

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 шкива привода сверлильного станка

Обучающийся	<u>Е.И. Харенков</u> (Инициалы Фамилия)	<u></u> (личная подпись)
Руководитель	<u>к.т.н., доцент А.В. Сергеев</u> (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)	<u></u>
Консультанты	<u>к.э.н., доцент Сярдова О.М.</u> (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)	<u></u>
	<u>Кривова М.А.</u> (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)	<u></u>

Тольятти 2025

Аннотация

Автор: Харенков Евгений Игоревич.

Группа: ТМбп-2001бс.

Тема: Технологический процесс изготовления шкива привода сверлильного станка.

В работе спроектирован современный технологический процесс изготовления шкива привода сверлильного станка.

На начальном этапе работы нами описан объект проектирования, которым является шкив сверлильного станка, выполнен анализ его поверхностей и выполнена их классификация. Согласно заданной годовой программы выпуска, выбран среднесерийный тип машиностроительного производства и обозначены его характеристики. Для производства заготовки проведено сравнение двух наиболее подходящих типов заготовок и выбрано литье. Далее проведены выбор методов обработки каждой поверхности, расчет припусков и расчет режимов резания.

Для базирования и закрепления заготовки на токарной операции 015 нами разработан токарный патрон. Зажим заготовки, в отличие от базового варианта техпроцесса, осуществляется при помощи механизированного привода. Применение пневмопривода снизило затрачиваемое время операции и принесло экономическую выгоду.

Для центрального отверстия на 025 операции изготовления шкива нами спроектирован сложнопрофильный режущий инструмент – протяжка. Этот инструмент является нестандартным, поэтому требует проектирования для изготовления детали с определенными параметрами.

В работе выполнен анализ экологичности и безопасности технического объекта.

В работе проведен экономический расчет внедряемых изменений базового технологического процесса.

Содержание

Введение.....	5
1 Анализ исходных данных.....	6
1.1 Назначение и условия работы детали.....	9
1.2 Классификация поверхностей детали.....	9
1.3 Анализ требований к поверхностям детали.....	11
2 Технологическая часть.....	13
2.1 Определение типа производства.....	13
2.2 Выбор стратегии разработки техпроцесса.....	14
2.3 Выбор метода получения заготовки.....	14
2.4 Выбор методов обработки	16
2.5 Расчет припусков.....	18
2.6 Расчет режимов резания.....	21
3 Проектирование приспособления.....	27
3.1 Исходные данные	28
3.2 Силовой расчет	29
4 Проектирование режущего инструмента.....	32
4.1 Исходные данные.....	34
4.2 Проектирование протяжки.....	35
5 Безопасность и экологичность технического объекта.....	39
5.1 Конструкторско-технологическая и организационно- техническая характеристики рассматриваемого технического объекта.....	40
5.2 Идентификация профессиональных рисков.....	40
5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков...	43
5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта	44
5.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта.....	45

6 Экономическая эффективность.....	46
Заключение.....	50
Список используемой литературы.....	51
Приложение А. Технологическая документация.....	54

Введение

Станкостроение является основополагающей частью машиностроительной промышленности. От станкостроения зависят работоспособность многих других отраслей, которая в своей деятельности использует оборудование, созданное на станкостроительных предприятиях.

Металлорежущие станки отличаются своим многообразием. Имеются станки для токарной обработки, называемые токарными. Фрезерные станки предназначены для проведения фрезерных работ. Сверлильные станки используются для сверлильных работ. Сверлильные станки подразделяются на вертикально-сверлильные, радиально-сверлильные, настольные сверлильные, многошпиндельные сверлильные и горизонтально-сверлильные, которые используются для глубокого сверления.

Вертикально-сверлильные станки отличаются тем, что имеют подвижную шпиндельную бабку, которая может перемещаться вдоль вертикальной колонны. Это вертикальное движение является движением подачи вертикально-сверлильного станка. Главным же движением станка является вращение шпинделя с инструментом.

В приводе главного движения имеется электродвигатель, от которого при помощи ременной передачи движение передается в коробку скоростей. В состав этой передачи входит два шкива и ремень клинового типа. Одним из этих шкивов является наша рассматриваемая деталь.

Шкив входит в состав клиноременной передачи сверлильного станка и предназначен для восприятия вращения плоскими поверхностями шпоночного паза и передачи этого движения на ремень, что приводит во вращение ведомый шкив.

Целью работы является проектирование техпроцесса изготовления шкива сверлильного станка заданного качества с минимальными затратами, согласно заданной программе выпуска.

1 Анализ исходных данных

«Широкие пределы характеристик деталей в современном машиностроении по габаритам, точности, свойствам обрабатываемых материалов и масштабам производства ставят перед технологом сложную многовариантную задачу выбора рациональных типов и конкретных моделей станков». [2]

«В настоящее время станкостроительной промышленностью выпускается широкая номенклатура металлообрабатывающих станков и автоматических линий, в том числе, станков особо высокой точности, тяжелых станков для обработки крупногабаритных деталей, станков для физико-химических методов обработки, станков-автоматов для контурной программной обработки сложных по форме деталей». [2]

«Особое развитие получило числовое программное управление станками. Микропроцессорные устройства управления превращают станок в гибкий станочный модуль, сочетающий универсальность с возможностью автоматической программной переналадки станка на выполнение другой операции, что особо важно для условий среднесерийного производства». [2]

«На базе гибких станочных модулей в сочетании с автоматизированным вспомогательным оборудованием (транспортные и складские системы) создаются гибкие автоматизированные линии (ГАЛ) и гибкие автоматизированные участки (ГАУ), обеспечивающие переход по программе на обработку новых деталей». [2]

«Таким образом, современное станочное оборудование является базой для развития гибкого автоматизированного производства, резко повышающего производительность труда в условиях средне- и мелкосерийного производства». [2]

«Основным признаком классификации станков является технологический, то есть принадлежность для обработки определенных форм поверхностей деталей». [2]

«По технологическому признаку предусматривается разделение станков на типы. Тип характеризует особенности обрабатываемых деталей или особенности метода обработки, если в одной группе имеются станки, обрабатывающие детали различными методами». [2]

«Сверлильные станки предназначены для сверления глухих и сквозных отверстий, рассверливания, зенкерования и нарезания резьбы метчиками». [2]

«Широкое применение получили настольно-сверлильные станки, вертикально-сверлильные, радиально-сверлильные станки и станки для глубокого сверления». [2]

«Настольные станки применяются для обработки малогабаритных деталей в кондукторах, при этом кондуктор удерживается в руках; смещение оси сверла с осью отверстия и подача сверла обеспечивается вручную. Смена оборотов шпинделя производится в большинстве моделей за счет изменения положения приводного ремня на многоступенчатом шкиве. Для повышения производительности обработки используются многошпиндельные настольные станки с числом шпинделей до четырех. В шпинделях закрепляются различные инструменты, что позволяет на одном рабочем месте выполнить несколько переходов. Настольные сверлильные станки выпускаются для сверления отверстий наибольшего условного диаметра 3, 6, 12 и 16 мм, вертикально-сверлильные и радиально-сверлильные – для диаметров 18, 25, 35 50 и 75 мм». [2]

«Наиболее распространенными являются вертикально-сверлильные станки. Общий вид станка приведен на рисунке 1». [2]

«При настройке шпиндельная бабка 4 в вертикальном направлении перемещается по направляющим колонны 3. Движение подачи осуществляется выдвиганием шпинделя 7 из шпиндельной бабки. Это движение может осуществляться вручную от штурвала или автоматически от привода подачи. Стол вертикально-сверлильного станка тоже может перемещаться в вертикальном направлении, но только вручную рукояткой. Так можно увеличивать или уменьшать рабочее пространство». [2]

«Такие станки применяются в основных производственных цехах в условиях мелкосерийного и единичного производства, в ремонтно-механических и инструментальных цехах». [2]

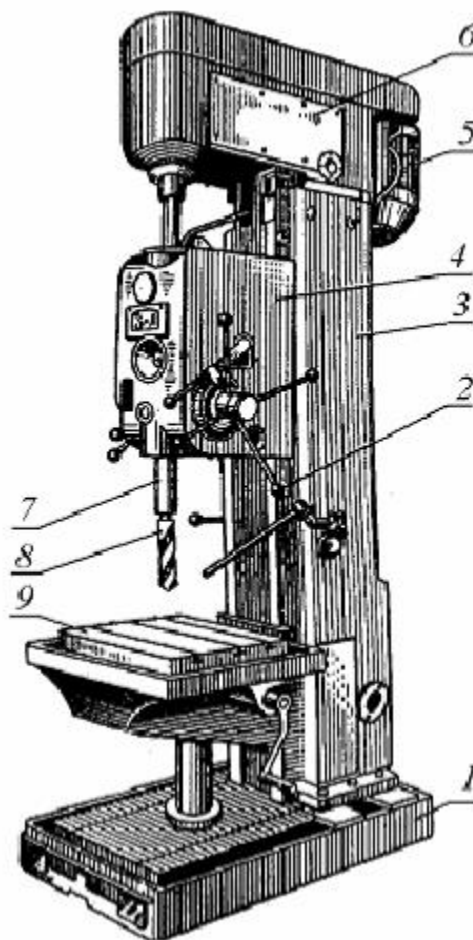


Рисунок 1 – Общий вид вертикально-сверлильного станка

«Радиально-сверлильные станки применяются для обработки крупногабаритных и тяжелых деталей, которые трудно перемещать для совмещения оси инструмента с осью обрабатываемых отверстий. При работе на этих станках деталь остается неподвижной, а шпиндель со сверлом перемещается относительно детали и устанавливается в требуемое положение». [2]

«Кроме сверлильных станков для обработки отверстий в призматических деталях широко применяются горизонтально-расточные и координатно-расточные станки». [2]

1.1 Назначение и условия работы детали

Ведущий шкив входит в состав клиноременной передачи сверлильного станка и предназначен для восприятия вращения плоскими поверхностями шпоночного паза и передачи этого движения на ремень, что приводит во вращение ведомый шкив.

1.2 Классификация поверхностей детали

Для выявления назначения каждой поверхности детали пронумеруем каждую поверхность и представим это на рисунке 2.

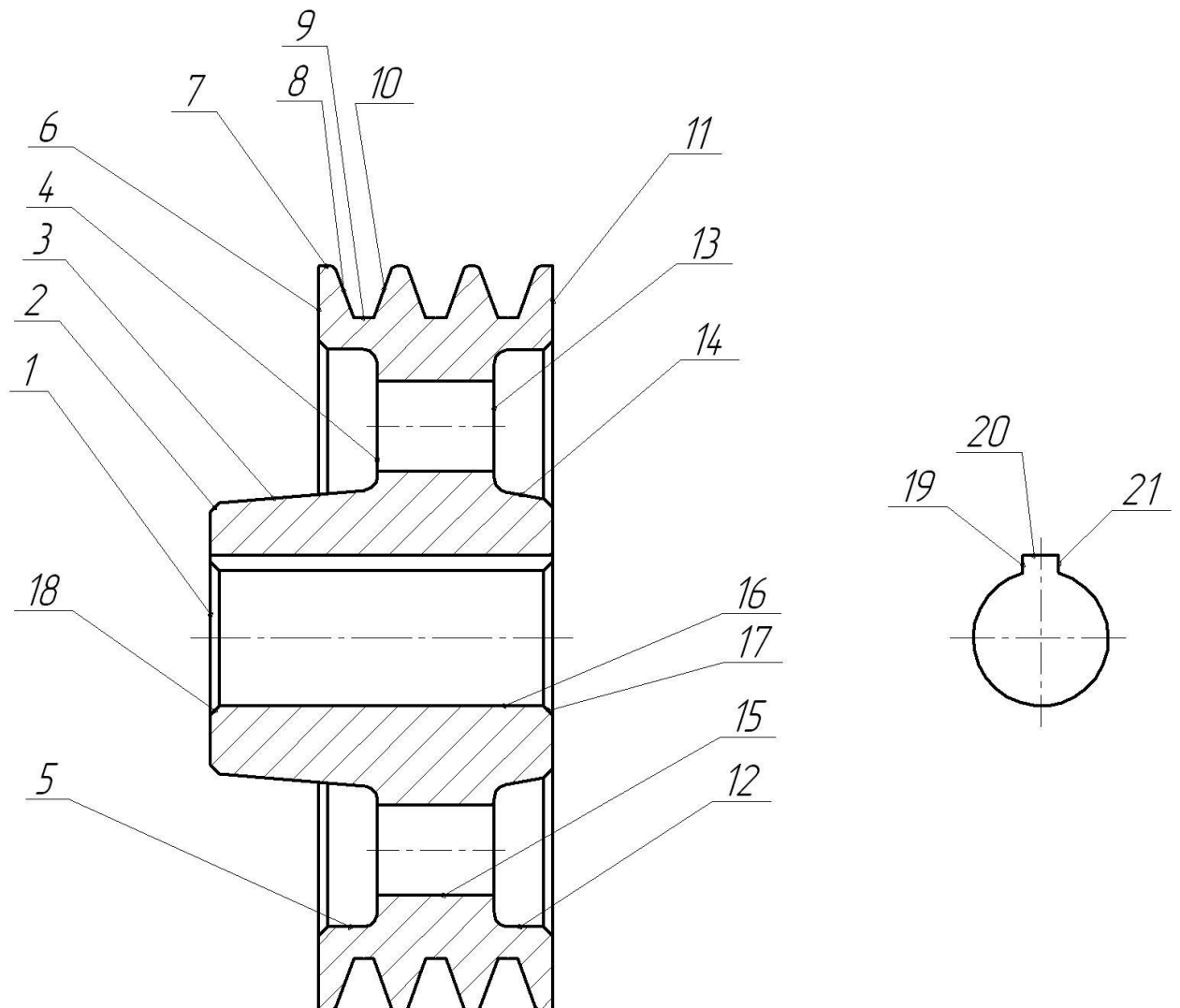


Рисунок 2 – Классификация поверхностей

Исполнительными поверхностями шкива являются поверхности 8, 10, 19, 21.

Основными конструкторскими базами являются поверхности 1, 16.

Вспомогательной конструкторской базой является поверхность 11.

Остальные поверхности – свободные.

«Ременная передача состоит из двух шкивов, закрепленных на валах, и ремня, охватывающего шкивы. По форме поперечного сечения ремня различают плоскоременную (рисунок 3,а), клиноременную (рисунок 3,б), круглоременную (рисунок 3,в) и поликлиновую (рисунок 3,г) ременные передачи». [1]

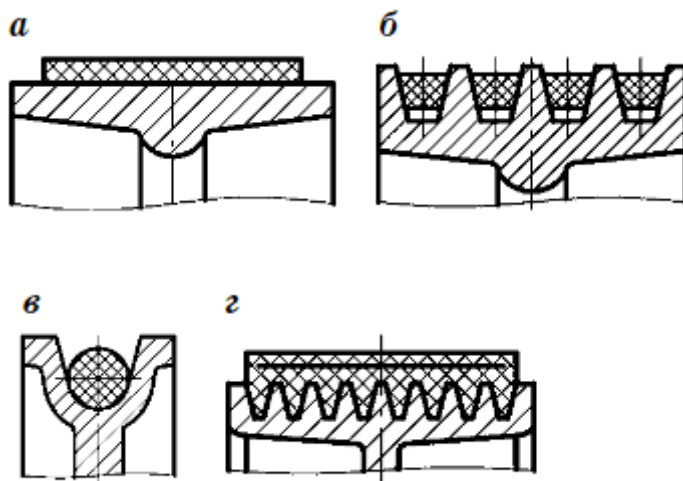


Рисунок 3 – Ременные передачи

«Плоскоременные передачи ремнями старых конструкций применяют преимущественно в тех случаях, когда валы расположены на значительных расстояниях (до 15 м). Плоские ремни новой конструкции (пленочные из пластмасс) получают распространение в высокоскоростных передачах ($V > 40$ м/с). В современном машиностроении наибольшее распространение имеют клиновые (поликлиновые) ремни. Круглые ремни применяют только для малых мощностей при замысловатых траекториях. Зубчато-ременные передачи призваны уменьшить нагрузки на валы и подшипники передач и

целесообразны для применения лишь в условиях крупносерийного производства». [1]

«Ременные передачи относятся к передачам трением, исключая передачи зубчатыми ремнями. Их достоинство – простота изготовления и обслуживания (не требуют смазки), плавность и бесшумность работы, способность самопредохранения от перегрузок и ударов. К недостаткам следует отнести непостоянство передаточного отношения (следствие упругого скольжения), недостаточную долговечность ремней, повышенные нагрузки на валы и подшипники, а главное – низкую нагрузочную способность». [1]

1.3 Анализ требований к поверхностям детали

Материалом шкива является чугун СЧ25 ГОСТ 1415-85 [4].

Физико-механические свойства чугуна СЧ25 представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Физико-механические свойства чугуна СЧ25

σ_B , МПа	HB	σ_T , МПа	ψ , %	δ_5 , %
250	156...260	560	49	7

«Чугуном называют сплав на основе железа, содержащий более 2% углерода. Нелегированным называют чугун, не содержащий других легирующих компонентов, кроме углерода. Марки чугуна установлены на основе временного сопротивления материала при растяжении, поэтому цифра, стоящая после букв «СЧ» (серый чугун), показывает величину минимального временного сопротивления при растяжении. В технической документации марку чугуна обозначают следующим образом: указывают обозначение марки чугуна, затем номер государственного стандарта, например: СЧ15 ГОСТ 1412-85». [24]

«Механические свойства серого чугуна определяют структура металлической основы, а также форма и расположение графита, который

почти весь находится в свободном состоянии в виде пластинчатого графита. Такие включения графита действуют как внутренние надрезы, поэтому для серого чугуна с пластинчатым графитом характерна относительно невысокая прочность и низкая пластичность. Вместе с тем, такая структура металла придает чугуну ряд ценных качеств: низкую чувствительность к внешним надрезам и внутренним дефектам, высокую циклическую вязкость (способность поглощать колебания внешней нагрузки), конструктивную прочность. В сравнении со сталью серый чугун обладает лучшими литейными свойствами: более высокой жидкотекучестью, меньшей усадкой, меньшей склонностью к образованию остаточных напряжений и трещин. Детали из серого чугуна легко обрабатываются резанием; трущиеся поверхности хорошо удерживают смазочные материалы и при невысоких скоростях скольжения удовлетворительно сопротивляются износу». [24]

«Модуль упругости серого чугуна зависит от его структуры и от величины нагрузки, действующей на деталь (образец)». [24]

Конструкция шкива сверлильного станка довольно простая, поэтому делаем вывод о достаточной технологичности детали.

2 Технологическая часть

2.1 Определение типа производства

«В зависимости от потребностей различные изделия машиностроительного производства изготавливают в различных количествах. Одни изделия на предприятии изготавливают в одном экземпляре, другие – сотнями тысяч штук». [19]

«В зависимости от номенклатуры и объема выпуска изделий различают три основных типа производства: единичное, серийное и массовое. Серийное производство делят на мелкосерийное, среднесерийное и крупносерийное». [19]

«Единичное производство характеризуется малым объемом выпуска одинаковых изделий, повторное изготовление и ремонт которых, как правило, не предусматривается». [19]

«Серийное производство характеризуется изготовлением или ремонтом изделий периодически повторяющимися партиями. Продукцией серийного производства являются машины установившегося типа, выпускаемые в значительных количествах. Этот тип производства является наиболее распространенным». [19]

«Массовое производство характеризуется большим объемом выпуска изделий, непрерывно изготавливаемых или ремонтируемых продолжительное время, в течение которого на большинстве рабочих мест выполняется одна операция. Продукцией массового производства являются изделия, рассчитанные на широкий круг потребителей». [19]

«Деление производства на типы в известной мере является условным и производится по преобладающему производству. Например, на подшипниковом заводе производство подшипников является массовым. В ремонте же цехе завода имеет место единичное производство». [19]

Примем тип машиностроительного производства исходя из массы детали $m=5,0$ кг и годового объема выпуска $N=4000$ штук среднесерийное производство.

2.2 Выбор стратегии разработки техпроцесса

«Характерным признаком серийного производства является выполнение на рабочих местах относительно небольшого числа периодически повторяющихся операций. В серийном производстве используют как специальные средства технологического оснащения, так и универсальные. Оборудование в цехах располагают по ходу технологического процесса или по его типам (мелкосерийное производство). Технологические процессы в серийном производстве разрабатываются подробно. Квалификация основных рабочих в целом ниже, чем в единичном производстве, но остается высокой, например при работе на станках с ЧПУ». [19]

Согласно этим характерным показателям машиностроительного производства будем проектировать технологический процесс изготовления шкива сверлильного станка.

2.3 Выбор метода получения заготовки

«Деятельность металлообрабатывающих предприятий направлена на получение дохода путем изготовления той или иной промышленной продукции». [19]

«Под продукцией понимают результат процесса трудовой деятельности, обладающий полезными свойствами, полученный в определенном месте, за определенный интервал времени и предназначенный для использования потребителями в целях удовлетворения их потребностей как общественного, так и личного характера. Продукция

машиностроительного предприятия состоит из разнообразных изделий, выпускаемых в заданном количестве и требуемого качества». [19]

«Заготовка – предмет производства, из которого изменением формы, размеров, шероховатости поверхностей и свойств материала изготавливают деталь или неразъемную сборочную единицу». [23]

«Исходной заготовкой называется заготовка перед первой технологической операцией». [23]

«Одно из основных направлений развития технологии механической обработки – использование заготовок с такими конструктивными формами, которые позволяют применять наиболее рациональные и экономичные способы их обработки на металлорежущих станках, то есть способы, обеспечивающие наивысшую производительность и наименьшие отходы металла» [23]

«Выбрать заготовку – это значит установить ее рациональную форму и размеры, допуски и припуски на обработку, способ получения, а также ряд других параметров, обусловленных дополнительными техническими требованиями и условиями». [23]

«В машиностроении наиболее часто употребляют отливки, поковки, заготовки, получаемые непосредственно из проката и с применением сварки, сварные комбинированные, металлокерамические и прочие». [23]

Форма детали такова, что ее примерную форму можно получить двумя следующими способами: поковкой или литьем. В случае получения заготовки поковки ее масса будет равна $m=7,1$ кг, а при литье масса заготовки будет $m=7,5$ кг. Выполним подробный расчет для выбора наиболее выгодного варианта.

«Стоимость заготовки-отливки

$$C_{заг} = C_{от} \cdot h_T \cdot h_C \cdot h_B \cdot h_M \cdot h_{II}, \quad (1)$$

где $h_T = 1,0$; $h_M = 1,1$; $h_B = 0,91$; $h_C = 0,83$; $h_{II} = 1,0$; $C_{от} = 44,00$ ». [9]

$$C_{3A\Gamma} = 44,00 \cdot 1,0 \cdot 0,83 \cdot 0,91 \cdot 1,1 \cdot 1,0 = 36,56 \text{ руб/кг.}$$

Так как $m = 7,5$ кг, то

$$C_{3A\Gamma} = 36,56 \cdot 7,5 = 274,2, \text{ руб.}$$

Стоимость заготовки-поковки.

$$C_{3A\Gamma} = C_K \cdot h_T \cdot h_C \cdot h_B \cdot h_M \cdot h_{II}, \quad (2)$$

где $C_K = 44,02; h_T = 1,0; h_C = 1,15; h_I = 1,0; h_B = 0,89; h_M = 1,0$. [9]

$$C_{3A\Gamma} = 44,02 \cdot 1,0 \cdot 1,15 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 45,05 \text{ руб/кг.}$$

Так как $m = 7,1$ кг, то

$$C_{3A\Gamma} = 45,05 \cdot 7,1 = 319,86 \text{ руб.}$$

По выполненному расчету двух вариантов получения заготовки для изготовления детали было выявлено, что наиболее выгодным вариантом является литье.

«Коэффициент использования материала

$$K_{ИМ} = \frac{M_D}{M_3} \gg. [9] \quad (3)$$

$$K_{ИМ} = \frac{5,0}{7,5} = 0,67.$$

$K_{ИМ}$ соответствует среднесерийному производству.

2.4 Выбор методов обработки

«Детали с наружными поверхностями вращения подразделяют на несколько классов в зависимости от конструкторско-технологического подобия, которое определяется совокупностью признаков. За основу обычно

принимаются следующие основные признаки: геометрическая форма, параметрический (учитывает отношение длины детали к диаметру), конструктивный, функциональный». [22]

«Учитывая один из основных признаков классификации – геометрическую форму деталей, рассмотрена обработка трех классов деталей, имеющих разнообразную форму и наружные поверхности тел вращения:

- тела вращения типа валов, дисков, штоков и другие;
- тела вращения с профилем типа лопаток компрессора с цапфами;
- тела вращения и невращения типа тройников, угольников, крестовин (детали арматуры), имеющие элементы с наружными поверхностями вращения». [22]

«В процессе выполнения технологических операций имеет место множество различных факторов, которые определяются состоянием станка, режущего инструмента, выходными параметрами заготовки, действиями рабочего и другие. Поэтому изделия, полученные в результате выполнения одного и того же технологического процесса, отличаются одно от другого и от своих номинальных размеров, заданных в чертежах. Это явление называется рассеянием характеристик качества изделий». [22]

Для выполнения показателей качества обработки поверхностей 1, 2, 6, 7, 9-11, 17, 18 (IT14; Ra 3,2) необходим следующий комплекс методов обработки: черновое и чистовое точение.

Для выполнения показателей качества обработки поверхностей 3, 4, 5, 12-15 (IT16; Ra 40) какой-либо механической обработки не требуется.

Для выполнения показателей качества обработки поверхности 8 (IT8; Ra 1,6) необходим следующий комплекс методов обработки: черновое и чистовое точение, черновое шлифование.

Для выполнения показателей качества обработки поверхности 10 (IT8; Ra 1,6) необходим следующий комплекс методов обработки: черновое и чистовое точение, черновое шлифование.

Для выполнения показателей качества обработки поверхности 16 (IT7; Ra 1,6) необходим следующий комплекс методов обработки: черновое и чистовое точение, протягивание, шлифование.

Для выполнения показателей качества обработки поверхностей 19, 21 (IT9; Ra 3,2) необходим следующий комплекс методов обработки: протягивание.

Для выполнения показателей качества обработки поверхности 20 (IT14; Ra 6,3) необходим следующий комплекс методов обработки: протягивание.

2.5 Расчет припусков

«Припуск – слой материала, удаляемый с поверхности заготовки с целью получения годной детали». [8]

«Припуск на обработку поверхности детали может быть назначен по соответствующим справочным таблицам, ГОСТам или на основе расчетно-аналитического метода определения припусков». [8]

«Статистический метод, основывающийся на применении справочных таблиц, ГОСТов, позволяет назначать припуски независимо от технологического процесса обработки детали, поэтому в общем случае значения припусков являются завышенными, в связи с чем имеются резервы снижения расхода материалов и трудоемкости изготовления деталей». [8]

«Расчетно-аналитический метод определения припуска основывается на дифференцированном расчете по элементам, составляющим припуск». [8]

«Данный метод предусматривает расчет припусков по всем последовательно выполняемым технологическим переходам обработки данной поверхности детали, определение общего припуска на обработку поверхности, расчет размеров заготовки». [8]

«Припуски на операции технологического процесса должны быть оптимальными, так как увеличенные припуски на обработку приводят:

– к удалению наиболее устойчивых поверхностных слоев металла;

– увеличению расхода металла, введению дополнительных операций, переходов;

– увеличению расхода электроэнергии и режущего инструмента, повышению износа станка». [8]

«В то же время малые припуски не обеспечивают удаления дефектных поверхностных слоев, требуют повышения точности заготовки, а тем самым ведут к увеличению стоимости работы заготовительных цехов». [8]

Найдем припуски на обработку поверхности 16 с параметрами

$\varnothing 30^{(+0,021)} \text{ мм}, L = 72 \text{ мм}, Ra = 1,6 \text{ мкм}.$

«Суммарное отклонение формы и расположения поверхностей (мм)

$$\Delta = 0,25 \cdot TD \rangle. [21] \quad (4)$$

$$\Delta_0 = 0,25 \cdot 1,2 = 0,300.$$

$$\Delta_{01} = 0,25 \cdot 0,250 = 0,063.$$

$$\Delta_{02} = 0,25 \cdot 0,062 = 0,016.$$

$$\Delta_{TO} = 0,25 \cdot 0,100 = 0,025.$$

$$\Delta_{03} = 0,25 \cdot 0,039 = 0,010.$$

$$\Delta_{04} = 0,25 \cdot 0,025 = 0,008.$$

«Максимальное и минимальное значения припуска (мм)

$$Z_{\min} = a_{i-1} + \sqrt{(\Delta_{i-1})^2 + \varepsilon_i^2}. \quad (5)$$

$$Z_{i\max} = Z_{i\min} + 0,5(TD_{i-1} + TD_i) \rangle. [21] \quad (6)$$

$$Z_{1\min} = a_0 + \sqrt{(\Delta_0)^2 + \varepsilon_1^2} = 0,4 + \sqrt{0,300^2 + 0,025^2} = 0,701.$$

$$Z_{2\min} = a_1 + \sqrt{(\Delta_1)^2 + \varepsilon_2^2} = 0,2 + \sqrt{0,063^2 + 0} = 0,263.$$

$$Z_{3\min} = a_2 + \sqrt{(\Delta_{T0})^2 + \varepsilon_3^2} = 0,1 + \sqrt{0,025^2 + 0^2} = 0,125.$$

$$Z_{4\min} = a_3 + \sqrt{(\Delta_3)^2 + \varepsilon_3^2} = 0,05 + \sqrt{0,010^2 + 0^2} = 0,060.$$

$$Z_{1\max} = Z_{1\min} + 0,5(TD_0 + TD_1) = 0,701 + 0,5(1,200 + 0,250) = 1,426.$$

$$Z_{2\max} = Z_{2\min} + 0,5(TD_1 + TD_2) = 0,263 + 0,5(0,250 + 0,062) = 0,419.$$

$$Z_{3\max} = Z_{3\min} + 0,5(TD_{TO} + TD_3) = 0,125 + 0,5(0,100 + 0,039) = 0,195.$$

$$Z_{4\max} = Z_{4\min} + 0,5(TD_3 + TD_4) = 0,060 + 0,5(0,039 + 0,025) = 0,092.$$

Определим значения размеров на каждом переходе (мм)

$$D_{4\min} = 30,000.$$

$$D_{4\max} = 30,021.$$

$$D_{3\max} = D_{4\min} - 2 \cdot Z_{4\min} = 30,000 - 2 \cdot 0,060 = 29,880.$$

$$D_{3\min} = D_{3\max} - TD_3 = 29,880 - 0,039 = 29,841.$$

$$D_{TO\min} = D_{3\min} - 2 \cdot Z_{3\min} = 29,841 - 2 \cdot 0,125 = 29,591.$$

$$D_{TO\max} = D_{TO\min} - TD_{TO} = 29,591 - 0,100 = 29,491.$$

$$D_{2\max} = d_{TO\min} \cdot 0,999 = 29,491 \cdot 0,999 = 29,462.$$

$$D_{2\min} = D_{2\max} - TD_2 = 29,462 - 0,062 = 29,400.$$

$$D_{1\min} = D_{2\max} - 2 \cdot Z_{2\min} = 29,400 - 2 \cdot 0,263 = 28,874.$$

$$D_{1\max} = D_{1\min} - TD_1 = 28,874 - 0,250 = 28,624.$$

$$D_{0\min} = D_{1\max} - 2 \cdot Z_{1\min} = 28,624 - 2 \cdot 0,701 = 27,222.$$

$$D_{0\max} = D_{0\min} - TD_0 = 27,222 - 1,2 = 26,022.$$

«Средние значения размеров на каждом переходе (мм)

$$D_{cpi} = 0,5(D_{i\max} + D_{i\min}) \gg. [21] \quad (7)$$

$$D_{cp0} = 0,5(D_{0\max} + D_{0\min}) = 0,5(26,022 + 27,222) = 26,622.$$

$$D_{cp1} = 0,5(D_{1\max} + D_{1\min}) = 0,5(28,624 + 28,874) = 28,749.$$

$$D_{cp2} = 0,5(D_{2max} + D_{2min}) = 0,5(29,400 + 29,462) = 29,431.$$

$$D_{cpTO} = 0,5(D_{TOmax} + d_{TOmin}) = 0,5(29,491 + 29,591) = 29,541.$$

$$D_{cp3} = 0,5(D_{3max} + D_{3min}) = 0,5(29,841 + 29,880) = 29,861.$$

$$D_{cp4} = 0,5(D_{1max} + D_{4min}) = 0,5(30,021 + 30,000) = 30,011.$$

«Общий припуск на обработку (мм)

$$2Z_{min} = D_{4min} - D_{0max}». [21] \quad (8)$$

$$2Z_{min} = 30,000 - 26,022 = 3,978.$$

$$2Z_{max} = 2Z_{min} + TD_0 + TD_4. \quad (9)$$

$$2Z_{max} = 3,978 + 1,200 + 0,021 = 5,199.$$

$$2Z_{cp} = 0,5(2Z_{min} + 2Z_{max}). \quad (10)$$

$$2Z_{cp} = 0,5(5,199 + 3,978) = 4,589.$$

Полученные значения припусков используем для проектирования заготовки, а также для определения режимов обработки этой поверхности.

2.6 Расчет режимов резания

«Режимы резания являются основой любого технологического процесса, и их назначение служит одним из главных условий создания эффективных и ресурсосберегающих технологий машиностроительного и приборостроительного производства». [14]

«Как известно, к элементам режимов резания относят глубину резания, подачу, скорость и силу резания, необходимые для выполнения рабочего перехода технологической операции механической обработки детали». [14]

«Независимо от выбранного способа, параметры режимов резания назначают таким образом, чтобы достичь наибольшей производительности труба при наименьшей себестоимости данной технологической операции. Эти условия удается выполнить при работе инструментом рациональной конструкции, с экономически целесообразной геометрией его режущей части, с максимальным использованием всех эксплуатационных возможностей станка». [14]

Твердосплавная обработка - это эффективная чистовая обработка закаленных материалов с твердостью 45 HRC и более с помощью наконечников или цельных режущих пластин, предпочтительно из кубического нитрида бора (CBN). Твердосплавная обработка выходила за рамки применения обычных карбидов. Другим препятствием для твердосплавной обработки был металлорежущий станок с требуемой жесткостью и высокой частотой вращения шпинделя. Традиционно все закаленные детали, такие как шестерни, валы, кольца подшипников с твердостью от 45 до 68 HRC шлифуются для получения требуемых жестких допусков и чистовой обработки поверхности. Производительность шлифования ограничена из-за ограничений по диаметру круга, скорости резания и длины дуги контакта. Благодаря повышенной жесткости и высокой производительности на станках с ЧПУ и режущих инструментах из кубического нитрида бора и керамики твердотельная обработка широко и успешно применяется для изготовления сложных заготовок за один этап и достижения точности по размерам и шероховатости приближаются к качеству шлифования.

Твердотельные детали не всегда нужно шлифовать для выполнения чистовых требований. Секрет успешного твердосплавного точения заключается в высокой скорости резания. [14]

При окончательной обточке стального вала со скоростью 120 м/мин с глубиной резания 0,2 мм все тепло, выделяемое при такой скорости резания, концентрируется там, где образуется стружка, что приводит к ее отжигу перед резанием, в то время как исходный материал остается незатронутым. С увеличением скорости этот эффект отжига становится еще более выраженным, и твердость стружки еще больше снижается. При более высокой скорости инструмент обрабатывает больше деталей перед заменой и отводит большую часть тепла от поверхности детали в стружку, которая измельчается до размеров, пригодных для использования.

2.6.1 Расчет режимов обработки на операцию 005.

Переход 1.

Глубина резания $t = 2,5$. [17]

Подача $S = 0,3$. [17]

«Скорость резания

$$V = V_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (11)$$

где $K_1 = 1,0$; $K_2 = 1,0$; $K_3 = 1,0$; $V_0 = 150$ ». [17]

$$V = 150 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 150 \text{ м/мин.}$$

«Частота

$$n = \frac{1000V}{\pi D} \text{ ». [17] } \quad (12)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 117,5}{3,14 \cdot 149} = 251,1 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n = 250 \text{ мин}^{-1}.$$

«Фактическая скорость резания

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \gg. [17] \quad (13)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 150}{3,14 \cdot 171} = 279 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n = 250 \text{ мин}^{-1}.$$

Фактическая скорость резания

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 171 \cdot 250}{1000} = 134 \text{ м/мин.}$$

«Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n \gg. [17] \quad (14)$$

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 250 = 75 \text{ мм/мин.}$$

«Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} \gg. [17] \quad (15)$$

$$T_0 = \frac{85}{75} = 1,13 \text{ мин.}$$

Переход 2.

Рабочая длина хода

$$L = L_p + L_{\Pi} + L_d, \quad (16)$$

$$\text{где } L_p = 60,15; L_{\Pi} = 1; L_d = 0.$$

$$L = 60,15 + 1 + 0 = 61,15 \text{ мм.}$$

Стойкость

$$T_p = T_M \cdot \lambda, \quad (17)$$

где $\lambda = \frac{L_p}{L_{p.X}} \approx 1;$

$$T_M = 60 \text{ мин. [17]}$$

$$T_p = 60 \cdot 1 = 60 \text{ мин.}$$

Подача

$$S_0 = 0,2 \text{ мм/об. [17]}$$

Скорость резания

$$V = V_{TAB} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3,$$

где $V_{TAB} = 25; K_1 = 0,75; K_2 = 1,0; K_3 = 0,95. [17]$

$$V = 25 \cdot 0,75 \cdot 1 \cdot 0,95 = 21,4 \text{ м/мин.}$$

Частота

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 21,4}{3,14 \cdot 29,6} = 231 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n = 200 \text{ мин}^{-1}.$$

Фактическая скорость резания

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 29,6 \cdot 200}{1000} = 18,6 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S_M = S_0 \cdot n = 0,2 \cdot 200 = 40 \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{p.X}}{S_M} = \frac{61,15}{40} = 1,53 \text{ мин.}$$

Итоговое время операции

$$T_0 = \sum T_{0i} = 1,13 + 1,53 = 2,66, \text{ мин.}$$

2.6.2 Расчет режимов обработки на операцию 025.

Протягивать поверхность 16, выдерживая размер $\varnothing 29,86^{+0,033}$ на длину $72 \pm 0,37$.

Осевая сила резания

$$P = q_0 \cdot \Sigma l_p \cdot k_p, \quad (18)$$

где $q_0 = 7,2$ кГс/мм. [17]

$$\Sigma l_p = \pi D \frac{Z_p}{Z_c} \quad (19)$$

$$\ll Z_p = \frac{l}{t} + 1, \quad (20)$$

где l – длина протягивания;

t – шаг черновых зубьев». [17]

$$Z_p = \frac{60,15}{10} + 1 = 7.$$

$$\Sigma l_p = \pi \cdot 29,86 \cdot \frac{7}{2} = 328 \text{ мм.}$$

$$P = 7,2 \cdot 328 \cdot 1 = 362 \text{ кГс.}$$

Рассчитанные режимы обработки указаны в технологической части работы (приложение А) и на технологических наладках, представленных в графической части.

3 Проектирование приспособления

«Проектирование станочных приспособлений является важнейшей частью технологической подготовки производства в машиностроении. Приспособления позволяют обеспечить точное и надежное базирование, закрепление и ориентацию заготовок на станках, что, в свою очередь, определяет качество и производительность механической обработки. В современных условиях мелко- и среднесерийного производства применение эффективных технологических приспособлений является одним из ключевых факторов повышения эффективности и конкурентоспособности предприятий машиностроительной отрасли». [10]

«Необходимость разработки и использования современных станочных приспособлений установлена рядом факторов. Во-первых, постоянно растущие требования к точности изготовления деталей машин и механизмов, вызванные повышением эксплуатационных характеристик продукции. Типовые способы базирования и закрепления заготовок в универсальных приспособлениях зачастую не обеспечивают необходимую точность и стабильность процесса обработки. Применение специальных приспособлений позволяет решить эту проблему за счет обеспечения точного и надежного позиционирования заготовок относительно режущего инструмента». [10]

«Во-вторых, современные тенденции развития машиностроительного производства, связанные с внедрением гибких производственных систем, станков с числовым программным управлением и роботизированных комплексов, предъявляют новые требования к технологической оснастке. Приспособления должны обладать высокой технологичностью, универсальностью и способностью к быстрой переналадке, что позволяет сократить вспомогательное время и повысить производительность оборудования». [10]

«В-третьих, повышение требований к безопасности производства обуславливает необходимость применения специальных приспособлений, обеспечивающих надежное крепление заготовок и защиту станочника от возможных рисков, связанных с технологическим процессом». [10]

«Процесс проектирования и изготовления станочного приспособления затрагивает временные, материальные и энергетические ресурсы. Поэтому необходимость разработки станочного приспособления обосновывается исходя из анализа ряда факторов, которые вполне определены и могут быть оценены качественно или количественно». [10]

3.1 Исходные данные

На операции токарной 015 выполняется точение наружных поверхностей и выполняются фаски на детали, как показано на рисунке 4.

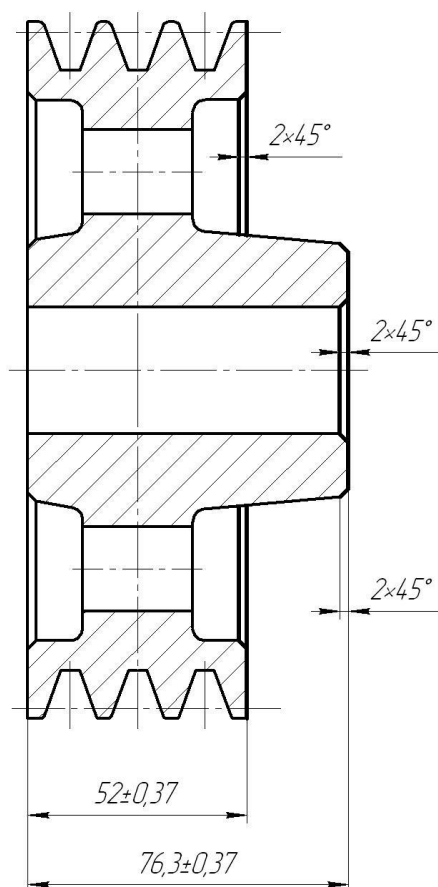


Рисунок 4 –Эскиз операции 015

В этом разделе спроектируем приспособление для закрепления заготовки на этой операции.

3.2 Силовой расчет

Для определения усилий закрепления заготовки на токарной операции необходимо рассчитать силы резания, возникающие при обработке и исходить из них, чтоб заготовка оставалась при проведении операции неподвижной.

Силы резания рассчитываются по формуле

$$P_{zy} = 10C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p. \quad [25] \quad (21)$$

Для P_y : $C_p = 300$; $x = 1$; $y = 0,75$; $n = -0,15$. [25]

Для P_z : $C_p = 2430$; $x = 0,9$; $y = 0,6$; $n = -0,3$. [25]

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{yp} \cdot K_{jp} \cdot K_{\pi p} \quad (22)$$

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 0,3^{0,9} \cdot 0,3^{0,6} \cdot 130^{-0,3} \cdot 0,9 = 83,4 \text{ Н.}$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,3^{1,0} \cdot 0,3^{0,75} \cdot 130^{-0,15} \cdot 0,9 = 158,2 \text{ Н.}$$

Крутящий момент от сил резания

$$M_p = \frac{P_z d_1}{2} \quad (23)$$

$$M_p = \frac{104,58 \cdot 38,2}{2} = 1997.$$

Момент зажима

$$M_3 = \frac{Td_2}{2} = \frac{Wfd_2}{2} \quad (24)$$

Схема действия сил представлена на рисунке 5.

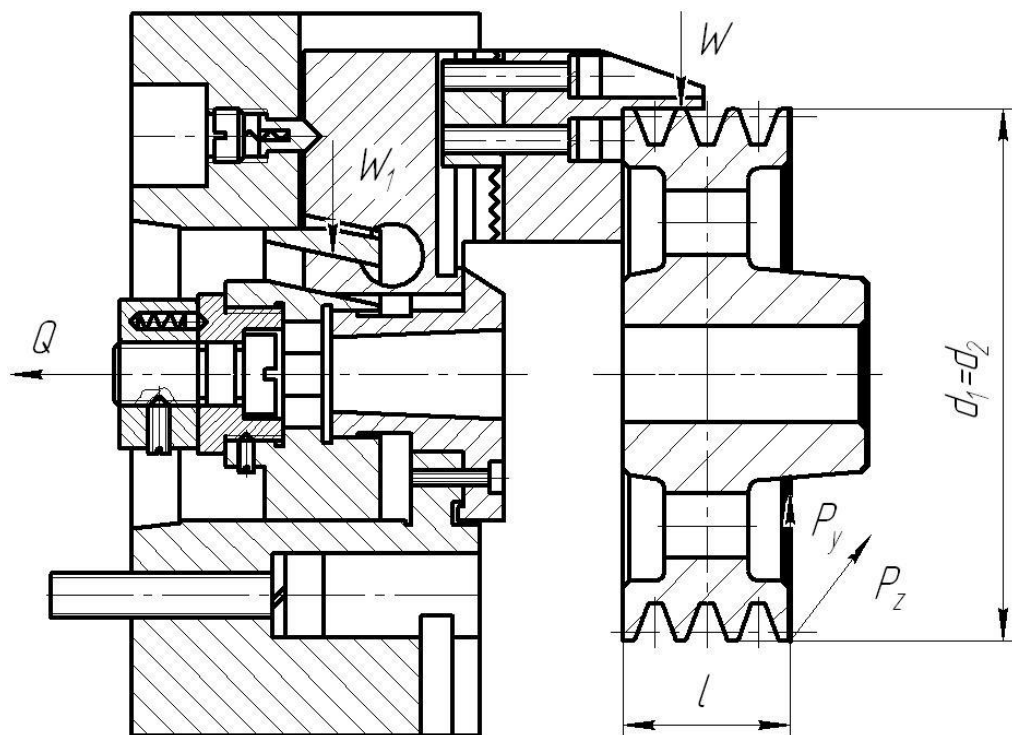


Рисунок 5 – Схема действия сил

$$W^1 = \frac{KM_p}{fd_2} = \frac{Kp_z \cdot d_1}{fd_2} \quad (25)$$

Коэффициент запаса

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5, \quad (26)$$

где $K_1 = 1,5; K_2 = 1,0; K_3 = 1,2; K_4 = 1,0; K_5 = 1,0$. [25]

$$K_{p_z} = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,0 = 1,8.$$

$$K_{p_z} = 1,80; K_{p_y} = 2,52; f = 0,3. [25]$$

$$W_z^1 = \frac{2K \cdot P_z \cdot d_1}{f \cdot d_2} = \frac{2 \cdot 1,8 \cdot 127,5 \cdot 147}{0,3 \cdot 36,15} = 6222 \text{ Н.}$$

Крутящий момент от силы P_y

$$M_p^{11} = P_y \ell. \quad (27)$$

Препятствующий этому момент

$$M_3^{11} = T \frac{2}{3} d_2 = \frac{2}{3} W^1 f d_2. \quad (28)$$

Зажимная сила

$$W = \frac{1,5 \cdot K \cdot P_y \cdot l}{f \cdot d_2} \quad (29)$$

$$W = \frac{1,5 \cdot 1,8 \cdot 158,2 \cdot 165,3}{0,3 \cdot 165,3} = 1898,4 \text{ Н.}$$

$$W_1 = \frac{W}{1 - \left(\frac{3\ell_k}{M_k} \cdot f_1 \right)} \quad (30)$$

$$W_1 = \frac{1598,4}{1 - \left(\frac{3 \cdot 62}{80} \cdot 0,1 \right)} = 2083 \text{ Н.}$$

Патрон токарный клинового типа с пневматическим приводом применяемый на 015 токарной операции, представлен в графической части.

4 Проектирование режущего инструмента

«Несмотря на многообразие существующих конструкций инструмента, все они имеют (в значительной степени) общее назначение (формообразование поверхности детали и срезания припуска с заготовки), общие конструктивные и геометрические элементы, систему классификации, критерии оценки эффективности, требования к исполнению и направления развития и так далее. Знание и реализация общих вопросов позволяет сокращать номенклатуру инструмента, проводит стандартизацию элементов, унификацию алгоритмов проектирования, назначение элементов режима резания и так далее. Конечно, нельзя непосредственно переносить результаты, полученные одним инструментом на другой (например, с токарного резца на фрезу). Различные инструменты обуславливают различные закономерности стружкообразования, условия теплового, динамического воздействия и различаются, прежде всего, в количественных характеристиках. Но характер влияния однотипных элементов рабочей части режущих инструментов не имеет качественных принципиальных различий».

[20]

«Протягивание применяют для обработки сквозных отверстий любой формы, прямых и винтовых канавок, наружных поверхностей разнообразной формы, зубчатых колес наружного и внутреннего зацепления. Протяжка представляет собой многозубый режущий инструмент, осуществляющий резание слоев металла при отсутствии на станке движения подачи».

[20]

«Протяжки обладают следующими преимуществами по сравнению с другими режущими инструментами:

- высокая производительность из-за одновременного нахождения в контакте с поверхностью резания большей общей длины режущих кромок;
 - высокая точность обработанных поверхностей;
 - малая шероховатость обработанных поверхностей;
 - высокая стойкость».
- [20]

«К недостаткам протяжек относят сложность конструкции и высокую стоимость». [20]

«Протяжка для отверстий различают по способу приложения силы станка к режущему инструменту. Если сила приложена к хвостовику режущего инструмента и растягивает его, он называется собственно протяжкой; если сила приложена к торцу режущего инструмента и сжимает его, его называют прошивкой. На рисунке 6а и 6б представлены схемы работы протяжки и прошивки; на рисунке 6в – схема работы круговой протяжки при обработке зубьев конического зубчатого колеса». [20]

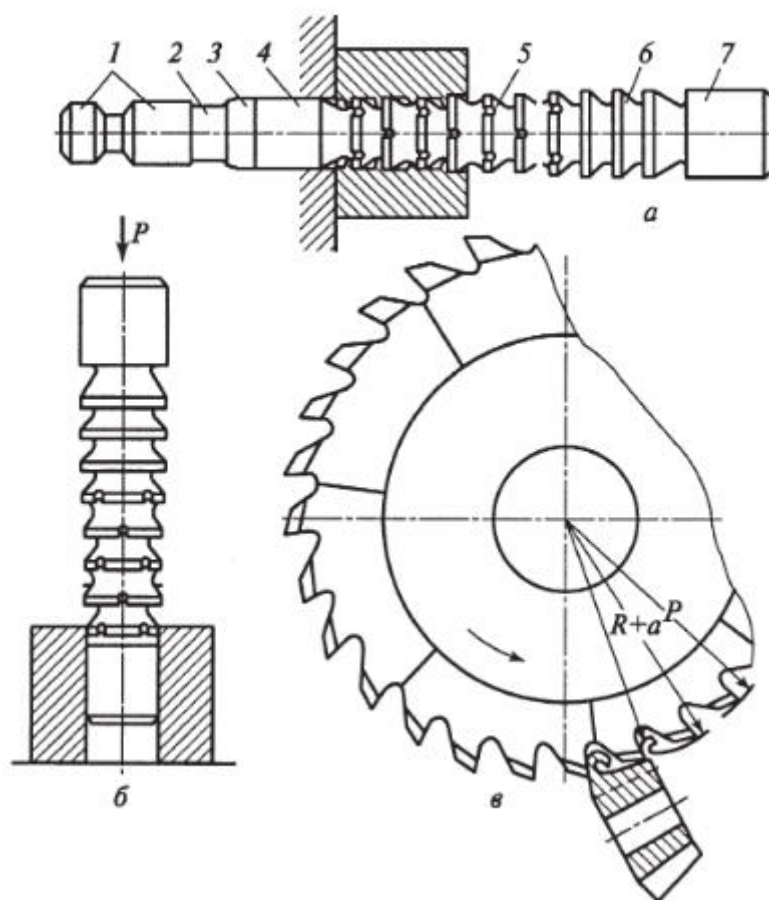


Рисунок 6 – Схема работы протяжек (а, в) и прошивки (б)

«Протяжка состоит из следующих конструктивных элементов (рисунок 6а): 1 – хвостовик, предназначенный для закрепления протяжки в тяговом патроне; хвостовики стандартизированы, они имеют различные формы, зависящие от типа протяжек и способов их крепления; 2 и 3 – шейка и

переходный конус, являющийся связывающим звеном между хвостовиком и передней направляющей 4; на шейку наносят маркировку; переходный конус облегчает надевание заготовки на переднюю направляющую; 4 – передняя направляющая служит для установки заготовки соосно с протяжкой, благодаря чему припуск на обработку срезается равномерно по всему контуру отверстия; она исключает перекос заготовки, могущий привести к поломке зубьев; длина передней направляющей считается от конца переходного конуса до вершины первого зуба, то есть включая первую стружечную канавку; 5 и 6 – рабочая часть, состоящая из режущих (5) и калибрующих (6) зубьев; 7 – задняя направляющая препятствует перекосу детали на протяжке, когда в ней находятся последние один-два зуба; форма задней направляющей, как и передней, соответствует форме отверстия детали». [20]

4.1 Исходные данные

В технологическом процессе изготовления шкива сверлильного станка на 025 протяжной операции осуществляется обработка центрального отверстия круглой протяжкой, как показано на рисунке 7.

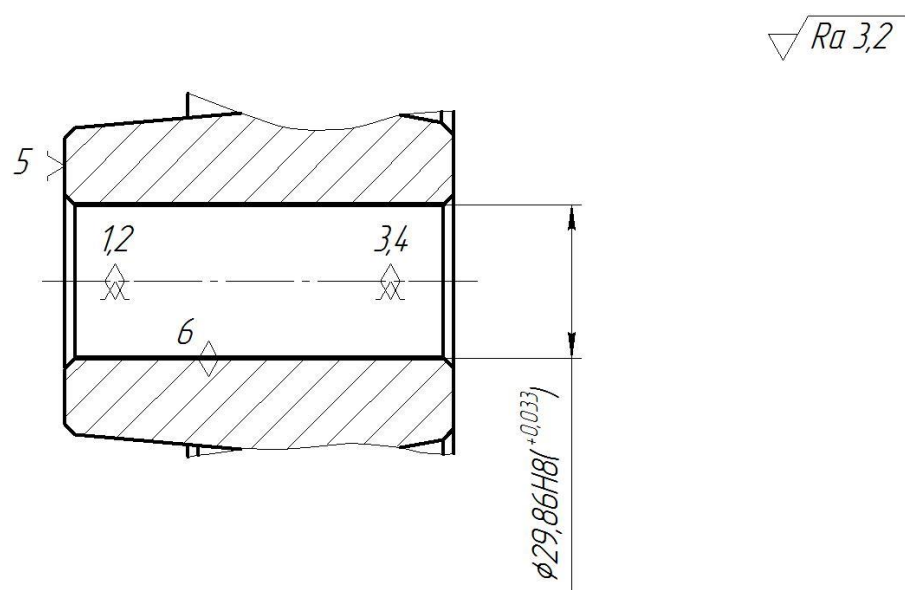


Рисунок 7 – Схема операции 025

Диаметр отверстия до обработки $D_0 = 29,6$ мм.

Диаметр отверстия после обработки $D = 29,86$ мм.

Предельное верхнее отклонение $ES = +0,033$ мм.

Предельное нижнее отклонение $EI = 0$.

Длина протягивания $L_0 = 60,15$ мм.

Материал: СЧ25, $\sigma_s = 250$ МПа.

4.2 Проектирование протяжки

Задний угол $\alpha_{r0} = 3^\circ$. [18]

Передний угол $\gamma_{r0} = 18^\circ$. [18]

Припуск

$$D_{\max} = D + \frac{1}{2} IT \quad (31)$$

$$D_{\max} = 29,86 + \frac{1}{2} 0,033 = 29,877 \text{ мм.}$$

$$A = \frac{D_{\max} - D_0}{2} \quad (32)$$

$$A = \frac{29,877 - 29,6}{2} = 0,139 \text{ мм.}$$

Шаг

$$t = (1,25 \dots 1,5) \sqrt{L_0} \quad (33)$$

$$t = 1,3 \sqrt{60,15} = 10,082 \text{ мм.}$$

$t = 10$ мм.

Размеры канавок

$h=3; c=3; r=1,5; R=7; F_K = 7,07$. [18]

«Толщина среза

$$a_z = \frac{F_K}{K L_0}, \quad (34)$$

где $K=4$ ». [18]

$$a_z = \frac{F_K}{K L_0} = \frac{7,07}{4 \cdot 60,15} = 0,029$$

«Число одновременно работающих зубьев

$$q = \frac{L_0}{t} + 1$$

(35)

$$q = \frac{L_0}{t} + 1 = \frac{60,15}{10} + 1 = 7.$$

«Сила, приходящаяся 1 мм длины обрабатываемого контура

$$P_Z = C_p \cdot \sigma_s \cdot a_z^{0,85} \cdot K_\gamma, \quad (36)$$

где $C_p = 2,6$ ». [18]

$$K_\gamma = \frac{90 - \gamma}{75} \quad (37)$$

$$K_\gamma = \frac{90 - \gamma}{75} = \frac{90 - 18}{75} = 0,96.$$

$$P_z = 2,6 \cdot 250 \cdot 0,029^{0,85} \cdot 0,96 = 30,777, \text{ Н.}$$

«Усилие протягивания

$$P_T = \pi \cdot P_z \cdot D \cdot q \rangle. [18] \quad (38)$$

$$P_T = 3,14 \cdot 30,777 \cdot 29,86 \cdot 7 = 2885,66 \text{ Н.}$$

«Напряжения в канавке перед первым зубом

$$\sigma_1 = \frac{4 \cdot P_T}{\pi(D_0 \cdot 2h)^2} \rangle. [18] \quad (39)$$

$$\sigma_1 = \frac{4 \cdot 2885,66}{3,14(29,6 \cdot 2 \cdot 4)^2} = 7,87 \text{ МПа.}$$

Наибольший диаметр хвостовика

$$d_1 = 28 \text{ мм.}$$

«Напряжение в опасном сечении хвостовика

$$\sigma_x = \frac{P_T}{F_x} \rangle. [18] \quad (40)$$

$$\text{де } F_x = 380,1 \text{ мм}^2. [18]$$

$$\sigma_x = \frac{2885,66}{380,1} = 7,59,$$

Число черновых зубьев протяжки

$$z = \frac{A \cdot a'_z z'}{a_z} + 1 \quad (41)$$

Число чистовых зубьев $z'=1..3$, толщина среза $a'_z < a_z$.

$$a'_z = 0,01.$$

$$z = \frac{0,139 \cdot 0,01 \cdot 2}{0,029} + 1 = 5.$$

«Номинальные диаметры черновых зубьев

$$D_i = D_0 + 2a_z(i - 1) \rangle. [18] \quad (42)$$

$$D_1 = D_0 + 2 \cdot 0,029(1 - 1) = 29,6.$$

$$D_2 = D_0 + 2 \cdot 0,029(2 - 1) = 29,658.$$

$$D_3 = D_0 + 2 \cdot 0,029(3 - 1) = 29,716.$$

$$D_4 = D_0 + 2 \cdot 0,029(4 - 1) = 29,774.$$

$$D_5 = D_0 + 2 \cdot 0,029(5 - 1) = 29,832.$$

«Номинальные диаметры чистовых зубьев

$$D_{q1} = D_z + 2a'_z j \rangle. [18] \quad (43)$$

$$D_{q1} = 29,832 + 2 \cdot 0,015 \cdot 1 = 29,847.$$

$$D_{q2} = 29,847 + 2 \cdot 0,015 \cdot 1 = 29,862.$$

$$D_{q3} = 29,862 + 2 \cdot 0,015 \cdot 1 = 29,877.$$

«Длина режущей части

$$l_p = t(z + z') \rangle. [18] \quad (44)$$

$$l_p = t(z + z') = 10(5 + 3) = 80 \text{ мм.}$$

Чертеж протяжки для обработки центрального отверстия детали на операции 025 представлен в графической части.

5 Безопасность и экологичность технического объекта

Техническим объектом в нашем случае является производственный участок по изготовлению партии шкивов сверлильного станка.

«Для предприятий машиностроительного комплекса характерными являются опасные производственные объекты (ОПО) с признаками трех групп: использование опасных веществ, оборудования под давлением, грузоподъемных механизмов. В составе отдельных машиностроительных гигантов, в частности предприятий тяжелого машиностроения, могут встречаться и собственные металлургические производства, предназначенные для получения сталей и сплавов со специальными свойствами». [16]

«Потенциальная опасность является универсальным свойством процесса взаимодействия человека со средой обитания, в том числе в производственной сфере. Достижение абсолютной безопасности (нулевого риска) невозможно, поэтому все технические и прочие системы безопасности базируются на понятии приемлемого (допустимого) риска». [16]

«Приемлемым риском принято считать компромисс между уровнем безопасности и возможностью ее достижения исходя из степени развития общества в разных его аспектах (научно-техническом, экономическом, социальном и других). Для промышленного производства приемлемым называют риск, сниженный до уровня, который организация может допустить, учитывая применимые к ней правовые требования (внешние факторы) и собственную политику в области промышленной безопасности и охраны труда (внутренние факторы)». [16]

«Безопасность достигается путем снижения уровня риска до допустимого. Допустимый риск представляет оптимальный баланс между безопасностью и требованиями эффективности затрат». [16]

«Профессиональная деятельность человека связана с применением технического оборудования, вызывающего в различной степени появление

возможных рисков. По природе возникновения риски могут быть классифицированы. Выделяют профессиональные, техногенные и экологические риски». [3]

5.1 Конструкторско-технологическая и организационно-техническая характеристики рассматриваемого технического объекта

На токарной операции 015 заготовка закрепляется в токарный патрон, имеющий пневматический привод. Применение механизированного привода в приспособлении на этой операции снизило количество ручного труда (увеличило стабильность выполнения операции), что повлияло на безопасность выполнения работ станочника. На первом переходе токарным проходным резцом с режущей пластиной из твердого сплава ВК4М выполняется обработка наружных поверхностей заготовки. На втором переходе операции расточным резцом, имеющим режущую пластину из твердого сплава ВК4М выполняется расточка двух фасок.

Протяжная операция 045 осуществляется на горизонтально-протяжном станке модели 7Б56. Заготовка устанавливается в специальное приспособление, имеющее плавающую головку. Инструментом является круглая протяжка, имеющая режущую часть из быстрорежущей стали Р6М5, обрабатывающая центральное цилиндрическое отверстие. Протяжка продевается в центральное отверстие заготовки, передняя направляющая протяжки закрепляется в патрон. Протяжка имеет поступательное главное движение.

5.2 Идентификация профессиональных рисков

«При механической обработке металлов, пластмасс и других материалов на металлорежущих станках (токарных, фрезерных, сверлильных, шлифовальных, заточных и других) возникает ряд физических,

химических, психофизиологических и биологически опасных и вредных производственных факторов». [13]

«Двигающиеся части производственного оборудования, передвигающиеся изделия и заготовки, стружка обрабатываемых материалов, осколки инструментов, высокая температура поверхности обрабатываемых деталей и инструмента, повышенное напряжение в электроцепи или статического электричества, при котором может произойти замыкание через тело человека, относятся к категории физически опасных факторов». [13]

При токарной обработке инструментами, которым являются проходной и расточной резцы, с заготовки снимается стружка. Эта стружка первое время имеет высокую температуру, поэтому необходимо исключить попадание стружки на кожу человека.

Также образующаяся стружка может попасть в глаз наблюдающему за операцией станочнику. Это тоже является опасным производственным фактором.

Движущиеся части и токарного и горизонтально-протяжного станка являются опасными для работников механообрабатывающего цеха, поэтому для исключения резкого движения в работников необходимо оградить станки специальными защитными ограждениями. Этот предотвратит возможность резкого движения рабочих частей станков в работников цеха.

«Физическими вредными производственными факторами, характерными для процесса резания, являются повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны, высокий уровень шума и вибрации, недостаточная освещенность рабочей зоны, наличие прямой и отраженной блеклости, повышенная пульсация светового потолка. При отсутствии средств защиты запыленность воздушной среды в зоне дыхания станочников при точении, фрезеровании и сверлении хрупких материалов может превышать предельно допустимые концентрации». [13]

«Основные причины поражения электрическим током:

– случайное прикосновение к токоведущим частям, находящимся под напряжением в результате ошибочных действий при проведении работ; неисправности защитных средств, которыми пострадавший касался токоведущих частей, а также приближение на опасное расстояние к высоковольтным частям, из-за чего может произойти пробой;

– появление напряжения на металлических конструктивных частях электрооборудования в результате повреждения изоляции токоведущих частей; попадание провода (находящегося под напряжением) на конструктивные части электрооборудования;

– появление напряжения на отключенных токоведущих частях в результате ошибочного включения установки, замыкания между отключенными и находящимися под напряжением токоведущими частями;

– возникновение напряжения шага на участке земли, где находится человек, в результате замыкания фазы на землю, выноса потенциала напряженным токопроводящим предметом, неисправностей в устройстве защитного заземления». [15]

Сегодняшнее машиностроительное производство невозможно без использования смазочно-охлаждающих технических средств (СОТС). Их применяют для снижения температур в зоне резания, облегчения стружкоотделения, вывода стружки из зоны резания и так далее. СОТС чаще всего являются жидкостями, но применяются и твердые средства. Эти средства имеют свойство испаряться и, соответственно, находиться в виде взвесей в воздушном пространстве механообрабатывающего цеха. СОТС состоят из множества компонентов, некоторые из которых являются вредными для человеческого организма. Это является еще одним вредным производственным фактором.

5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Для исключения попадания стружки в станочника на токарном станке с ЧПУ САМАТ-400ХС предусмотрен экран из металла и оргстекла (рисунок 8), который необходимо выдвигать при обработке. При закрытом экране отлетающая стружка будет попадать в него и не попадет в оператора.



Рисунок 8 – Защитный экран токарного станка

Тем не менее, приходя на работу, оператор, управляющий токарным станком, должен переодеться в рабочую одежду и уже в ней осуществлять рабочие действия.

Важным фактором на производстве является освещенность. Она должна быть достаточной при любом времени суток, если производственное помещение используется. Поэтому необходимо следить за достаточной освещенностью в цехе.

Для увеличения освещенности на рабочем месте станочника на горизонтально-протяжном станке предусмотрена точка освещения. Это увеличивает уровень освещенности на рабочем месте.

Для снижения уровня запыленности в механообрабатывающем цехе, а также для снижения концентрации взвесей СОТС в воздухе необходима вентиляция. Это осуществляется системами искусственного кондиционирования воздуха. [7] Необходимо обеспечить цех средствами вентиляции воздуха.

Внутри цеха необходимо осуществить электробезопасность. И токарному станку и протяжному станку необходимо выполнить заземление. Это соединение корпуса станка с землей для удаления статического электричества. Также станочник, выполняя работы на станке должен стоять на резиновом коврике. Это обезопасит рабочего-станочника от возможности поражения растекшегося электрического тока.

5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

В результате ошибочных действий сотрудников механообрабатывающего участка может возникнуть пожар класса Е, связанный с воспламенением электроустановок.

«Для тушения пожара используют: разбавление воздуха негорючими газами до таких концентраций кислорода, при которых горение прекращается; охлаждения очага горения ниже определенной температуры (температуры горения); механическое сбивание пламени струей жидкости или газа; снижением скорости химической реакции, протекающей в пламени; создание условий огнепреграждения, при которых пламя распространяется через узкие каналы». [12]

Для предостережения возгорания работники до начала выполнения работ на предприятии обязательно проходят инструктаж по технике безопасности. Там работнику объясняют от чего могут произойти пожары на

производстве и какие действия ему необходимо выполнять при возникновении пожара.

Участок механической обработки должен быть оборудован пожарными гидрантами [6] и огнетушителями [5]. Это позволит потушить пожар на ранней стадии при его возникновении.

5.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

В связи с испарением СОТС необходимо осуществлять вентиляцию помещения. Это искусственно создается системами кондиционирования [7].

В сочетании с действиями по уменьшению вредных выделений на производстве (проветривание помещений, аэрация) системы кондиционирования, вентиляции и отопления создают производственные условия и микроклимат соответствующим необходимым по нормативным актам стандартов охраны труда.

В цехе обязательно устанавливаются системы механической вентиляции. Эти системы искусственно осуществляют увеличение воздухообмена с внешней средой при помощи вентиляторов. Эти системы также улучшают микроклимат рабочих мест на производстве.

В результате проведения анализа безопасности и экологичности технического объекта нами предложены мероприятия по увеличению экологичности и снижению опасности производства партии шкивов сверлильного станка.

6 Экономическая эффективность работы

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

Решение поставленной задачи основано на данных предыдущих разделов. Обобщенная схема производственного процесса представлена на рисунке 9.

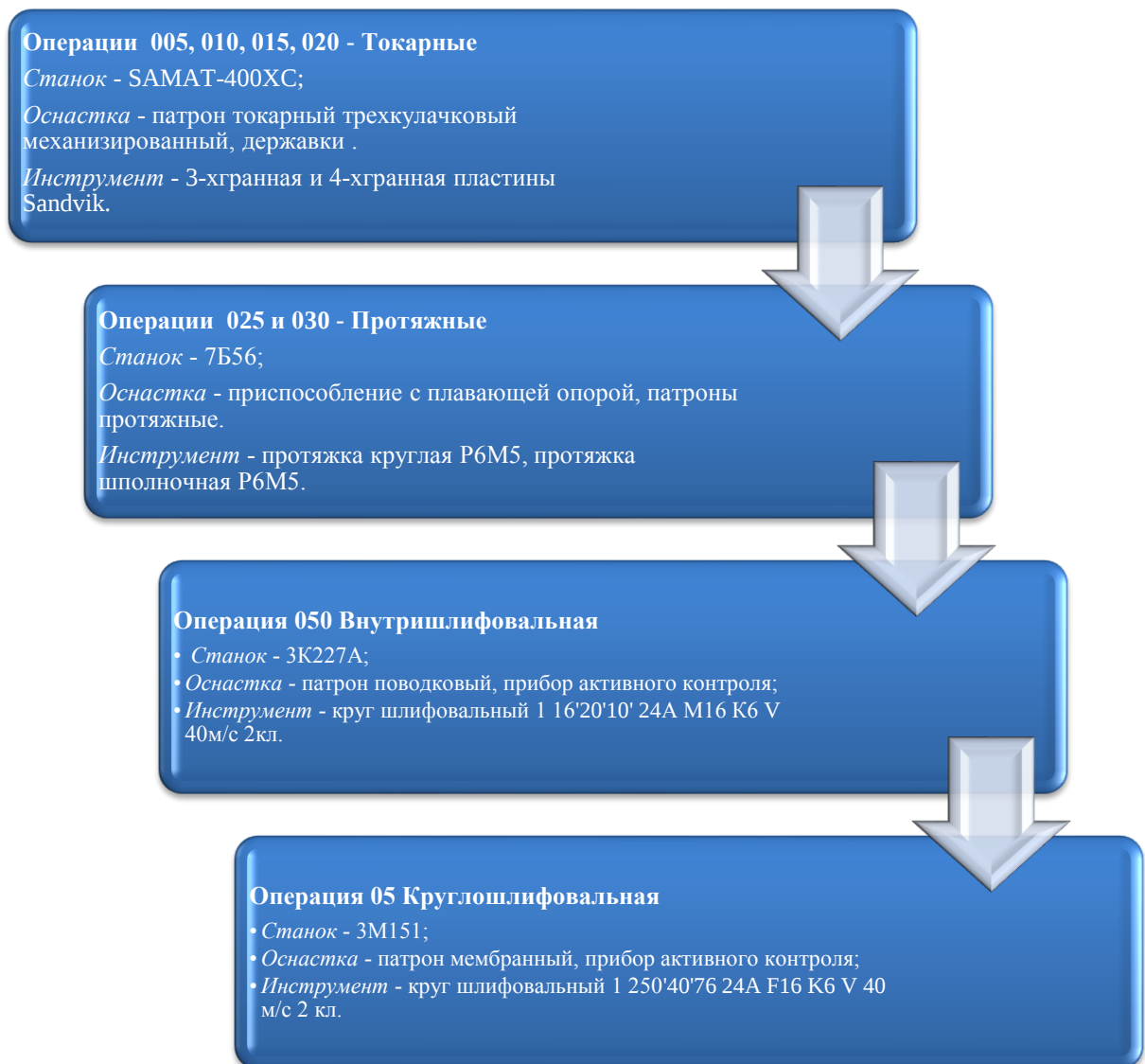


Рисунок 9 – Обобщенная схема процесса производства

Обобщенная схема выделяет операции, наиболее значимые с точки зрения формирования затрат. Количественная оценка этих операций стартует с расчета технологической себестоимости по установленной методике [11]. Величина технологической себестоимости и показатели, ее определяющие, представлены на рисунке 10.

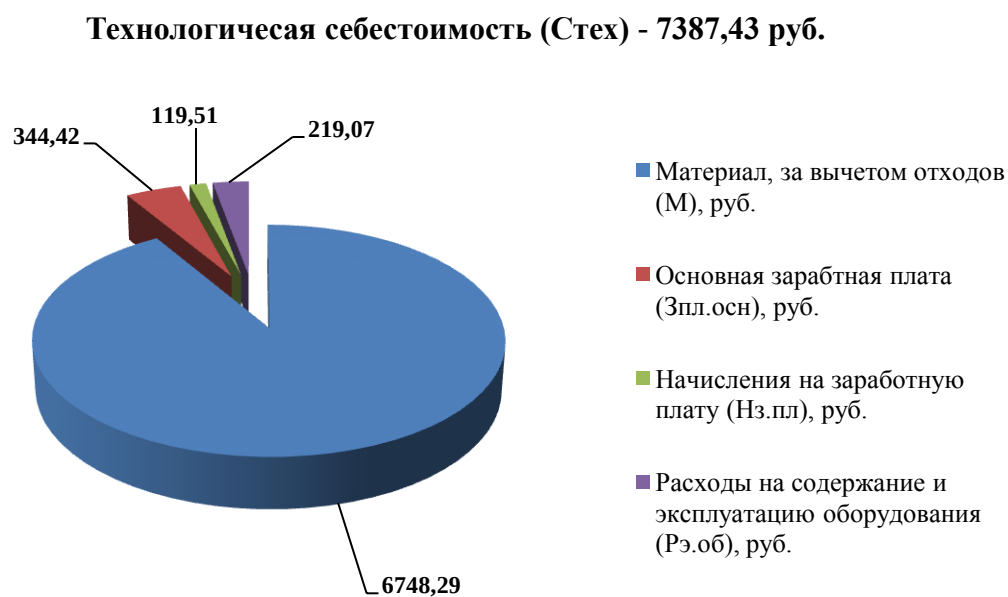


Рисунок 10 – Величина технологической себестоимости, а также, показатели из которых она формируется

Из рисунка 10 наглядно просматривается зависимость величины технологической себестоимости от расходов на материалы, которые составляют 91,5 % от общего объема. При этом, технологическая себестоимость практически не зависит от величины начислений на заработную плату, доля которых составляет всего 1,5 %.

После выполнения всех требуемых вычислений, следующим шагом является определение объема капиталовложений в данный процесс производства, иначе говоря, требуется оценить необходимый масштаб инвестиций. Для этого прибегнем к «методике расчета капитальных вложений (инвестиций) по сравниваемым вариантам технологического

процесса» [11]. По причине того, что технологический процесс является новым, масштаб инвестиций будет основываться на полном перечне затрат. Это будут: «затраты на оборудование, доставку и транспорт ($K_{ОБ}$), затраты на проектирование ($K_{ПР}$), оснастку и инструмент ($K_{ОИ}$), площадь ($K_{ПЛ}$) и программное обеспечение ($K_{П.ОБ}$)» [11]. На рисунке 11 представлены данные экономических показателей и общий объем инвестиций.

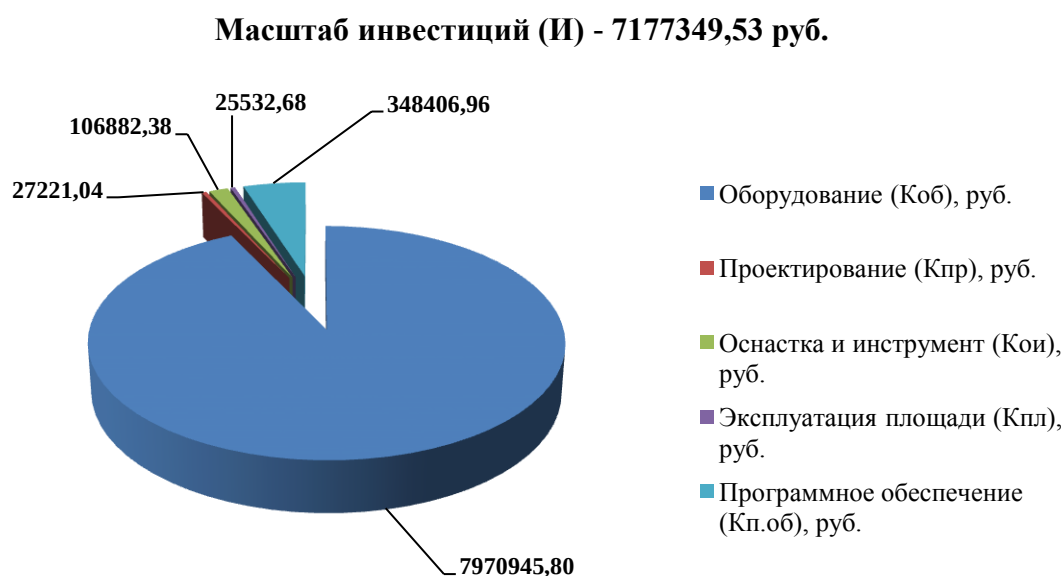


Рисунок 11 – Цифровые данные экономических показателей и общий масштаб инвестиций

Анализ данных рисунка 11 показывает, что подавляющая часть инвестиций (91,7%) приходится на технологическое оснащение. В то же время, затраты на производственные площади составляют лишь 0,6%, что является незначительной долей общих вложений.

Следующим шагом является расчет количественных значений ключевых экономических показателей: чистой прибыли, срока окупаемости и интегрального экономического эффекта [11]. Расчет выполняется в соответствии с «методикой расчета показателей экономической

эффективности проектируемого варианта технологического процесса» [11].
Полученные значения данных показателей отражены на рисунке 12.

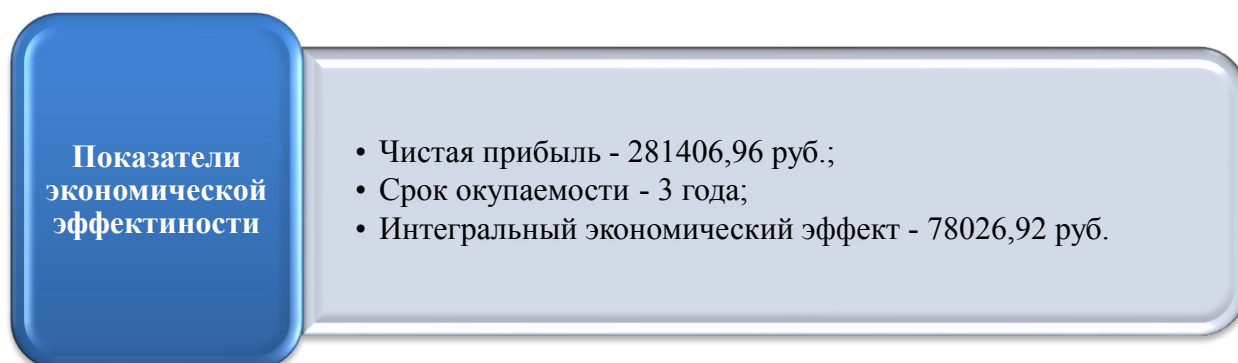


Рисунок 12 – Параметры экономических показателей

Основываясь на проделанных расчетах, можно сделать заключение об эффективности данного технологического процесса. Все проведенные экономические исследования, подтверждают его эффективность, поскольку его реализация приведет к получению совокупного экономического эффекта в размере 78026,92 рублей.

В результате выполнения данного раздела выполнены экономические расчёты, которые подтвердили рентабельность предложенного процесса: сокращение времени обработки на 15% и уменьшение затрат на материалы за счёт рациональной обработки заготовок обеспечили снижение себестоимости производства. Внедрение данной технологии на машиностроительных предприятиях позволит повысить производительность труда, сократить процент брака и расширить номенклатуру выпускаемых изделий.

Заключение

В результате проведения выпускной квалификационной работы нами спроектирован современный техпроцесс изготовления шкива сверлильного станка, оснащенный актуальными технологическими средствами.

На начальном этапе работы нами описан объект проектирования, которым является шкив сверлильного станка, выполнен анализ его поверхностей и выполнена их классификация. Согласно заданной годовой программы выпуска, выбран среднесерийный тип машиностроительного производства и обозначены его характеристики. Для производства заготовки проведено сравнение двух наиболее подходящих типов заготовок и выбрано литье. Далее проведены выбор методов обработки каждой поверхности, расчет припусков и расчет режимов резания.

Для базирования и закрепления заготовки на токарной операции 015 нами разработан токарный патрон. Зажим заготовки, в отличие от базового варианта техпроцесса, осуществляется при помощи механизированного привода. Применение пневмопривода снизило затрачиваемое время операции и принесло экономическую выгоду.

Для центрального отверстия на 025 операции изготовления шкива нами спроектирован сложнопрофильный режущий инструмент – протяжка. Этот инструмент является нестандартным, поэтому требует проектирования для изготовления детали с определенными параметрами.

В работе выполнен анализ экологичности и безопасности технического объекта, где проанализированы опасные и вредные производственные факторы и сделаны рекомендации по охране труда измененных операций.

В работе проведен экономический расчет внедряемых изменений базового технологического процесса. Этот расчет показал эффективность выполненной работы.

Список используемой литературы

1. Андреев В.И. Детали машин и основы конструирования. Курсовое проектирование : учебное пособие / В.И. Андреев, И.В. Павлова. – СПб. : Издательство «Лань», 2022. – 352 с.
2. Безъязычный В.Ф. Технологические процессы механической и физико-химической обработки в машиностроении: Учебное пособие / В.Ф. Безъязычный, В.Н. Крылов, Ю.К. Чарковский, Е.В. Шилков. – 4-е изд., стер. – СПб. : Издательство «Лань», 2022. – 432 с.
3. 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.
4. ГОСТ 1412-85. Чугун с пластинчатым графитом для отливок. – 5 с.
5. ГОСТ 51057-2001. Техника пожарная. Огнетушители переносные. Общие технические требования. Методы испытаний. – 45 с.
6. ГОСТ Р 53961-2010. Техника пожарная. Гидранты пожарные подземные. Общие технические требования. Методы испытаний. – 19 с.
7. ГОСТ Р 59972-2021. Системы вентиляции и кондиционирования воздуха общественных зданий. Технические требования. – 50 с.
8. Забирова Г.Р. Технология машиностроения: методическое пособие по выполнению практических работ / Г.Р. Забирова. – Ульяновск : УлГУ, 2022. – 272 с.
9. Козлов А.А. Разработка технологических процессов изготовления деталей машин : учеб.-метод. пособие по выполнению курсовых проектов по дисциплине «Основы технологии машиностроения» / А.А. Козлов, И.В. Кузьмич. – Тольятти : ТГУ, 2008. – 152 с.
10. Краско А.С. Проектирование станочных приспособлений в машиностроении: учебно-методическое пособие / А.С. Краско, Л.В. Ибаева,

К.А. Сухоруков. – М. : МИРЭА – Российский технологический университет, 2024. – 78 с.

11. Краснопевцева И.В. Экономика и управление машиностроительным производством: электрон. учеб.-метод. пособие / И.В. Краснопевцева, Н.В. Зубкова. – Тольятти. : ТГУ, 2014. – 183 с.

12. Кривошеин Д.А. Безопасность жизнедеятельности : учебное пособие для вузов / Д.А. Кривошеин, В.П. Дмитренко, Н.В. Горькова. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2023. – 340 с.

13. Люманов Э.М. Безопасность технологических процессов и оборудования : учебное пособие для вузов / Э.М. Люманов, Н.Г. Ниметулаева, М.Ф. Добролюбова, М.С. Джиляджи. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2025. – 224 с.

14. Марков В.В. Расчёт режимов резания. Курсовое и дипломное проектирование по технологии машиностроения : учебное пособие / В. В. Марков, А. В. Сметанников, П. И. Кискеев [и др.]. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2023. - 136 с.

15. Охрана труда : учебное пособие / сост. С.Н. Румянцев. – Караваево : Костромская ГСХА, 2024. – 228 с.

16. Промышленная безопасность машиностроительных производств : учебное пособие / С.К. Петров, Т.Н. Патрушева, В.П. Матвеев [и др.]; под ред. С.К. Петрова. – СПб. : Изд-во БГТУ «Военмех», 2022. – 297 с.

17. Режимы резания металлов: Справочник/ Ю.В.Барановский, Л.А.Брахман, А.И.Гадалевич и др. – М.: НИИТавтопром, 1995. – 456 с.

18. Резников Л.А. Проектирование сложнопрофильного режущего инструмента : учебное пособие / Л.А. Резников. — Вологда : Инфра-Инженерия, 2023. — 192 с.

19. Скворцов В.Ф. Основы технологии машиностроения : учебное пособие / В.Ф. Скворцов. – 2-е изд. – Москва : ИНФРА-М, 2025. – 30 с.

20. Солоненко В.Г. Резание металлов и режущие инструменты : учебное пособие / В.Г. Солоненко, А.А. Рыжкин. — Москва : ИНФРА-М, 2023. — 415 с.
21. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 1 / под ред. А.С. Васильева, А.А. Кутина. 7-е изд. испр. — М. : Инновационное машиностроение, 2023. — 756 с.
22. Тимирязев В.А. Основы технологии машиностроительного производства / В.А. Тимирязев, В.П. Вороненко, А.Г. Схиртладзе; под ред. В.А. Тимирязева. — СПб. : Издательство «Лань», 2022. — 448 с.
23. Токмин А.М. Выбор материалов и технологий в машиностроении : учебное пособие / А.М. Токмин, В.И. Темных, Л.А. Свечникова. — Москва : ИНФРА-М ; Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2020. — 235 с.
24. Тюняев А.В. Основы конструирования деталей машин. Литые детали: Учебно-методическое пособие. — 2-е изд., испр. и доп. — СПб. : Издательство «Лань», 2022. — 192 с.
25. Шишкин В.П. Основы проектирования станочных приспособлений: теория и задачи : учебное пособие / В.П. Шишкин, В.В. Закураев, А.Е. Беляев. — Москва : НИЯУ МИФИ, 2010. — 288 с.

Технологическая документация

Таблица А.1 – Технологическая документация

[illegible]

Продолжение таблицы А.1

[illegible]

Продолжение таблицы А.1

[illegible]

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 3.1118-82 Форма 1а

[illegible]