУ;
- произвести обоснованный выбор оборудования, техоснастки и инструмента.

2 Технология изготовления детали

2.1 Выбор типа производства и вариантов заготовки

«Технология изготовления деталей в значительной степени зависит от типа производства, поэтому, приступая к проектированию, необходимо предварительно установить, к какому типу будет относиться производство данной детали, учитывая ее массу и размер годового выпуска.

Типом производства согласно ГОСТ 14.004–83 называется классификационная категория производства, выделяемая по признакам широты номенклатуры, регулярности, стабильности и объема выпуска продукции. Различают типы производства: единичное, серийное, массовое» [2].

«Для предварительного определения типа производства можно использовать годовой объем выпуска и массу детали» [3].

Применим данную упрощенную методику. Согласно рекомендаций [2, с. 10, таблица 1.1] тип производства принимается среднесерийный (масса детали 5,56 кг, программа выпуска 20000 шт/год).

«Метод выполнения заготовок для деталей машин определяется назначением и конструкцией детали, материалом, техническими требованиями, масштабом и серийностью выпуска, а также экономичностью изготовления. Выбрать заготовку – значит установить способ ее получения, наметить припуски на обработку каждой поверхности, рассчитать размеры и указать допуски на неточность изготовления.

Для рационального выбора заготовки необходимо одновременно учитывать все вышеперечисленные исходные данные, так как между ними существует тесная взаимосвязь. Окончательное решение можно принять только после экономического комплексного расчета себестоимости заготовки и механической обработки в целом» [3].

Для получения необходимой заготовки из стали 45, при данной форме и размерах изделия, существуют следующие методы:

- поковка;
- штамповка;
- сортовой прокат.

В базовом техпроцессе заготовку получают из проката сортового горячекатаного круглого по ГОСТ 2590-2006.

Вычислим расход материала для данного варианта заготовки. «Расчетный размер заготовки определяется по формуле:

$$D_3 = D_{dmax} + 2Z_0 \quad (6)$$

где $2Z_0$ – припуск на обработку в диаметральном выражении на диаметр наибольшей ступени детали, мм» [9].

$$2Z_0 = \frac{L_d}{D_{dmax}} = 43,4 / 220 = 0,20 < 4, \text{ тогда } 2Z_0 = 10 \text{ мм.}$$

$$D_3 = 220 + 10 = 230 \text{ мм.}$$

Выберем прокат круг 230 по ГОСТ 2590-2006 из стали 45 по ГОСТ 1050-2013.

«Затем определяем длину заготовки. По таблице назначаем двусторонний припуск на обработку торцов детали. Тогда длина заготовки L_3 составит (мм):

$$L_3 = L_d + 2Z_0 \quad (7)$$

где $2Z_0$ – двусторонний припуск на обработку торцов заготовки.

Для заготовки круглого сечения при диаметре 200...260 мм припуск на обработку торцов 10 мм» [9].

$$L_3 = 43.4 + 10 = 53.4 \text{ мм}$$

«Общие потери материала $P_{\text{общ}}$ на деталь, изготавливаемую из проката, состоят из потерь на не кратность торговой длины проката длине заготовки $P_{\text{нк}}$, торцевой обрезки $P_{\text{то}}$, потерь на зажим $P_{\text{зж}}$ опорных концов и потерь на отрезку $P_{\text{отр}}$ в виде стружки при разрезании:

$$P_{\text{об}} = P_{\text{нк}} + P_{\text{то}} + P_{\text{зж}} + P_{\text{отр}}, \% \quad (8)$$

Потери материала на не кратность, %:

$$P_{\text{нк}} = \frac{L_{\text{нк}} \cdot 100}{L_{\text{пр}}}, \% \quad (9)$$

где $L_{\text{нк}}$ – не кратность длины заготовки торговой длине проката $L_{\text{пр}}$, мм.

В соответствии с пунктом 2.7 ГОСТ 2590-2006 торговая длина проката выбирается в интервале 2-6 метров для качественных углеродистой и легированной стали» [9].

«Не кратность в зависимости от принятой длины проката:

$$L_{\text{нк}} = L_{\text{пр}} - L_{\text{то}} - L_{\text{зж}} - n \cdot (L_3 + L_p), \% \quad (10)$$

где $L_{\text{пр}}$ – торговая длина проката из сортамента, мм;

n - Целое число заготовок, изготавливаемых из принятой торговой длины проката, шт;

L_3 – длина заготовки, мм;

L_p – ширина реза, мм.

Число заготовок, изготавливаемых из принятой длины проката:

$$n = \frac{L_{\text{пр}} - L_{\text{то}} - L_{\text{зж}}}{L_3 + L_p}, \% \quad (11)$$

где $L_{\text{зж}}$ – минимальная длина опорного (зажимного) конца проката, выбираемая по таблице» [9]. Для прутка с диаметрами 200...260мм $L_{\text{зж}} = 80$ мм.

«Потери на торцовую обрезку проката, %:

$$П_{TO} = \frac{L_{TO} \cdot 100}{L_{np}}, \% \quad (12)$$

где L_{TO} – длина торцового обрезка, мм.

Длина торцового обрезка зависит от размеров сечения проката и при резке ножницами обычно составляет:

$$L_{TO} = (0,3 \dots 0,5) \cdot D_3, \text{ мм} \quad (13)$$

где D_3 – диаметр проката или сторона квадрата, мм»[9].

$$L_{TO} = 0,3 \cdot 230 = 69.$$

«Потери на зажим опорного конца проката при выбранной длине зажима:

$$П_{зж} = \frac{L_{зж} \cdot 100}{L_{np}}, \% \quad (14)$$

Потери на отрезку заготовки при выбранном методе принимаем по характеристикам отрезного станка»[9].

При работе дисковой пилой по [9] ширина реза составит $L_p = 7,5$ мм.

$$«П_{отр} = \frac{L_p \cdot 100}{L_{np}}, \% \quad (15)$$

Итоговая норма расхода материала на деталь:

$$M_n = \frac{M_3 \cdot (100 + P_{об})}{100}, \text{ кг} \gg [9], \quad (16)$$

Для программы выпуска данной детали предприятие закупает прокат длиной 6,0 м, при этом:

$$n_6 = (6000 - 80 - 69) / (53,4 + 7,5) = 96,07, n_{\text{цел}6} = 96$$

$$L_{нк4} = (6000 - 80 - 69 - 96 \cdot (53,4 + 7,5)) = 4,6 \text{ мм}$$

На годовую программу выпуска 20000 штук необходимо закупить 209 кругов длиной 6,0 м, причем остается деловой отход 4,0 м.

$$P_{то} = 69 \cdot 100 / 6000 = 1,15\%$$

$$P_{зж} = 80 \cdot 100 / 6000 = 1,33\%$$

$$P_{отр} = 4,6 \cdot 100 / 6000 = 0,08\%$$

$$P_{об} = 1,15 + 1,33 + 0,08 = 2,56\%$$

$$\text{Тогда } M_n = \frac{17,34 \cdot (100 + 2,56)}{100} = 17,78$$

Коэффициент использования материала:

$$K_{им} = M_d / M_n = 5,56 / 17,78 = 0,31$$

Видим, что коэффициент достаточно низкий и потери на отход будут значительными. Поэтому в проектируемом техпроцессе предлагаю использовать в качестве заготовки штамповку.

«При штамповке необходимо широко использовать профильный прокат или подкат, полученный на ковочных вальцах. Допуски и припуски штампуемых заготовок на кривошипных прессах принимают по ГОСТ 7505-55. К первой группе (высокая точность) необходимо относить детали массового производства (кузнечного цеха), ко второй группе (повышенной точности) – детали крупносерийного и среднесерийного производства» [3].

«Массу штамповки вычислим по формуле:

$$m_{дш} = m_d \cdot K_p, \quad (17)$$

где m_d – масса детали,

Кр –коэффициент» [5].

$$m_{\text{дш}} = 5,56 \cdot 1,4 = 7,78 \text{ кг}$$

Видим, что оптимальным является получение заготовки штамповкой.

Для проектирования штампованной заготовки необходимо определить основные параметры по ГОСТ 7505-89[5]:

- штамповочное оборудование - КГШП;
- нагрев заготовки – индукционный;
- класс точности – Т3;
- группа стали – М1;
- степень сложности – С2;
- конфигурация поверхности разъема штампа - П (плоская);
- исходный индекс 11.

Основные и дополнительные припуски также принимаем по [5, с. 12, табл. 3].

Дополнительные припуски:

- смещение по поверхности разъема штампа - 0,3 мм;
- отклонение от плоскостности - 0,4 мм;
- штамповочный уклон на наружной и внутренней поверхности – не более 5°;
- радиусы закругления наружных углов – 2,5 мм;
- допускаемая величина остаточного облоя – 0,9 мм;
- допускаемое смещение по поверхности разъема штампа – 0,7 мм;
- допускаемая величина заусенца – 5,0 мм.

Шероховатость поверхности заготовки примем Ra 40 мкм.

Чертеж заготовки приведен в графической части работы.

«Уточним массу путем расчета объема цилиндрических элементов заготовки:

$$V = \frac{\pi}{4} \cdot d_{\text{ПР}}^2 \cdot l_{\text{ПР}} \text{» [5]} \quad (18)$$

$$\frac{3,14}{4} \cdot (223,6^2 \cdot 23,8 + 81,3^2 \cdot 0,9 + 71,1^2 \cdot 22,3 - 25^2 \cdot 3,1 - 15,8^2 \cdot 14) = 1022992 \text{ мм}^3.$$

Масса заготовки:

$$m = 1022992 \cdot 7,85 \cdot 10^{-6} = 8,0 \text{ кг.}$$

Коэффициент использования материала:

$$K_{\text{им}} = \frac{M_d}{M_z} = 5,56 / 8,0 = 0,7$$

Видим, что коэффициент использования материала на штамповку более чем в 2 раза превышает аналогичный при использовании для данных целей сортового проката. Таким образом, предлагаемый проектный вариант заготовки будет более технологичным и выгодным по себестоимости.

2.2 Выбор методов обработки поверхностей

«В процессе технологического проектирования введено понятие этапов обработки. В этом случае под этапом обработки понимается часть технологического процесса, включающая однородную по характеру и точности обработку поверхностей на заготовке. Следовательно, этап обработки зависит от состояния поверхностей после обработки, т. е. сочетания точности и шероховатости.

В соответствии с состоянием поверхностей на рабочем чертеже нужно выделить необходимое число этапов механической обработки для обеспечения требуемых параметров.

Для выбора методов обработки поверхностей необходимо учитывать вид поверхности (цилиндр, плоскость и т.д.), ее положение (наружная или внутренняя), состояние (точность и качество) и возможности технологического оборудования» [2].

Перечислим методы обработки всех поверхностей детали с указанием в скобках промежуточных квалитетов:

- поверхность 1 (IT11, Ra3,2) – обтачивание черновое (13), термообработка, обтачивание чистовое (10);
- поверхности 2,3,8 (IT14, Ra6,3) – обтачивание черновое (13), термообработка, обтачивание чистовое (10);
- поверхность 4 (IT8, Ra0,32) – обтачивание черновое (13), термообработка, обтачивание чистовое (10), шлифование (8), полирование (8);
- поверхности 5 - 7 (IT9, Ra0,32) – обтачивание черновое (13), термообработка, обтачивание чистовое (10), электроэрозионная обработка (9), полирование (9);
- поверхности 9, 10, 12 (IT14, Ra6,3) – растачивание черновое (13), термообработка, растачивание чистовое (10);
- поверхность 11 (IT7, Ra1,25) – обтачивание черновое (13), термообработка, обтачивание чистовое (10), шлифование (7);
- поверхности 13 - 16 (IT9, Ra0,32) – термообработка, электроэрозионная обработка (9), полирование (9);
- поверхности 17 - 22 (IT7, Ra1,25) – термообработка, фрезерование (9), шлифование (7);
- поверхности 23 - 24, 27 - 44 (IT14, Ra6,3) – термообработка, фрезерование (13);
- поверхности 25 - 26 (IT8, Ra1,25) – термообработка, фрезерование (9), шлифование (8);
- поверхности 45 - 48 (IT8, Ra1,25) – термообработка, сверление (13), зенкерование (10), развертывание (8).

2.3 Определение припусков

Припуск на обработку поверхностей детали может быть назначен табличным методом (по справочным таблицам и ГОСТам) или расчетно-аналитическим методом.

«Аналитический расчет припусков выполняется по следующему алгоритму: для каждой обрабатываемой поверхности устанавливается необходимое число переходов и последовательность их выполнения. Далее для каждого перехода, начиная с последнего, определяется минимальное значение припуска на сторону расчетно-аналитическим методом» [2].

Рассчитаем припуски на посадочное отверстие диаметром 19,28H7(+0,021) аналитическим методом. Данные для обработки поверхности в ходе заводского техпроцесса приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Данные для обработки поверхности $\varnothing 19,28H7(+0,021)$

Методы обработки поверхности	Код операции	Станок	Установка заготовки
Растачивание черновое	010	16K20Ф3	В патроне кулачковом
Растачивание чистовое	020	16K20Ф3	В патроне кулачковом
Шлифование	025	3K227В	В патроне мембранном

«Суммарные отклонения расположения штампованной заготовки типа "диск":

$$\Delta_o = \sqrt{\Delta_{def}^2 + \Delta_{экс}^2}, \quad (19)$$

где Δ_{def} - деформация заготовки, мм,

$\Delta_{экс}$ – эксцентricность отверстий, прошиваемых на прессах и горизонтально-ковочных машинах, мм.

Погрешность деформация заготовки, Δ_{def} , мм, определяется по формуле:

$$\Delta_{\text{деф}} = \Delta_{\text{деф}} = \Delta_y \cdot L_k, \quad (20)$$

где Δ_y - величина удельного отклонения расположения, мкм/мм» [3, с.64]; $\Delta_y = 1$ мкм/мм;

L_k - длина заготовки, $L_k = 43$ мм.

$$\Delta_{\text{деф}} = 1 \cdot 43 = 43 \text{ мкм.}$$

«Величина отклонения эксцентricности отверстия определяется по формуле:

$$\Delta_{\text{деф}} = 0,25 \sqrt{\delta_3^2 + 1}, \quad (21)$$

где δ_3 - допуск на поверхность, используемую в качестве базы при центровке, мм» [3].

$$\Delta_{\text{экс}} = 0,25 \sqrt{2,5^2 + 1} = 0,673 \text{ мм} = 673 \text{ мкм.}$$

$$\text{Тогда } \Delta_o = \sqrt{43^2 + 673^2} = 674 \text{ мкм.}$$

«Погрешность установки при базировании заготовки в трехкулачковом патроне при черновом растачивании $\varepsilon_{\text{уст}} = 440$ мкм» [3, с. 75].

«Погрешность установки при чистовом растачивании $\varepsilon_{\text{уст}} = 90$ мкм» [3, с. 75].

«Погрешность установки при шлифовании $\varepsilon_{\text{уст}} = 50$ мкм» [3, с. 75].

«Остаточное суммарное расположение заготовки после черновой обработки определяется по формуле:

$$\Delta_{\text{ост}} = K_y \cdot \rho_0, \quad (22)$$

где K_y - коэффициент уточнения» [3]. Для перехода 2 $K_y = 0,06$, для перехода 3 $K_y = 0,04$, для перехода 4 $K_y = 0,02$.

Тогда по формуле (22):

$$\Delta_2 = K_{y2} \cdot \rho_0 = 674 \cdot 0.06 = 40 \text{ мкм.}$$

$$\Delta_3 = K_{y3} \cdot \rho_0 = 674 \cdot 0.04 = 27 \text{ мкм.}$$

$$\Delta_4 = K_{y4} \cdot \rho_0 = 674 \cdot 0.02 = 13 \text{ мкм.}$$

«Припуск Z_{min} на черновую обработку вычислим по формуле:

$$2Z_{min} = 2(Rz + h) + 2\sqrt{\Delta^2 + \varepsilon_{уст}^2} \gg [3] \quad (23)$$

$$2Z_{min} = 2(160 + 200 + \sqrt{674^2 + 440^2}) = 2.330 \text{ мм}$$

Далее вычислим Z_{min} на чистовые операции:

$$Z_{min \text{ р.чист}} = 2(50 + 40 + \sqrt{40^2 + 90^2}) = 377 \text{ мкм}$$

$$Z_{min \text{ ш}} = 2(25 + 25 + \sqrt{27^2 + 50^2}) = 214 \text{ мкм}$$

«Определим промежуточные размеры по формуле:

$$D_{max}^{i-1} = D_{max}^i - 2Z_{min} \gg [3] \quad (24)$$

$$D_{max \text{ ш}} = 19,301 \text{ мм}$$

$$D_{max \text{ р.чист}} = 19,301 - 0,214 = 19,087 \text{ мм}$$

$$D_{max \text{ р.черн}} = 19,087 - 0,377 = 18,710 \text{ мм}$$

$$D_{max \text{ заг}} = 18,710 - 2,33 = 16,380 \text{ мм}$$

$$D_{min}^i = D_{max}^i - Td^i \quad (25)$$

$$D_{min \text{ ш}} = 19,301 - 0,021 = 19,280 \text{ мм}$$

$$D_{min \text{ р.чист}} = 19,087 - 0,084 = 19,003 \text{ мм}$$

$$D_{min \text{ р.черн}} = 18,710 - 0,330 = 18,380 \text{ мм}$$

$$D_{min \text{ заг}} = 16,380 - 1,6 = 14,780 \text{ мм}$$

«Вычислим припуски $2Z_{max}$:

$$2Z_{max} = D_{min}^{i-1} - D_{min}^i \text{ [3]} \quad (26)$$

$$2Z_{max.ш} = 19,280 - 19,003 = 0,277 \text{ мм}$$

$$2Z_{max.p.чист} = 19,003 - 18,380 = 0,623 \text{ мм}$$

$$2Z_{max.p.черн} = 18,380 - 14,780 = 3,600 \text{ мм}$$

«Определим припуски $2Z_{min}$:

$$2Z_{min} = D_{max}^{i-1} - D_{max}^i \text{ [3]} \quad (27)$$

$$2Z_{min.ш} = 19,301 - 19,087 = 0,214 \text{ мм}$$

$$2Z_{min.p.чист} = 19,087 - 18,710 = 0,377 \text{ мм}$$

$$2Z_{min.p.черн} = 18,710 - 16,380 = 2,330 \text{ мм}$$

Проверим результаты:

$$\langle 2Z_{max}^i - 2Z_{min}^i = TD^{i-1} - TD^i \rangle \text{ [3]} \quad (28)$$

$$2Z_{max}^4 - 2Z_{min}^4 = 0,277 - 0,214 = 0,063$$

$$TD^{i-1} - TD^i = 0,084 - 0,021 = 0,063$$

Расчёт припусков выполнен верно.

Все исходные и полученные значения приведем в таблице 2.

Таблица 2 - Расчет припуска на поверхность диаметром 19,28H7(^{+0,021})

Переход	Элементы, мкм				$2Z_{min}$	IT	Размеры		Припуск	
	Rz^{i-1}	h^{i-1}	Δ^{i-1}	$\epsilon_{уст}^{i-1}$			d_{max}^i	d_{min}^i	$2Z_{max}$	$2Z_{min}$
первый	160	200	673	-	-	15	16,380	14,780	-	-
второй	50	50	40	440	2,330	13	18,710	18,380	3,600	2,330
третий	25	25	27	90	0,377	10	19,087	19,003	0,623	0,377
четвертый	10	15	13	50	0,214	9	19,301	19,280	0,277	0,214

На рисунке 3 представлена схема расположения рассчитанных выше припусков.

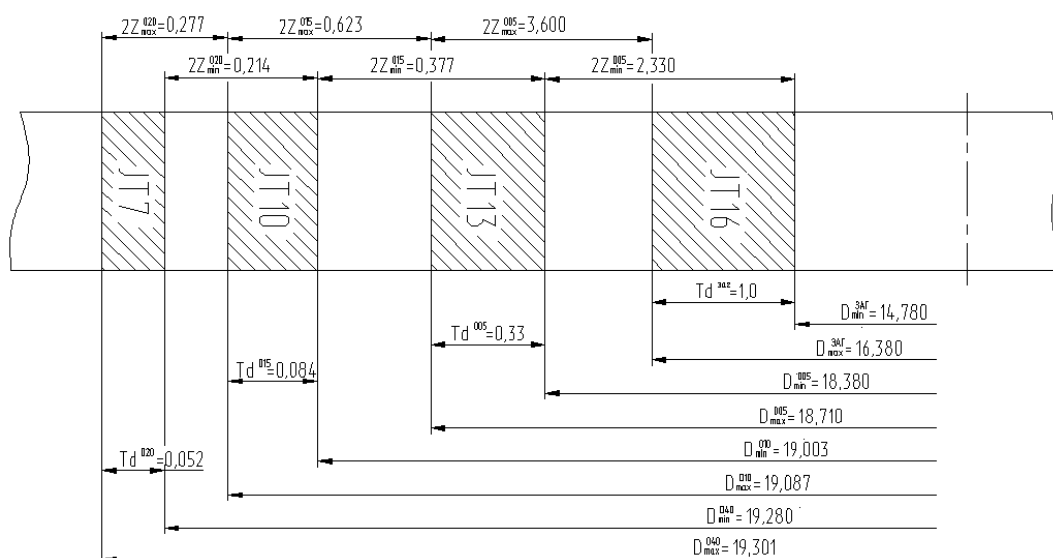


Рисунок 3 - Схема расположения припусков, допусков и операционных размеров на $\varnothing 19,28H7^{(+0,021)}$

Определим остальные припуски табличным методом, при котором припуски назначаются по справочным таблицам из ГОСТов и других нормативных документов, и представим результаты в таблице 3.

Таблица 3 - Расчет припусков на обработку поверхностей корпуса формы для литья табличным методом

Код	Наименование операции	Код поверхности	Припуск на сторону, мм
010	Токарная (черновая)	1-12	1,3max
020	Токарная (чистовая)	1-12	0,5max
030	Фрезерная	17-27 29-48	1,5 max 3,75 max
035	Электроэрозионная	6 13-14	0,074
040	Координатно-шлифовальная	17-22 25-26	0,2 0,2
045	Торцевнутришлифовальная	11 4	0,14 0,20

2.4 Разработка технологического маршрута

Разработаем схемы базирования для каждой операции. «Выбор баз является важным вопросом при разработке технологического процесса, так как правильным выбором баз обеспечивается точность обработки.

На первых операциях базирование осуществляется по необработанным (черным) поверхностям, которые называются черновыми базами. Поверхности, обработанные на этих операциях, используются затем как чистовые базы.

Поверхности для базирования необходимо выбирать так, чтобы соблюдались принципы совмещения, постоянства и последовательности перемены баз.

Первый принцип заключается в совмещении при механической обработке технологической и измерительной баз, что позволяет исключить погрешность базирования. Суть второго принципа состоит в использовании одних и тех же баз на всех или большинстве операций технологического процесса, что повышает точность относительного расположения обработанных поверхностей. Максимальная точность обеспечивается при обработке заготовок за один установ. Третий принцип следует использовать тогда, когда при механической обработке необходимо многократно менять положение заготовки с установкой на разные базы. В этом случае необходимо обрабатывать поверхности в порядке повышения точности их размеров» [2].

Эскизы схем установки и базирования по операциям представлены на рисунках 4-9.

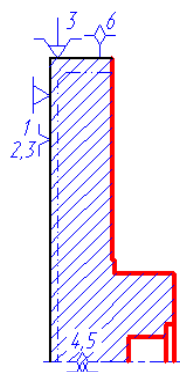


Рисунок 4 - Схема базирования при токарной обработке на 1 установе

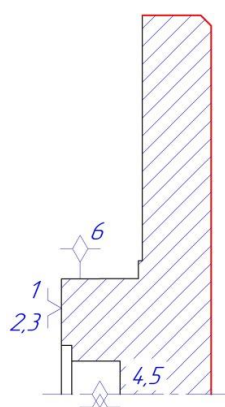


Рисунок 5 - Схема базирования при токарной обработке на 2 установе

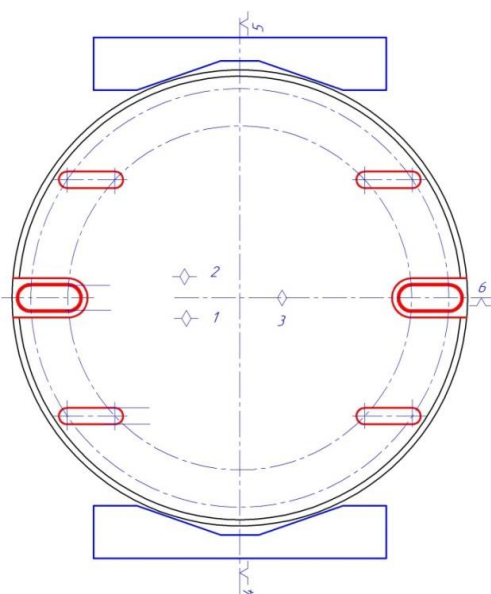


Рисунок 6 - Схема базирования при фрезеровании

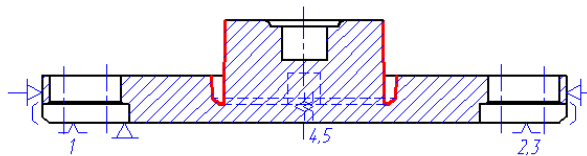


Рисунок 7 - Схема базирования при электроэрозионной обработке

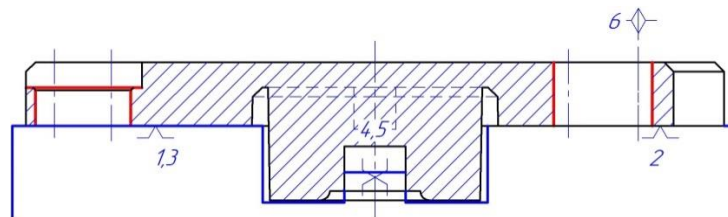


Рисунок 8 - Схема базирования при координатно-шлифовальной обработке

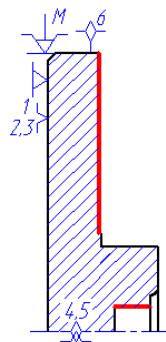


Рисунок 9 - Схема базирования при торцевнутришлифовании

«Для обеспечения заданных точностных и качественных показателей детали необходимо спроектировать оптимальный технологический маршрут изготовления детали — перечень технологических операций, необходимых для превращения полуфабриката — исходной заготовки в готовую деталь. С точки зрения достижения требуемой точности детали задача сводится к «уточнению» формы, размеров и их отклонений у исходной заготовки до аналогичных параметров детали, заданных конструктором» [16].

«План изготовления детали разрабатывается на базе маршрутной технологии и служит основой для проектирования технологических операций. План – это графический иллюстративный документ учебного характера, содержащий следующую информацию:

- 1) номера и названия всех операций технологических процессов, имеющих место при изготовлении детали в соответствии с принятым технологическим маршрутом её изготовления. В общем случае технологические процессы, не относящиеся к обработке резанием (заготовительные, химико-термической обработки, очистные) и содержащие несколько операций, допускается в плане изготовления обозначать одной операцией: «заготовительная» или «термическая»;
- 2) наименование и предполагаемую модель оборудования, на котором выполняется конкретная технологическая операция;
- 3) эскизы обработки заготовки;
- 4) технические требования на выполнение операций» [16].

План обработки приведен в графической части работы.

Заключительные операции техпроцесса 050 Слесарная, 060 Моечная и 065 Контрольная в плане обработки условно не показаны, так как повторяются без изменений из имеющегося заводского техпроцесса и не оказывают влияния на прогрессивные характеристики проектируемого техпроцесса. В дальнейших разделах они упоминаться не будут. Также в дальнейшем не будет рассматриваться термическая операция, которая как в имеющемся, так и в проектируемых вариантах проводится на печи Ш-70 при одинаковых режимах термообработки.

Маршрутная карта технологического процесса приведена в Приложении Б.

Далее выберем средства технологического оснащения для проектируемого техпроцесса.

«При выборе оборудования и станочных приспособлений пользуются следующими общими принципами:

- по своему техническому уровню оборудование должно соответствовать типу производства;
- по допустимому максимальному размеру обработки детали следует исходить из того, что станок должен использовать 70-80% номинальной мощности привода;
- учитывать его возможности по обеспечению выполнения заданных технических условий;
- учитывать возможности по обеспечению наибольшей производительности;
- исходить из возможно наименьшей себестоимости станка;
- принимать во внимание реальность его приобретения.

Из двух сравниваемых станков выбирается тот, который обеспечит наименьшую себестоимость и трудоёмкость. Это сравнение допускается делать путём интуитивного заключения, без расчётов.

При выборе технологической оснастки следует по возможности принять наиболее быстродействующие автоматизированные приспособления. Желательно применять стандартные или унифицированные приспособления» [16].

Оборудование и средства технологического оснащения выбранных операций представлены в таблице 4.

2.5 Проектирование технологических операций

«Назначение режимов резания может быть выполнено двумя способами:

- расчетно-аналитическим способом, при котором режимы резания подсчитывают по эмпирическим (полученным опытным путем) формулам теории резания;

- статистическим способом, при котором режимы резания назначают по справочным таблицам» [17].

Таблица 4 - Выбор СТО

Код операции	Наименование операции	Оборудование	Технологическая оснастка		
			Станочное приспособление	Режущий инструмент	Контрольно-измерительные средства
000	Заготовительная	КГШП	-	-	-
010	Токарная с ЧПУ (черновая)	Токарный с ЧПУ СТХ alpha 500	Патрон токарный трехкулачковый клиновый ГОСТ 2675-80	Базовый блок. Державка резцовая проходная с механическим креплением твердосплавных пластин. Пластина ромбическая, Т5К10, покрытие (Ti,Si)CN $\varphi=97^\circ$ Базовый блок. Державка резцовая расточная с механическим креплением твердосплавных пластин. Пластина ромбическая, Т5К10, покрытие (Ti,Si)CN $\varphi=97^\circ$	Калибр-скоба ГОСТ 18355-73 Шаблон ГОСТ 2534-79 Калибр-пробка ГОСТ 14827-69
020	Токарная с ЧПУ (чистовая)			Базовый блок. Державка резцовая проходная с механическим креплением твердосплавных пластин. Пластина ромбическая, Т15К6, покрытие (Ti,Si)CN $\varphi=107^\circ$ Базовый блок. Державка резцовая расточная с механическим креплением твердосплавных пластин. Пластина ромбическая, Т15К6, покрытие (Ti,Si)CN $\varphi=90^\circ$	

Продолжение таблицы 5

Код операции	Наименование операции	Оборудование	Технологическая оснастка		
			Станочное приспособление	Режущий инструмент	Контрольно-измерительные средства
030	Фрезерная с ЧПУ	Горизонтальный фрезерно-расточной с ЧПУ 500HS	Приспособления специализированные наладочные по ГОСТ 31.0151.01-90	Фреза шпоночная Ø5; Ø7,6; Ø 11,6; Ø12; Ø19 P6M5 ГОСТ 9140-78 Зенковка 45° Ø16 P6M5K5 Сверло центровочное Ø2 тип А ГОСТ 14952-75 P6M5 Сверло спиральное Ø7,5 ГОСТ 10903-77 P6M5K5 Зенкер цельный Ø7,9 ГОСТ 12489-71 P6M5K5 Развертка машинная цельная Ø8 ГОСТ 1672-80 P6M5K5	Калибр-пробка ГОСТ 14827-69 Шаблон ГОСТ 2534-79
035	Электроэрозионная	Электроэрозионный 4Г721М		Электрод графитный	Шаблон ГОСТ 2534-79
040	Координатно-шлифовальная с ЧПУ	Координатно-шлифовальный с ЧПУ АЭРО-ШЛИФ 400		Головка шлифовальная AW 7x20 91A F60 M 7 V A 35 м/с 2 кл. ГОСТ Р 52781-2007	Калибр-пробка ГОСТ 14827-69 Шаблон ГОСТ 2534-79
045	Торцевнутришлифовальная с ЧПУ	Внутришлифовальный с ЧПУ СТ-960	Патрон мембранный ОСТ 3-3443-76	Круг шлифовальный 5 16x12x5 91A F60 M 7 V A 35 м/с 2 кл. ГОСТ Р 52781-2007 Круг шлифовальный 6 50x25x10 91A F90 M 7 V A 35 м/с 2 кл. ГОСТ Р 52781-2007	Шаблон ГОСТ 2534-79 Калибр-пробка ГОСТ 14827-69

«Независимо от выбранного способа, параметры режимов резания назначают таким образом, чтобы достичь наибольшей производительности труда при наименьшей себестоимости данной технологической операции.

Эти условия удастся выполнить при работе инструментом рациональной конструкции, с экономически целесообразной геометрией его режущей части, с максимальным использованием всех эксплуатационных возможностей станка» [17].

Произведем расчет аналитическим методом для токарной операции 020 установ 2.

Назначим глубину резания: $t = 0,5$ мм.

Назначим подачу:

- при точении $\varnothing 220$: $S = 0,25$ мм/об;

- при подрезке торца: $S = 0,15$ мм/об;

«Скорость резания определяют (для принятого материала инструмента и заданного материала детали) в зависимости от глубины резания и подачи с учетом поправочных коэффициентов. При этом должна быть принята во внимание заданная стойкость режущего инструмента» [17].

«Вычислим скорость резания V :

$$V = \frac{C_U}{T^{m_t} \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_U \quad [17], \quad (29)$$

Данные для подстановки в формулу выберем по таблицам, кроме « K_U - поправочного коэффициента, который вычислим по формуле:

$$K_U = K_{MU} \cdot K_{ПУ} \cdot K_{ИУ}, \quad (30)$$

где K_{MU} вычислим по формуле:

$$K_{MU} = K_T \cdot \left(\frac{750}{\sigma_s}\right)^{n_U} \quad [17], \quad (31)$$

$$K_{MU} = 1,0 \cdot \left(\frac{750}{570}\right)^{1,0} = 1,31$$

$$K_{ПУ} = 1,0,$$

$$K_{IU} = 1,0,$$

$$K_U = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,31 = 1,31.$$

$$\text{При точении } \varnothing 220: V_T = \frac{420}{60^{0.2} \cdot 0,5^{0.15} \cdot 0,25^{0.2}} \cdot 1,31 = 355,2 \text{ м/мин.}$$

$$\text{При подрезке торца: } V_n = \frac{420}{60^{0.2} \cdot 0,5^{0.15} \cdot 0,15^{0.2}} \cdot 1,31 = 393,3 \text{ м/мин.}$$

«Частота вращения шпинделя n , мин^{-1} :

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \gg [17], \quad (32)$$

$$\text{При точении } \varnothing 220: n_1 = \frac{1000 \cdot 355,2}{3,14 \cdot 220} = 514 \text{ мин}^{-1}$$

$$\text{При подрезке торца: } n_2 = \frac{1000 \cdot 393,3}{3,14 \cdot 220} = 569 \text{ мин}^{-1}$$

По паспортным данным станка СТХ alpha 500 частота вращения шпинделя составляет 12 - 5000 об/мин, фактическую частоту вращения примем из стандартного ряда чисел $n_1 = n_2 = 500 \text{ мин}^{-1}$. Тогда фактическая скорость резания V будет равна:

$$V_1 = V_2 = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 220 \cdot 500}{1000} = 345,4 \text{ м/мин;}$$

«Главная составляющая силы резания P_z :

$$P_z = 10 \cdot C_P \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_P \gg [17], \quad (33)$$

Числовые данные выберем по таблицам, « K_P - поправочный коэффициент, вычислим по формуле:

$$K_P = K_{MP} \cdot K_{\varphi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{GP} \quad (34)$$

где K_{MP} - поправочный коэффициент на качество обрабатываемого материала:

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_6}{750}\right)^n \gg [17] \quad (35)$$

Показатель степени выберем по таблице, $n = 0,75$.

$$K_{MP} = \left(\frac{570}{750}\right)^{0.75} = 0.81.$$

$K_{\phi p}$, $K_{\gamma p}$, $K_{\lambda p}$, K_{rp} - поправочные коэффициенты, определим по таблицам: $K_{\phi p} = 0,89$, $K_{\gamma p} = 1,0$, $K_{\lambda p} = 1,0$, $K_{rp} = 1,0$.

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,5^{1,0} \cdot 0,25^{0,75} \cdot 345 \cdot 4^{-0,15} \cdot 0.81 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 159 \text{ Н.}$$

Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{159 \cdot 245.4}{1020 \cdot 60} = 0,63 \text{ кВт} \quad (36)$$

Для станка СТХ alpha 500 мощность привода станка:

$$N_{ш} = N_d \cdot \eta = 12 \cdot 0,75 = 9 \text{ кВт.}$$

$0,63 < 9$, обработка возможна.

На остальные операции рассчитаем режимы резания табличным методом [17]. Результаты сведем в таблицу 5.

В таблице 5 приняты следующие условные обозначения:

* - подача в мм/мин;

** - подача в мм/ход.

Выполним нормирование технологического процесса. «Для серийного производства штучно-калькуляционное время:

$$T_{ш-к} = T_{п-з}/n + T_{шт} \quad (37)$$

Количество деталей в партии n:

$$n = N \cdot a/D = 20000 \cdot 3/254 = 236, \quad (38)$$

где N- годовая программа выпуска;

a - периодичность запуска в днях» [3], a = 3;

D- количество рабочих дней в году.

Таблица 5 - Сводные данные по режимам резания

Код операции	Наименование операции	Наименование перехода	Глубина резания t , мм	Табличная подача, скорректированная по паспорту станка	Табличная скорость резания с учетом поправочных коэффициентов V_T , м/мин	Частота вращения шпинделя, соответствующая табличной скорости, об/мин	Принятая частота вращения шпинделя $n_{пр}$ об/мин	Действительная скорость Резания $V_{пр}$ м/мин
10	Токарная (черновая) Переход 1	Точить Ø69,8	1,3	0,5	160	735	630	138,3
		Подрезать торец до Ø223,6	1,3	0,5	160	230	200	140,6
		Расточить Ø18,3	1,25	0,5	150	2525	2000	114,8
10	Токарная (черновая) Переход 2	Точить Ø221	1,3	0,5	161	232	200	138,8
		Подрезать торец до Ø221	1,3	0,5	161	232	200	138,8
20	Токарная (чистовая) Переход 1	Точить Ø67,9	0,5	0,25	355	1665	1600	341,1
		Подрезать торец до Ø221	0,5	0,25	355	511	500	346,9
		Расточить Ø19	0,35	0,25	338	5665	4000	238,6
20	Токарная (чистовая) Переход 2	Точить Ø221	0,5	0,25	355	514	500	345,4
		Подрезать торец до Ø221	0,5	0,15	393	569	500	345,4
30	Фрезерная	Фрезеровать фрезой Ø7,6	4,5	0,06	26	1087	1000	23,7
		Фрезеровать фрезой Ø11,6	6,2	0,08	28	766	800	29,3
		Фрезеровать фрезой Ø19	8	0,08	32	535	500	29,7
		Зенковать фаску 1,0	1,0	0,3	36	816	800	35,3
		Фрезеровать фрезой Ø 12	5	0,06	29	767	800	30,3
		Фрезеровать фрезой Ø 4	1,5	0,03	20	1594	1600	20,3
		Центровать Ø 2	1	0,1	12	1912	2000	12,7
		Сверлить Ø7,5	3,75	0,20	22	932	1000	23,4
		Зенкеровать Ø 7,9	0,2	0,40	16	647	630	15,7
		Развернуть Ø 8	0,05	0,30	9	355	315	7,7
40	Координатно-шлифовальная	Шлифовать Ø8	0,2	1000* 0,005**	25 м/с	-	-	25 м/с
		Шлифовать Ø 12	0,2	1000* 0,005**	25 м/с	-	-	25 м/с
45	Торце-внутри-шлифовальная	Шлифовать отв. Ø19,28	0,14	5400* 0,007**	45	742	742	45
		Шлифовать торец Ø220	0,2	5400* 0,007*	45	65	65	45

«Норма штучного времени $T_{шт}$ для всех операций, кроме шлифовальной:

$$T_{шт} = T_o + T_v \cdot k + T_{об.от} \quad (39)$$

Для шлифовальной операции по формуле:

$$T_{шт} = T_o + T_v \cdot k + T_{тех} + T_{орг} + T_{от}, \quad (40)$$

где T_o - основное время,

T_v - вспомогательное время.

Вспомогательное время:

$$T_v = T_{у.с} + T_{з.о} + T_{уп} + T_{из} \quad (41)$$

где $T_{у.с}$ - время на установку и снятие детали;

$T_{з.о}$ - время на закрепление и открепление детали;

$T_{уп}$ - время на приемы управления станком;

$T_{из}$ - время на измерение детали;

$T_{об.от}$ - время на обслуживание рабочего места;

$T_{тех}$ - время на техническое обслуживание рабочего места;

$T_{орг}$ - время на организационное обслуживание;

$T_{от}$ - время перерывов на отдых и личные надобности.

$$T_{тех} = T_o \cdot t_{п}/T, \quad (42)$$

где $t_{п}$ - время на одну правку шлифовального круга;

T - стойкость круга» [3].

Рассчитаем норму времени на токарную операцию 020. «Основное время:

$$T_0 = \frac{L_{px} \cdot i}{nS}, \quad (43)$$

где L_{px} - длина рабочего хода:

$$L_{px} = L_{рез} + l_1 + l_2 + l_3 \quad (44)$$

где $L_{рез}$ – длина резания;

l_1 – длина подвода режущего инструмента;

l_2 - длина врезания;

l_3 - длина перебега;

i - число проходов» [3].

Для контурного резца с углом $\varphi=90^\circ$ при чистовом точении:

$$l_1 + l_2 + l_3 = 4 \text{ мм.}$$

$$T_0 = \frac{27}{500 \cdot 0,25} + \frac{111}{500 \cdot 0,15} = 1,696 \text{ мин.}$$

При установке заготовки в патроне:

$$T_{у.с} + T_{з.о} = 0,12 \text{ мин.}$$

При контроле трех поверхностей с $T_{из}=0,05$ мин и количеством контролируемых деталей 20%:

$$T_b = (0,12 + 0,01 + 0,05 \cdot 3 \cdot 0,2) \cdot 1,85 = 0,296 \text{ мин.}$$

$$T_{оп} = 1,696 + 0,296 = 1,992 \text{ мин.}$$

$T_{об.от}$ составит 6% от оперативного $T_{оп}$:

$$T_{об.от} = 0,06 \cdot 1,992 = 0,119 \text{ мин.}$$

Норматив $T_{п-з} = 17$ мин по таблицам.

$$T_{шт} = 1,992 + 0,119 = 2,111 \text{ мин}$$

$$T_{ш-к} = 2,111 + 17/236 = 2,183 \text{ мин}$$

Далее рассчитаем нормы времени для остальных операций проектируемого техпроцесса. Результаты расчетов сведем в таблицу 6.

Таблица 6 - Нормы времени по операциям

Код	Наименование операции	То мин	Тв мин	Топ мин	Тоб.от мин	Тп-з мин	Тшт мин	n	Тшт-к мин
10	Токарная (черновая) Переход 1	1,059	0,374	1,433	0,087	21	1,518	236	1,607
	Токарная (черновая) Переход 2	1,382	0,287	1,668	0,100	18	1,767	236	1,835
20	Токарная (чистовая) Переход 1	0,855	0,428	1,284	0,079	21	1,362	236	1,446
	Токарная (чистовая) Переход 2	1,696	0,296	1,992	0,119	17	2,111	236	2,183
30	Фрезерная переход 1	12,322	0,460	12,783	0,766	35	13,548	236	13,704
	Фрезерная переход 2	16,255	0,497	16,757	1,006	36	17,756	236	17,916
35	Электроэрозионная	18,125	0,675	18,77	1,124	26	19,913	236	20,022
40	Координатно-шлифовальная	2,132	0,508	2,632	0,203	22	2,831	236	2,935
45	Внутришлифовальная	0,942	0,306	1,249	0,173	21	1,411	236	1,502

3 Проектирование станочного приспособления

«Применяя приспособления, можно сократить основное технологическое время за счет совмещения обработки нескольких заготовок и различных поверхностей одной заготовки, увеличения числа одновременно работающих инструментов, повышения параметров режима обработки.

Также сокращается вспомогательное время за счет автоматической ориентации заготовок, сокращения времени на их закрепление, совмещения вспомогательного времени с основным, исключения затрат времени на проверку положения заготовок при установке, использования в конструкциях быстродействующих ручных, механизированных, автоматизированных и многократных зажимных устройств, автоматических загрузочных устройств, поворотных устройств и др.

От качества приспособления в значительной степени зависит эффективность технологических процессов изготовления деталей. Жесткость приспособления влияет на жесткость всей технологической системы. Какой бы ни была жесткость других элементов технологической системы, жесткость самой технологической системы не будет превышать жесткость приспособления.

Используя приспособления, на типовом металлорежущем оборудовании можно изготавливать детали из труднообрабатываемых конструкционных материалов. С помощью приспособлений, расширяющих технологические возможности станков, можно осуществлять крепление инструментов, использование которых на данном станке не предусмотрено; обеспечить дополнительные перемещения обрабатываемой заготовки и инструмента. При этом возможно крепление заготовок и инструментов на не предназначенных для этих целей поверхностях станка, повышается точность положения и перемещения инструмента, становятся возможными виды обработки, для которых данный станок не предназначен» [14].

Для закрепления анализируемой детали в заводском варианте техпроцесса при токарной обработке на станке 16K20Ф3 используется кулачковый патрон с ручным винтовым зажимом. Недостатки здесь - низкая точность установки изделия, потери времени на зажим, невозможность регулировок самих кулачков. Поэтому в данном разделе ВКР произведем конструирование токарного клинового патрона для 16K20Ф3 с увеличением точности установки и надежности закрепления, а также меньшим временем зажима и возможностью быстрой перенастройки на другой размер. Это будет механизированный при помощи пневмоцилиндра патрон с дополнительным торцовым поджимом заготовки.

Вначале произведем расчёт сил резания при максимальной нагрузке - точении $\varnothing 220$ мм. «Главная составляющая сила резания:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \quad [17] \quad (45)$$

Коэффициент C_p и показатели степени x , y , n выберем из таблиц:
 $C_p=300$, $x=1.0$, $y=0.75$, $n=-0.15$.

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}, \quad (46)$$

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_b}{750}\right)^n, \quad (47)$$

где σ_b - предел прочности материала» [17];

$n=0.75$ по таблицам.

$$K_{MP} = \left(\frac{600}{750}\right)^{0.75} = 0.84 \quad K_{MP} = \left(\frac{600}{750}\right)^{0.75} = 0,84.$$

Коэффициенты $K_{\varphi p}$, $K_{\gamma p}$, $K_{\lambda p}$, K_{rp} определим по таблицам: $K_{\varphi p}=0,89$;
 $K_{\gamma p}=1,0$; $K_{\lambda p}=1,0$; $K_{rp}=0,87$.

Тогда главная составляющая сила резания:

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,5^{1,0} \cdot 0,25^{0,75} \cdot 355,2^{-0,15} \cdot 0,84 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,87 = 143 \text{ Н.}$$

Рассчитаем необходимое усилие зажима. Выполним эскизно схему действия сил резания и зажима для данного типа установки заготовки (рисунок 10). «Расчет усилия зажима заготовки выполняется по формуле:

$$W_z = \frac{K \cdot P_z \cdot R}{f \cdot R_0}, \quad (48)$$

где P_z – главная составляющая силы резания, Н;

R - радиус действия силы P_z , мм;

R_0 - радиус фиксируемой поверхности, мм;

f – коэффициент трения на рабочей поверхности кулачка» [17],
примем

$f=0,5$ для рифленых кулачков.

«Коэффициент запаса K , учитывающий нестабильность силовых воздействий на заготовку, вводят при вычислении силы P_z для надежного закрепления.

$$K = K_0 + K_1 + K_2 + K_3 + K_4 + K_5 + K_6 \quad (49)$$

где $K_0=1,5$ - гарантированный коэффициент запаса;

K_1 – учитывает увеличение сил резания из-за случайных неровностей на обрабатываемых поверхностях заготовок, при черновой обработке $K_1=1,2$, при чистовой и отделочной $K_1=1,0$;

K_2 - учитывает увеличение сил резания вследствие затупления режущего инструмента» [14], примем $K_2=1,2$;

«Коэффициент K_3 учитывает увеличение сил резания при прерывистом резании. При прерывистом точении и торцовом фрезеровании $K_3=1,2$;

Коэффициент K_4 характеризует постоянство силы, развиваемой ЗМ. При использовании пневматических, гидравлических, пневмогидравлических двухстороннего действия, магнитных, вакуумных и других ЗМ $K_4=1,0$;

Коэффициент K_5 характеризует эргономику немеханизированного ЗМ» [14];

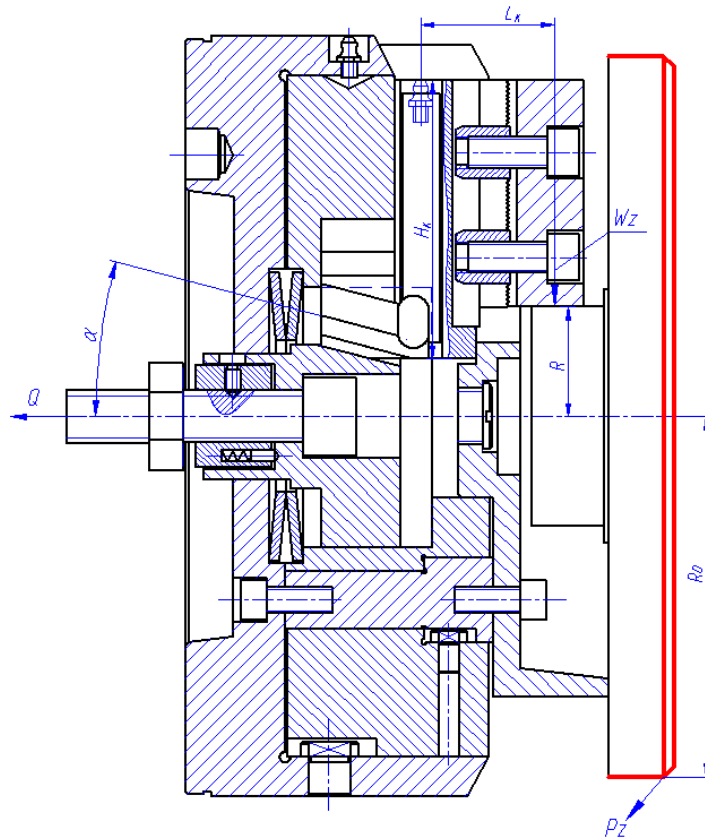


Рисунок 10 - Схема действий сил резания и зажима

«Коэффициент K_6 учитывается только при наличии моментов, стремящихся повернуть заготовку, установленную плоской поверхностью. При установке заготовки плоской поверхностью на опорные штыри расположение точек контакта постоянное (и известное) $K_6 = 1,0$.

Если в результате расчета коэффициент запаса K окажется меньше 2,5, принимают $K=2,5$ » [14].

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 2,16, \text{ т.к. } K < 2,5, \text{ принимаем } K=2,5.$$

Таким образом, усилие зажима

$$W_z = \frac{2,5 \cdot 143 \cdot 220 / 2}{0,2 \cdot 67,9 / 2} = 5791 \text{ Н.}$$

«Для трехкулачковых клиновых патронов с целью уточнения усилия зажима W_1 на постоянных кулачках применяется следующая формула, учитывающая дополнительно ряд параметров:

$$W_1 = K_1 \cdot \frac{W}{1 - 3 \cdot f_1 \cdot (L_k / H_k)}, \quad (50)$$

где $K_1 = 1,05 \div 1,1$;

$f_1 = 0,1$ » [17];

L_k – вылет кулачка, $L_k = 40$ мм;

H_k – длина направляющей части кулачка, $H_k = 84$ мм.

$$W_1 = 1,1 \frac{5791}{1 - 3 \cdot 0,1 \cdot (40/84)} = 7432 \text{ Н.}$$

«Усилие силового привода Q , передающееся через зажимной механизм на постоянный кулачок, вычислим по формуле:

$$Q = (W_1 + P) \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \phi), \quad (51)$$

где α - угол скоса направляющих;

ϕ - угол трения;

P – усилие на тарельчатых пружинах» [17].

$$Q = (7432 + 2400) \cdot \operatorname{tg}(15 + 5^{\circ}43') = 3718 \text{ Н.}$$

Для механизации проектируемого привода применим пневмоцилиндр. Пневмоприводы имеют ряд преимуществ по сравнению с другими средствами механизации приспособлений:

- «отсутствуют специальные источники давления, так как линии сжатого воздуха имеются на большинстве заводов;
- нет возвратных трубопроводов, так как отработанный воздух выпускают в окружающую среду;
- простые аппаратура и арматура» [19].

«К недостаткам пневмоцилиндров следует отнести низкое рабочее давление сжатого воздуха, а также механизмы-усилители (рычажные,

шарнирно-рычажные, клиновые, винтовые, эксцентриковые, а также их сочетания)» [19].

Вычислим диаметр поршня при рабочем давлении 0,63 МПа:

$$D = 1.19 \cdot \sqrt{\frac{Q}{p \cdot \eta}} \quad (52)$$

где p – давление воздуха в цилиндре;

$\eta=0,9$ - КПД привода.

$$D = 1,19 \cdot \sqrt{\frac{3718}{0.63 \cdot 0,9}} = 96,3 \text{ мм.}$$

По ГОСТ 15608-81 примем $D=100$ мм.

Произведем описание конструкции и принципа действия приспособления. Оно состоит из патрона и пневмопривода.

Патрон состоит из корпуса 1, в нем установлен клин 4, в наклонные пазы которого входят подкулачники 5, установленные в Т-образный паз корпуса 3.

К подкулачникам винтами 31 с помощью сухарей 7 крепятся кулачки 6.

Деталь устанавливается до упора в опору 8, которая крепится к стойке 9 корпуса 1 винтами 30.

Патрон крепится к шпинделю станка с помощью винтов 32.

Винт 33 с помощью муфты 19 с гайками 34 соединен со штоком 22 пневмоцилиндра.

В корпусе пневмоцилиндра 20 при помощи болтов 29 с шайбами 44 установлена крышка 21. В пневмоцилиндре установлен поршень 23, который с помощью гайки 35 с шайбой 42 крепится к штоку 22.

Чертеж приспособления приведен в графической части работы. Спецификация приспособления приведена в Приложении А работы.

Принцип работы приспособления заключается в следующем. Заготовка устанавливается в кулачки до упора в опору 8. При подаче воздуха в полость пневмоцилиндра клин 4 отходит влево, подкулачники 5 скользят по

наклонному пазу вниз и кулачок опускается, закрепляя при этом заготовку. Если заготовка не доходит торцом до опоры 8, то при ходе клина 4 назад корпус 3, преодолевая сопротивление тарельчатых пружин 14, тянет подкулачники 5 с кулачками 6 назад на величину поджима, прижимая заготовку к опоре 8.

При сбросе воздуха из полости пневмоцилиндра клин 4 отходит вправо, подкулачники скользят по наклонному пазу вверх и кулачок поднимается, раскрепляя заготовку.

4 Проектирование режущего инструмента

«В современном машиностроении обработка резанием является главным технологическим методом, обеспечивающим высокое качество обработки поверхностей деталей.

Режущий и вспомогательный инструмент, средства предварительной настройки инструмента вне станка и системы инструментального обеспечения играют важную роль в достижении высокой экономической эффективности дорогостоящего оборудования с ЧПУ.

Для выполнения этой роли необходимо применять инструмент, отличающийся следующими качествами:

- высокая надёжность при работе;
- быстросменность;
- высокий уровень унификации;
- переналаживаемость;
- относительно низкая стоимость» [15].

Задача данного раздела – рассчитать и спроектировать такой режущий инструмент, который бы обеспечивал выпуск деталей заданного качества с минимизацией затрат.

Перед началом выполнения данной задачи необходимо обратиться к литературе по металлорежущему инструменту, рассмотреть имеющиеся конструкции режущих инструментов, выявить недостатки и наметить возможные пути для их устранения. По результатам обзора можно будет наглядно обосновать целесообразность проектирования выбранного инструмента и выбрать параметры конструкции, необходимые для разработки.

«Наиболее распространенными осевыми инструментами являются сверла, зенкеры, зенковки, развёртки. Выбор осевого инструмента зависит от параметров отверстия: диаметра, глубины, точности, требований и расположения геометрической оси.

Спиральное сверло относится к основным и наиболее распространенным видам режущего инструмента при обработке отверстий в сплошном материале. По конструкции спиральное сверло соответствует двойному назначению - быть режущим инструментом и шнеком, транспортирующим стружку из зоны резания. Основные размеры и углы стандартизованы» [15].

Спиральное сверло имеет ряд технологических достоинств, среди которых в первую очередь следует отметить:

- высокую производительность, которая обусловлена большой суммарной длиной одновременно работающей режущей кромки;
- высокую стойкость, которая обусловлена значительной суммарной стойкостью по причине возможности многократных переточек.

«Проектирование стандартных сверл сопровождается адаптацией их параметров к условиям работы. Это прежде всего длина рабочей части, зависящая от глубины сверления, конструкции детали и зажимного приспособления, ширина ленточки и обратная конусность. Малая обратная конусность и большая ширина круглошлифованных ленточек обеспечивают более высокую точность сверления, но способствуют увеличению налипания обрабатываемого материала и защемлению сверл при обработке вязких металлов и материалов, дающих усадку отверстий, например, пластмасс. Геометрические параметры выбираются оптимальными для конкретных условий работы. Повышение стойкости сверл достигается заточкой переходных режущих кромок (двойная заточка), подточкой перемычки по одному из методов, в зависимости от обрабатываемого материала, а также подточкой ленточек при обработке вязких металлов» [15].

Усовершенствование конструкции спирального сверла на протяжении многих лет является актуальной задачей для машиностроения. Если рассмотреть историю вопроса, то, обратившись к базе патентов СССР, можно обнаружить множество описаний, моделей и чертежей, а также способов и методов изготовления прогрессивного инструмента данной модели. Целью описываемых

изобретений являются 3 основных направления – повышение качества обрабатываемых поверхностей в различных конструкционных материалах, снижение трудоемкости изготовления и расширение технологических возможностей инструмента. Основные предлагаемые пути решения поставленной цели предлагаются следующие:

- доработка геометрии рабочей части инструмента;
- оснащение твердосплавными пластинами;
- разработка и внедрение многолезвийного инструмента и сверлильных головок;
- разработка оригинальных конструкций для сверления полимерных материалов.

Востребованность спирального сверла с диаметром $d=7,5$ мм имеет место на операции 030 проектного техпроцесса для обработки отверстия длиной $l=42$ мм. Сверление является предварительной операцией под последующее зенкерование и развертывание для отверстия $\varnothing 8H8^{(+0,022)}$. В данном разделе ВКР произведем разработку конструкции спирального сверла на базе сверла спирального средней серии с цилиндрическим хвостовиком по ГОСТ 10903-77 путем усовершенствования стандартной конструкции на основании авторского свидетельства №1103960, База патентов СССР, автор В.И. Денисенко.

«Сущность усовершенствования: с целью повышения стойкости сверла и снижения трудоёмкости его изготовления, укороченные передние поверхности выполнены дугообразной формы и сопрягаются с поперечной кромкой у её конца и на расстоянии от центра сверла, равном $0,005-0,015$ его диаметра. При резании на укороченных передних поверхностях образуется устойчивый нарост, который осуществляет резание. Кроме того, облегчается транспортировка стружки по канавкам» [1]. Схематично сущность усовершенствования представлена на рисунке 11.

«Для расчета спирального сверла необходимо знать следующие исходные данные:

- параметры отверстия (диаметр и глубина): d (мм) и h (мм);

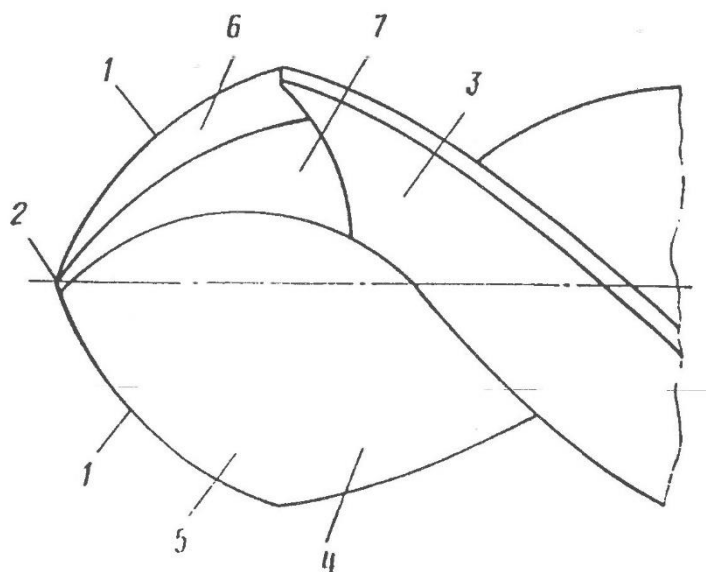


Рисунок 11 - а.с. Россия № 1103960

- тип отверстия (сквозное или глухое);
- материал заготовки (марка материала и ГОСТ, твердость, предел прочности)» [15].

«Определяем длину сверла. Общая длина сверла L , длина рабочей части l_0 хвостовика могут быть приняты по ГОСТ 10908-75 или ГОСТ 4010-77» [16]. С учетом глубины отверстия $l_0=60$ мм. Общая длина сверла $L=110$ мм.

Центровое отверстие выполняется по форме А ГОСТ 14034 - 74.

«Определяем геометрические и конструктивные параметры рабочей части сверла. По нормативам находим форму заточки» [12]: нормальная H , с радиусной заточкой по патенту.

Угол наклона винтовой канавки $\omega = 30^\circ$.

Задний угол $\alpha = 12^\circ$.

Угол наклона поперечной кромки $\psi = 55^\circ$.

«Шаг винтовой канавки:

$$H = \frac{\pi D}{tg \omega} \quad (53)$$

Толщину d_c сердцевины сверла выбираем в зависимости от диаметра сверла:

$$d_c = (0,19 \dots 0,15)D, \quad (54)$$

Утолщение сердцевины по направлению к хвостовику 1,4 - 1,8 мм на 100 мм длины рабочей части сверла» [15].

$$H = \frac{3,14 \cdot 7,5}{\text{tg}30} = 40,8 \text{ мм.}$$

$$d_c = (0,19 \dots 0,15)D = (0,19 - 0,15) \cdot 7,5 = 1,42 - 1,12 \text{ мм.}$$

«Обратная конусность сверла (уменьшение диаметра по направлению к хвостовику) на 100 мм длины рабочей части должна составлять (для $D=7,5$ мм): 0.02-0.08 мм» [15].

«Ширину ленточки f_0 и высоту затылка по спинке К выбираем по таблицам в зависимости от диаметра D сверла» [15]: $f_0=0,7$ мм; $K=0,2$ мм.

Вычислим ширину пера:

$$B = 0,58D = 0,58 \cdot 7,5 = 4,3 \text{ мм.} \quad (55)$$

Что касается исполнительного диаметра, то так как проектируемое сверло используется для предварительной обработки, считаю возможным назначить допуск на диаметр для сверл общего назначения по ГОСТ 885-64: $\varnothing 7,5_{-0,036}$.

«Устанавливаем основные технические требования на размеры сверла (по ГОСТ 885-77).

Допуск на общую длину рабочей части сверла равен удвоенному допуску по 14-му качеству с симметричным расположением предельных отклонений ($\pm \frac{IT_{14}}{2}$) по ГОСТ 25347-82.

Предельные отклонения размеров конуса хвостовика устанавливают по ГОСТ 2848-75 (степень точности АТ8).

Радиальное биение рабочей части сверла относительно оси хвостовика не должно превышать 0,15 мм.

Предельные отклонения размеров подточки перемычки режущей части сверла +0,5 мм. Твердость рабочей части сверла HRCэ 62-65. Твердость у лапки хвостовика сверла HRCэ 30-45» [15].

Задача данного раздела выполнена: рассчитан и спроектирован режущий инструмент, который обеспечивает выпуск деталей заданного качества с минимизацией затрат.

Были обращения к литературе по металлорежущему инструменту, рассмотрены имеющиеся конструкции режущих инструментов, выяснены недостатки и намечены возможные пути для их устранения. По результатам обзора обоснована целесообразность проектирования выбранного инструмента и выбраны параметры конструкции, необходимые для разработки.

Чертеж проектируемого инструмента представлен в графической части работы.

5 Безопасность и экологичность технического объекта

«Профессиональная деятельность человека связана с применением технического оборудования вызывающего различной степени появление возможных рисков. По природе возникновения риски могут быть классифицированы как профессиональные, техногенные и экологические. В качестве профессиональных рассматриваются риски травмирования человека (работника), а также возникновения профессиональных заболеваний, вызывающих снижение работоспособности, снижение производительности труда и нарушение его здоровья. При рассмотрении техногенных рисков речь может идти об отказах оборудования, возникающих, в том числе и из-за неправильной эксплуатации оборудования, промышленных зданий и сооружений, а также возникновения пожаров, аварийных и чрезвычайных ситуаций. К экологическим рискам следует отнести образующиеся негативные факторы воздействия технического объекта на окружающую среду, включающие выбросы углекислого газа, и/или токсические, и/или радиоактивные выбросы в атмосферу, образование загрязненных сточных вод, выделения опасных загрязняющих газообразных, жидких или твердых веществ и материалов, проявляющихся в виде отходов и брака производства, вынужденную выемку загрязненных грунтовых покрытий, нарушение и загрязнение растительного и почвенного покрова и т.д.

Своевременная идентификация профессиональных рисков, определение степени возникновения производственно-технологического инцидента непосредственно на производстве и/или транспортировке продукции, и/или при эксплуатации уже произведенного технического объекта – требуют надлежащей оперативной разработки эффективных, технически обоснованных методов и технических средств снижения (исключения) профессиональных рисков. Это, в конечном итоге, позволит предупредить негативные последствия возникновения рисков, исключить

возможные производственные травмы и профессиональные заболевания работников» [4].

В данном разделе будут рассмотрены вопросы обеспечения безопасности и экологичности на производственных участках по изготовлению детали Корпус формы для литья.

На производственном предприятии, производящем рассматриваемую деталь (АО «Электромеханика», Тверская область), выявлением производственных факторов, опасных и вредных для занятых в производстве сотрудников, а также оказывающих разрушающее воздействие на окружающую среду, занимается отдел охраны труда и промышленной безопасности. В составе отдела работают начальник, 2 специалиста по охране труда, специалист по противопожарной профилактике и инженер по охране окружающей среды.

В обязанности специалистов по охране труда входит оценка условий труда на рабочих местах станочников, выявление опасностей и разработка мероприятий, необходимых для их устранения. Кроме этого, важнейшим направлением работы является обучение занятых в производстве рабочих и специалистов безопасным методам работы на оборудовании путем проведения инструктажей и последующей аттестации; составление паспортов и инструкций.

Инженер по охране окружающей среды (эколог) занят разработкой и ведением отчетности предприятия по отходам, выбросам и сбросам в рамках действующих нормативных инструкций. Кроме этого, он ведет отбор проб и необходимые измерения в цеховых условиях, а также контролирует соблюдение безопасных экологических режимов.

Начальник отдела организует и контролирует всю работу отдела в рамках нормативных правовых актов, организует проведение проверок технического состояния оборудования, наличие средств индивидуальной защиты работников, занятых в производстве.

«Под идентификацией потенциально вредных или опасных производственных факторов понимаются сопоставление и установление совпадения имеющихся на рабочих местах факторов производственной среды и трудового процесса с факторами производственной среды и трудового процесса, предусмотренными классификатором вредных или опасных производственных факторов» [20].

Идентификацию профессиональных рисков произведем по ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ[8]. Опасные и вредные производственные факторы. Классификацию и источники факторов приведем в таблице 7.

Видим, что удалось выявить главным образом физические факторы и в малой степени – химические (от действия СОЖ и загазованность). В ходе специальной оценки условия труда (СОУТ) рабочим местам был присвоен 2 класс условий труда - допустимые, «при которых на работника воздействуют вредные или опасные производственные факторы, уровни воздействия которых не превышают значения, установленные гигиеническими нормативами условий труда, а измененное функциональное состояние организма работника восстанавливается во время регламентированного отдыха или к началу следующего рабочего дня (смены)» [20].

Далее выберем методы и технические средства (способы, устройства) защиты для идентифицированных факторов.

«Для обеспечения безопасности работников при эксплуатации оборудования необходим комплекс мер, включающий в том числе:

- применение встроенных в конструкцию средств защиты работающих, а также средств информации, предупреждающих о возникновении опасных ситуаций;
- дублирование отдельных систем управления, средств защиты и информации, отказы которых могут привести к созданию опасных ситуаций.

Конструкция производственного оборудования и его отдельных частей должна исключать возможность их падения, опрокидывания и

самопроизвольного смещения при всех предусмотренных условиях эксплуатации и монтажа/демонтажа. Если из-за формы производственного оборудования, распределения масс отдельных его частей или условий монтажа и демонтажа не может быть достигнута необходимая устойчивость, то должны быть предусмотрены средства и методы закрепления.

Таблица 7 – Идентификация профессиональных рисков

Наименование операции	Опасный и/или вредный производственный фактор	Источник опасного и/или вредного производственного фактора
Заготовительная	- повышенная или пониженная температура поверхностей оборудования, материалов; - повышенный уровень шума на рабочем месте; - повышенный уровень вибрации	Отрезной станок 8641
Токарная	- движущиеся машины и механизмы; - подвижные части производственного оборудования; - передвигающиеся изделия, заготовки;	Токарный двухшпиндельный станок СТХ alpha 500
Фрезерная	- фиброгенное воздействие (пыль); - загазованность (химический фактор); - повышенный уровень шума на рабочем месте;	Горизонтальный фрезерно-расточной станок с ЧПУ 500HS
Торцевнутришлифовальная, координатно-шлифовальная с ЧПУ	- повышенный уровень вибрации; - токсические, раздражающие (СОЖ)	Внутришлифовальный станок СТ-960, координатно-шлифовальный станок АЭРОШЛИФ 400
Термическая	повышенная температура поверхностей оборудования, материалов	Печь Ш-70
Электроэрозионная	- повышенный уровень электромагнитных излучений; - повышенный уровень статического электричества; - статические физические перегрузки; - перенапряжение зрительных анализаторов; - пониженная или повышенная температура, повышенная влажность воздуха; - возможность поражения электрическим током	Электроэрозионный станок 4Г721М

Конструкция производственного оборудования должна исключать падение или выбрасывание предметов (например, инструмента, заготовок, обработанных деталей, стружки), представляющих опасность для работающих, а также выбросов смазывающих, охлаждающих и других рабочих жидкостей.

Конструкция зажимных, захватывающих, подъемных и загрузочных устройств или их приводов должна исключать возможность возникновения опасности при полном или частичном самопроизвольном прекращении подачи энергии, а также исключать самопроизвольное изменение состояния этих устройств при восстановлении подачи энергии» [4].

«Порядок обеспечения работников средствами индивидуальной защиты регламентирует Статья 212 ТК РФ. Она возлагает на работодателя обязанность обеспечить:

- применение прошедших обязательную сертификацию или декларирование соответствия средств индивидуальной и коллективной защиты работников;
- приобретение и выдачу за счет собственных средств специальной одежды, специальной обуви и других СИЗ, смывающих и обезвреживающих средств, прошедших обязательную сертификацию или декларирование соответствия, в соответствии с установленными нормами работникам, занятым на работах с вредными или опасными условиями труда, а также на работах, выполняемых в особых температурных условиях или связанных с загрязнением;
- организацию контроля за состоянием условий труда на рабочих местах, а также за правильностью применения работниками средств индивидуальной и коллективной защиты.

При этом под средствами индивидуальной защиты понимаются средства индивидуального пользования, используемые для предотвращения или уменьшения воздействия на работников вредных или опасных производственных факторов, а также для защиты от загрязнения» [20].

Далее произведем идентификацию опасных факторов пожара.

«В процессе разработки организационно-технических мероприятий, включающих обеспечение пожарной безопасности заданного технического объекта, следует учитывать, что возникающие пожары классифицируются по виду горючего материала и подразделяются на следующие классы (А...F):

- пожары, связанные с горением твердых горючих веществ и конструкционных материалов (А);
- пожары, связанные с воспламенением и горением жидкостей или плавящихся твердых веществ и материалов (В);
- пожары, связанные с воспламенением и горением газов (С);
- пожары, связанные с воспламенением и горением металлов (D);
- пожары, связанные с воспламенением и горением веществ и материалов электроустановок, находящихся под электрическим напряжением (Е);
- пожары радиоактивных веществ материалов и радиоактивных отходов (F).

К опасным факторам пожара, воздействующим на людей и материальное имущество, относятся:

- пламя и искры;
- тепловой поток;
- повышенная температура окружающей среды;
- повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения;
- пониженная концентрация кислорода;
- снижение видимости в дыму (задымленных производственных зонах).

К сопутствующим проявлениям опасных факторов пожара относятся:

- образующиеся в процессе пожара осколки, части разрушившихся строительных зданий, инженерных сооружений, транспортных средств;
- образующиеся радиоактивные и токсичные вещества и материалы, попавшие в окружающую среду из разрушенных пожаром

технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества, горящего технического объекта;

- вынос (замыкание) высокого электрического напряжения на токопроводящие части технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества;
- опасные факторы взрыва, возникающие вследствие происшедшего пожара;
- термохимические воздействия от огнетушащих веществ на предметы и людей»[4].

Экологическая безопасность на предприятии АО «Электромеханика», которое производит рассматриваемую в данной работе деталь Корпус формы для литья, формируется главным образом из работы с производственными отходами и мероприятиями по охране окружающей среды.

Предприятие зарегистрировано в Госреестре в качестве вредного производственного объекта III категории опасности, имеет лицензию на работы по хранению и транспортировке отходов производственного цикла, оплачивает сборы, определенные законодательством для компенсации экологического ущерба.

По виду анализируемого в настоящей работе производственно-технологического процесса проведена идентификация негативных экологических факторов, результаты которой отражены в таблице 8.

Перечислим возможные мероприятия по снижению негативного воздействия. Например, для охраны воздушной среды могут быть организованы переход на экологичное топливо, применение сырья после дополнительной очистки, установка дополнительного перерабатывающего оборудования. Мероприятия по защите водных ресурсов включают формирование отстойников, использование специального оборудования для поверхностной очистки воды, бурение дополнительных скважин. Для снижения уровня негативного воздействия на почву рекомендуется среди

прочего организовывать полигоны для хранения отходов и вводить процедуры по сортировке и рекультивации.

Таблица 8 – Идентификация экологических факторов технического объекта

Наименование технического объекта, технологического процесса	Структурные составляющие технического объекта, технологического процесса (производственного здания или сооружения по функциональному)	Воздействие технического объекта на атмосферу (вредные и опасные выбросы в окружающую среду)	Воздействие технического объекта на гидросферу (образующие сточные воды, забор воды из источников водоснабжения)	Воздействие технического объекта на литосферу (почву, растительный покров, недра): образование отходов, выемка плодородного слоя
Техпроцесс изготовления корпуса формы для литья	Металлорежущие станки, термическая печь	Пыль стальная мелкодисперсная	Взвешенные вещества, нефтепродукты, СОЖ	Основная часть отходов имеет V класс, хранится в металлических контейнерах емкостью 1,0 м ³ , паспорт отходов не заполняется

Комплексный подход к безопасности включает следующие направления работы: модернизация оборудования – постоянное совершенствование конструкций машин и механизмов для минимизации рисков травматизма; защитные системы – установка современных ограждений, защитных экранов и предохранительных устройств на всех производственных агрегатах; комфортные условия – обеспечение оптимальной освещенности, вентиляции, микроклимата и чистоты рабочих зон; предотвращение аварий – внедрение систем защиты от взрывов, утечек, разгерметизации, короткого замыкания и других опасных ситуаций; обучение персонала – проведение вводного инструктажа, регулярных тренингов и тестирования знаний по безопасности; информационное

обеспечение – размещение наглядных пособий, схем эвакуации и инструкций в местах потенциального риска.

Для данного объекта считаю возможным применить следующие мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на компоненты окружающей среды:

- на атмосферу – применить «сухие» механические пылеуловители;
- на гидросферу – перейти на замкнутый цикл водоснабжения с применением двухконтурной системы оборотного водоохлаждения с установкой сухой градирни (драйкулера) и комплекса фильтров очистки;
- на литосферу – усилить контроль за соблюдением правил хранения и вывоза отходов на захоронение, рекомендовать заполнение паспорта отходов.

Таким образом, в данном разделе «Безопасность и экологичность технического объекта» разработаны следующие мероприятия:

- для снижения профессиональных рисков;
- по обеспечению пожарной безопасности;
- по обеспечению экологической безопасности.

6 Экономическая эффективность работы

«Основой для принятия решений об эффективности или неэффективности инвестиций в конкретный проект является оценка и сравнение предполагаемых затрат на его реализацию и будущих доходов. В зависимости от подхода к оценке затрат и возможных доходов все известные методы можно условно разделить на две группы:

- Методы, основанные на сравнении расчетных сроков окупаемости инвестиций (капиталовложений);
- Методы, основанные на сравнении дисконтированных (приведенных) экономических показателей.

К первой группе методов относятся:

- Метод, основанный на определении простого срока окупаемости капиталовложений;
- Метод, основанный на расчете дисконтированного срока окупаемости капиталовложений.

Ко второй группе относятся:

- Метод, основанный на сопоставлении приведенных затрат по сравниваемым проектам;
- Метод, основанный на расчете чистого дисконтированного дохода;
- Метод, основанный на сопоставлении совокупных дисконтированных затрат, получаемых от реализации альтернативных проектов» [13].

В данном разделе предложено экономическое обоснование целесообразности внедрения изменений, предложенных в рассматриваемый технологический процесс, по первой группе методов.

Для решения поставленной задачи необходимо провести сравнительный анализ технических и экономических параметров, двух вариантов технологического процесса, описанных в предыдущих разделах.

Совершенствование технологического процесса связано с заменой технологического оборудования. Чтобы убедиться в целесообразности

внедрения таких изменений, необходимо провести ряд экономических расчетов: определение величины капитальных вложений, срока их окупаемости, а также с расчетом экономического эффекта.

Из-за ограничения объема бакалаврской работы произведем расчет показателей только по одной операции техпроцесса – 030 Фрезерной.

Используя имеющуюся методику расчета капитальных вложений, путем сложных подсчетов с использованием программы Microsoft Excel, была определена величина капитальных вложений ($K_{ВВ}$), в размере 1987635 рублей. Итоговая величина сложилась из прямых капитальных вложений в основное технологическое оборудование, приспособление и инструмент, а также из затрат на его доставку и монтаж, эксплуатацию производственной площади, демонтаж высвобождаемого оборудования доходов от его реализации, затрат на проектирование. При этом самыми существенными являются прямые капитальные вложения – 912000 рублей или приблизительно 46% в общем объеме.

Для определения срока окупаемости заявленных капитальных вложений необходимо определить несколько дополнительных показателей, которые представлены на рисунке 12.

Вначале определим полную себестоимость по анализируемой изменяемой операции по двум вариантам: базовому и проектируемому. Она складывается из затрат и начислений на заработную плату, амортизацию и текущий ремонт основного и вспомогательного оборудования, расходов на ресурсы (вода, электроэнергия) и эксплуатацию производственных площадей.

Определяем полную себестоимость выполнения операции 030 Фрезерная по формуле:

$$C_{\text{тех}} = 3П + H_{\text{з.пл}} + P_{\text{э.об}}. \quad (56)$$

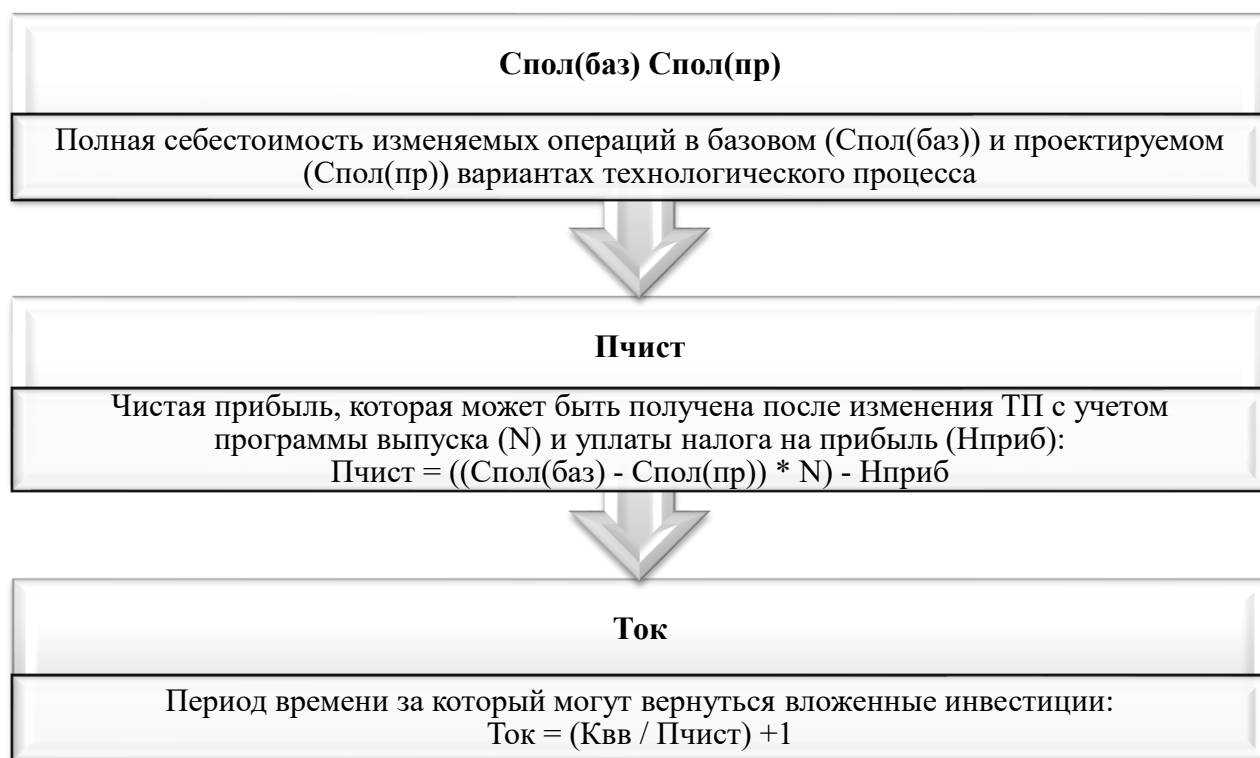


Рисунок 12 – Дополнительные экономические показатели для определения срока окупаемости и их взаимосвязь

$$C_{\text{тех(б)}} = 3611,25 + 9,84 = 3621,09 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{тех(п)}} = 3583,56 + 9,41 = 3592,97 \text{ руб.}$$

Первое слагаемое в данных суммах – заработная плата с налогами, второе – расходы на содержание и эксплуатацию оборудования.

Далее произведем расчет возможной прибыли для проектируемого варианта техпроцесса.

Ожидаемая прибыль (условно-годовая экономия):

$$П_{\text{ож}} = (C_{\text{полн.баз}} - C_{\text{полн.пр}}) \cdot П_{\text{г}}, \quad (57)$$

$$П_{\text{ож}} = (3621,09 - 3592,97) \cdot 20000 = 562400 \text{ руб.}$$

$$Н_{\text{приб}} = П_{\text{ож}} \cdot K_{\text{нал}}, \quad (58)$$

$$H_{\text{приб}} = 562400 \cdot 0,2 = 12480 \text{ руб.}$$

.

$$P_{\text{чист}} = P_{\text{ож}} H_{\text{приб}} \quad (59)$$

$$P_{\text{чист}} = 562400 - 12480 = 449920 \text{ руб.}$$

$$T_{\text{ок.расч.}} = \frac{K_{\text{вв.пр.}}}{P_{\text{чист}}} + 1, \text{ лет} \quad (60)$$

$$T_{\text{ок.расч.}} = \frac{1987635}{449920} + 1 = 5,4 \text{ года}$$

$$D_{\text{общ.диск.}} = P_{\text{чист.диск}} = P_{\text{чист}} \cdot \sum_1^T \frac{1}{(1+E)^N}, \quad (61)$$

$$D_{\text{общ.диск.}} = 449920 \cdot \left(\frac{1}{(1+0,175)^1} + \frac{1}{(1+0,175)^2} + \frac{1}{(1+0,175)^3} + \frac{1}{(1+0,175)^4} + \frac{1}{(1+0,175)^5} + \frac{1}{(1+0,175)^6} \right) = 1594027 \text{ руб.}$$

$$\mathcal{E}_{\text{инт}} = \text{ЧДД} = D_{\text{общ.диск.}} - K_{\text{общ.}}, \quad (62)$$

$$\mathcal{E}_{\text{инт}} = 1594027 - 912000 = 682027 \text{ руб.}$$

$$\text{ИД} = \frac{D_{\text{общ.диск.}}}{K_{\text{общ.}}}, \text{ руб./руб.} \quad (63)$$

$$\text{ИД} = \frac{1594027}{912000} = 1,75, \text{ руб./руб.}$$

На основании проведенных расчетов можно сделать вывод, что проект является прибыльным. Срок окупаемости проекта 5,4 года. За 6 лет может быть получена прибыль в размере 1,594 млн. руб. Индекс доходности

проекта равен 1,75 рублей на каждый вложенный рубль. Значения итоговых показателей представлены на рисунке 13.



Рисунок 13 – Значения показателей чистой прибыли ($\Pi_{\text{чист}}$), срока окупаемости ($T_{\text{ок}}$) и экономического эффекта ($\mathcal{E}_{\text{инт}}$)

Заключение

В результате написания бакалаврской работы решены следующие задачи:

- разработан прогрессивный технологический процесс изготовления детали Корпус формы для литья в условиях среднесерийного производства на базе существующего заводского техпроцесса;
- разработан новый способ получения заготовки методом горячей объемной штамповки;
- в техпроцесс внедрено высокопроизводительное оборудование - станки с ЧПУ отечественного и импортного производства;
- спроектировано сверло спиральное с улучшенными технологическими характеристиками;
- разработан механизированный токарный клиновой патрон с пневмоприводом и дополнительным торцовым поджимом заготовки.

Вышеперечисленные изменения позволили снизить себестоимость изготовления рассматриваемой детали по сравнению с базовым вариантом технологического процесса.

Были обращения к литературе по металлорежущему инструменту, рассмотрены имеющиеся конструкции режущих инструментов, выяснены недостатки и намечены возможные пути для их устранения. По результатам обзора обоснована целесообразность проектирования выбранного инструмента и выбраны параметры, необходимые для разработки новой конструкции.

Все нововведения доказаны с помощью соответствующих экономических расчетов.

Разработанный технологический процесс считаю возможным рекомендовать к использованию при разработке аналогичных техпроцессов на предприятиях общего машиностроения в серийном производстве.

Список используемых источников

- 1 А. с. SU1103960 СССР МКИ В 23 В 51/02 Сверло / В. И. Денисенко. Опубликовано 1972. Бюллетень №27 Владимирский политехнический институт.
- 2 Галкин М.Г. Проектирование процесса механической обработки корпусных деталей: учебное пособие/М.Г. Галкин, И.В. Коновалова, А.С. Смагин. —Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2018 — 200 с.
- 3 Горбацевич, А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения [Текст]: Учебное пособие для вузов. / А.Ф. Горбацевич, В.А. Шкред. 5-е издание, стереотипное. Перепечатка с 4-го издания 1983 г. – М.: ООО ИД «Альянс», 2007. – 256 с., 1000 экз. – ISBN 978-5-903034-08-6.
- 4 Горина Л.Н., Фесина М.И. Раздел бакалаврской работы «Безопасность и экологичность технического объекта». Уч.-методическое пособие (2-е изд. Доп.). - Тольятти: изд-во ТГУ, 2024. –22 с.
- 5 ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – Введ. 1990-01-07. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 83 с.
- 6 ГОСТ 1050-2013.Metalлопродукция из нелегированных конструкционных качественных и специальных сталей. Общие технические условия – Введ. 2015-01-01.
- 7 ГОСТ 2.307-2011 МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ Единая система конструкторской документации Нанесение размеров и предельных отклонений - Введ. 2012-01-01 - 43 с
- 8 ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация (с Изменением N 1) – Введ. 1976-01-01.
- 9 Курс лекций по дисциплине МДК.01.01 «Технологические процессы изготовления деталей машин». Лекция 70 «Проектирование заготовки из проката». Интернет-ресурс: <https://multiurok.ru/files/kurs-lektsii-po-distipline-mdk-01-01-tekhnolog-66.html> (дата обращения: 30.03.2025).

10 Основы технологии машиностроения. Анализ технологичности конструкции деталей машин. Методические указания для студентов очной формы обучения по направлению подготовки 15.03.02 — Технологические машины и оборудование Составитель И. Д. Соколова

11 Основы технологии машиностроения. Анализ технологичности конструкции деталей машин. Методические указания для студентов очной формы обучения Санкт-Петербург, 2023, 22 с

12 Оценка технологичности конструкции деталей узлов и машин. - Рыбинск: РГАТУ имени П.А. Соловьева, 2014.

13 Оценка экономической эффективности проектных решений: Методические указания к расчету экономической эффективности технологической и конструкторской разработок дипломных проектов по специальности «Автомобили и автомобильное хозяйство» / ИВГПУ; Сост.: Н.В. Дудкова, А.В. Маркелов, В.А. Масленников. Иваново, 2014. - 35 с

14 Проектирование и расчет станочных и контрольно-измерительных приспособлений в курсовых и дипломных проектах: учеб. Пособие / И. Н. Аверьянов, А. Н. Болотеин, М. А. Прокофьев; – Рыбинск: РГАТА, 2010 – 220 с. ил.

15 Проектирование цельных сверл: пособие для студентов специальности 1-36 01 01 «Технология машиностроения», 1-36 01 03 «Технологическое оборудование машиностроительного производства» / Э. М. Дечко, Е. А. Маркова, О. К. Яцкевич. – Минск: БНТУ, 2020. – 46 с. ISBN 978-985-583-188-5

16 Расторгуев, Д.А. Разработка плана изготовления деталей машин : учеб. -метод. пособие / Д.А. Расторгуев. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2013. – 52 с.

17 Расчет режимов резания. Курсовое и дипломное проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие / [Марков В.В. и др.]. – Москва; Вологда: Инфра-инженерия, 2023 – 136 с.

18 Семенов А.Н. Технологичность конструкции изделия машиностроения. - Рыбинск: РГАТУ имени П.А. Соловьева, 2016. – 217 с.

19 Станочные приспособления. Справочник. В 2-х т./ Ред. совет: Б.Н.Вардашкин (пред) и др. – М., Машиностроение, 1984 – Т. 1

20 Федоров П.М. Охрана труда [Электронный ресурс]: практ. пособие / П.М. Федоров. - 2-е изд. - Москва: РИОР: ИНФРА-М, 2017. - 137 с.

Приложение А **Спецификация станочного приспособления**

Таблица А.1 – Спецификация станочного приспособления

Форм.	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примеч.
				<u>Документация</u>		
A1				Сборочный чертеж		
			СамГТУ 15.03.05.030.001.10.СБ	<u>Сборочные единицы</u>		
		1		Муфта		
				<u>Детали</u>		
		2		Корпус патрона	1	
		3		Корпус	1	
		4		Клин	1	
		5		Подкулачник	1	
		6		Кулачок	3	
		7		Сухарь	6	
		8		Опора	3	
		9		Стойка	1	
		10		Пробка	1	
		11		Пробка	3	
		12		Шпонка	1	
		13		Шпонка	1	
		14		Пружина	1	
		15		Втулка	1	
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Патрон клиновый с торцовым поджимом Лит. Лист Листов 1 3 ТГУ	
Разраб.	Лебедева Т.Ю.					
Пров.						
Н. Контр.						
Утв.						

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

Форм.	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примеч.
		16		Винт	1	
		17		Фиксатор	1	
		18		Пружина	1	
		19		Муфта	1	
		20		Корпус	1	
		21		Крышка	1	
		22		Шток	1	
		23		Поршень	1	
		24		Демпфер	2	
		25		Втулка	1	
		26		Кольцо	1	
		27		Винт		
				<u>Стандартные изделия</u>		
				Болты ГОСТ 7805-70		
		28		M6-6gx20.66.029	4	
		29		M8-6gx30.66.029	6	
				Винты ГОСТ 11738-72		
		30		M8x20.88	6	
		31		M10x24.88	6	
		32		M12x35.88	3	
		33		M16x72.88	1	
		34		Гайка M16.5.		
				ГОСТ 5927-70	1	
		35		Гайка M28.5.		
				ГОСТ 5927-70	1	
				Кольца ГОСТ 9833-73		
		36		013-08-46-2	1	
						Лист
						2
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

[illegible]

Таблица Б.1 - Маршрутная карта технологического процесса

74

Продолжение Приложения Б

Продолжение таблицы Б.1

ГОСТ 3.1118-82 Форма 1

[illegible]