

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)

Проектирование технологических процессов
(направленность (профиль) / специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Технологический процесс изготовления вала

Обучающийся

А.Д. Михалёва

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. техн. наук, доцент Д.Г. Левашкин

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

Консультанты

канд. экон. наук, доцент Е.Г. Смышляева

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

канд. физ.-мат. наук, доцент Д.А. Романов

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

Тольятти 2023

Содержание

Введение.....	3
1 Определение задач работы на базе анализа исходных данных.....	4
1.1 Анализ функционального назначения детали и условий работы детали	4
1.2 Анализ технологических показателей детали.....	6
1.3 Систематизация поверхностей детали.....	7
1.4 Анализ технологичности конструкции детали.....	8
1.5 Задачи работы.....	12
2 Разработка технологии изготовления.....	15
2.1 Обоснование выбора типа производства.....	15
2.2 Обоснование выбора метода получения заготовки.....	17
2.3 Выбор методов обработки поверхностей.....	23
2.4 Определение припусков и проектирование заготовки.....	25
2.5 Разработка плана изготовления детали.....	30
2.6 Выбор средств технологического оснащения.....	32
2.7 Проектирование операций технологического процесса.....	35
3 Разработка специальной технологической оснастки.....	49
3.1 Разработка приспособления станочного.....	49
3.2 Разработка режущего инструмента.....	52
4 Безопасность и экологичность технического объекта.....	58
4.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристики рассматриваемого технического объекта.....	58
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	59
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	61
5 Экономическая эффективность работы.....	66
Заключение.....	71
Список используемых источников.....	72
Приложение А Технологическая документация.....	76
Приложение Б Спецификации к сборочным чертежам.....	88

Введение

Для достижения высокого качества и конкурентоспособности продукции, необходимо разрабатывать технологические процессы их изготовления, учитывая экологические и эргономические требования для обслуживания и эксплуатации. Для этого необходимо внедрять прогрессивные технические решения в области машиностроения, используя последние достижения в области механической обработки.

Сегодня особенно актуальным является применение технологии скоростной обработки заготовок, путем применения прогрессивного режущего инструмента. Современное оборудование с числовым программным управлением значительно повышает производительность, точность и качество изготавливаемых изделий, и способствует также снижению себестоимости и издержек процесса обработки. Это также приводит к уменьшению трудозатрат, благодаря автоматизации производства.

Кроме того, эффективность автоматизированного инновационного производства можно обеспечить путем применения обрабатывающих центров, которые позволяют осуществлять различные технологические переходы благодаря многообразному модульному инструментальному и технологическому оснащению. Это снижает вероятность травм и возможность производственного брака, связанного с человеческим фактором. Обеспечивает высокую повторяемость типоразмеров выпускаемых деталей.

Целью выпускной квалификационной работы является разработка технологического процесса изготовления вала ременного редуктора с заданной программой выпуска и обеспечением всех технических требований.

Для этого будет достигнуто путем применения современного высокоточного, многоцелевого и многоинструментального автоматизированного оборудования с ЧПУ, которое обеспечит высокую производительность, повторяемость, а также снижение отходов производства и минимизацию брака при изготовлении детали.

1 Анализ исходных данных

1.1 Анализ служебного назначения и условий работы детали

Функция передачи момента в механизме ременного редуктора (рисунок 1) выполняется деталью вал 5, которая служит для поддержки установленных соосно с ней втулок 8 для выдерживания действующих на них нагрузок, за исключением осевого изгибающего момента, для компенсации которого имеется сферическая опора 9. Таким образом, деталь не подвержена деформациям от действия момента кручения.

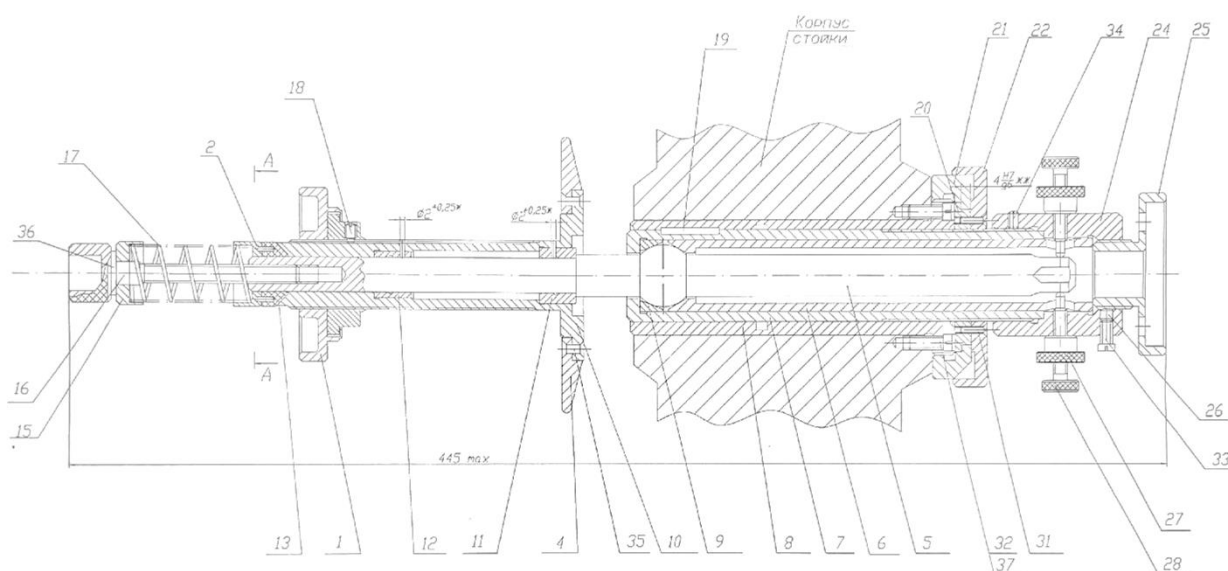


Рисунок 1 – Механизм ременного редуктора (компоновочный чертеж)

На стойке станка выполнено отверстие, которое больше диаметра вала. Чтобы закрепить вал на стойке, необходимо использовать несколько втулок, чтобы выполнить фиксацию вала в осевом направлении. На чертеже, рисунок 1 это изображено на правой стороне, позиции 24, 25.

Сборка узла ременного редуктора начинается с поворота втулки 8 и ее установки в отверстие 2. Затем в 8 устанавливается обойма 7, у которой справа есть резьба для гайки 21. Гайка наворачивается на резьбу обоймы 7. Для крепления всей конструкции используется винт 32 с шайбой 37. К гайке также

крепится кольцо 22, которое наворачивается на нее и снова закрепляется винтом 31. В обойму 7 вставляется вкладыш 9, а затем вал 5 и прижимная втулка 6. Для регулировки положения вала 5 на обойме 7 используется втулка резьбовая 24. Втулка резьбовая 24 закрепляется винтами 28. Регулировка вдоль оси осуществляется с помощью винтов 28. Такая регулировка нужна для достижения параллельности с приспособлением для фиксации плоского ремня относительно упора 18. После регулировки винты 28 затягиваются с усилием затяжки 200 Ньютон гайками 27. Окончательно сборка фиксируется усилием сборки 200 Ньютон при помощи гайки 25, которая фиксирует вал 5 на корпусе редуктора.

Таким образом, если разъединить связь между гайкой 25 и втулкой 24, то вал 5 сможет перемещаться вдоль оси, чтобы поддерживать перпендикулярность с приспособлением для компенсации усилия ремня, относительно диска 4, регулировка осевого перемещения вала осуществляется при помощи поворота резьбовой гайки 36.

Для достижения требуемого усилия ремня и регулировки его натяжения в конструкции ременного редуктора используются втулка 34, шайбы 36, установочные шайбы 35 и 15, винт 16. Они позволяют поджать пружину 17, которая оказывает силовое воздействие на тормозную втулку 13.

В результате этого тормозная втулка 13) прижимается к корпусу 10, что тормозит его вращение за счет возникающих усилий трения, эквивалентных усилиям затяжки и увеличивает натяжение ремня при передаче крутящего момента к ведомому валу. Если пружина 17 ослабевает, осуществляется обратное действие, и натяжение уменьшается. Так осуществляется редуцирование внутренних и внешних силовых факторов в конструкции ременного редуктора путем механизированного регулирования усилия его натяжения, с учетом внешних силовых факторов.

Механизм редуктора установлен на подшипниках качения, которые выполнены в виде бронзовых втулок 11 и 12.

1.2 Анализ технологических показателей детали

Вал представляет собой деталь, выполненную из конструкционной легированной стали 30ХГСА ГОСТ 4543-71. В таблице 1 приведены физические свойства этой стали в зависимости от температуры испытания [13].

Таблица 1 – Свойства материала

Температура испытания, °С	20	100	200	300	400	500	600	700	800	900
модуль нормальной упругости, Е, ГПа	215	211	203	196	184	173	164	143	125	-
плотность, ρ , кг/см ³	7850	7830	7800	7760	7730	7700	7670	-	-	-
коэффициент теплопроводности Вт/(м · °С)	38	38	37	37	36	34	33	31	30	-
электросопротивление (ρ , Н м)	210	-	-	-	-	-	-	-	-	-
температура испытания, °С	20 - 100	20 - 100	20 - 100	20 - 100	20 - 100	20 - 100	20 - 100	20 - 100	20 - 100	20 - 100
удельная теплоемкость (с, Дж/(кг·°С))	496	504	512	533	554	584	622	693	-	-

Химический состав выбранного материала приведен в таблице 2 [2].

Таблица 2 – Химический состав

Элемент	C	S	P	Cr	Ni	Mn	Cu	Si	Fe
Содержание, %	0,28-0,34	< 0,025	< 0,025	0,800-1,100	< 0,300	0,800-1,100	< 0,350	0,900-1,200	~96,000

Исходя из химического состава стали можно заключить, что она обладает высокой прочностью и твердостью, а также хорошей стойкостью к износу. По содержанию углерода она может быть подвергнута термической обработке для достижения заданных свойств, таких как повышение твердости или улучшение стойкости к коррозии.

1.3 Систематизация поверхностей детали

Деталь является комплексной и составлена из четырех категорий поверхностей основные конструкторские базы, вспомогательные конструкторские базы, исполнительные поверхности и свободные поверхности. На эскизе (рисунок 2) нумеруем и упорядочиваем поверхности детали в соответствии с их назначением. Результат систематизации сводим в таблицу 3.

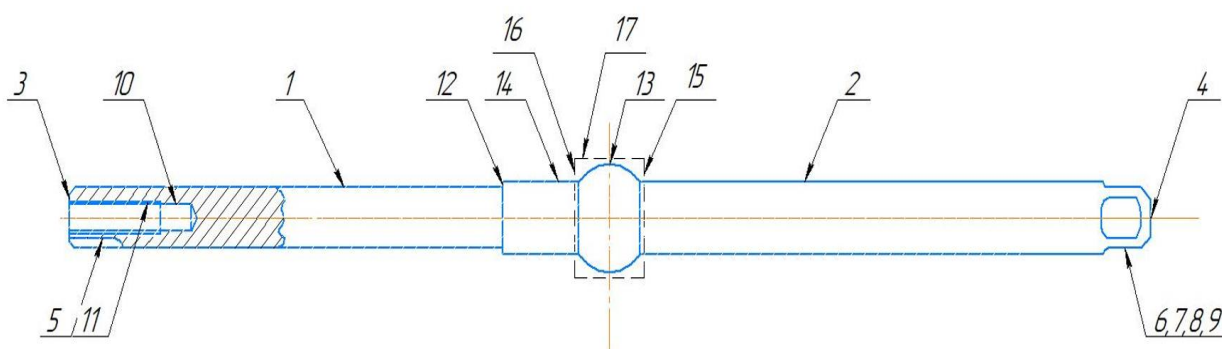


Рисунок 2 – Эскиз детали с нумерацией поверхностей

Таблица 3 – Систематизация поверхностей

Тип поверхности	Номер поверхности
Основная конструкторская база (ОКБ)	1,2,3,4
Вспомогательная конструкторская база (ВКБ)	5,6,7,8,9,10
Исполнительная поверхность (ИП)	11,12,13
Свободная поверхность (СП)	14,15,16,17

Ведущая функция вала ременного редуктора заключается в поддержке установленных на нем деталей и принятии нагрузок, действующих на них. Вал имеет исполнительные поверхности в виде опорных торцов цилиндрических поверхностей.

Основными базами являются цилиндрические поверхности, перпендикулярные одним исполнительным поверхностям и соосные другим исполнительным поверхностям.

Согласно этого определены вспомогательные конструкторские базы и формы свободных поверхностей. Свободные поверхности не имеют особенностей. следовательно и к ним назначают технические требования согласно ГОСТ 4543-71.

1.4 Анализ технологичности конструкции детали

Деталь «Вал» изготавливается из легированной стали 30ХГСА ГОСТ 4543-71 с использованием стальных прутков диаметром 30 мм в качестве заготовки. Конфигурация внешней поверхности не представляет трудностей при изготовлении, а также деталь имеет удобное расположение баз и легкодоступные поверхности для установки, в том числе на станках с ЧПУ. Таким образом, ее можно считать технологичной.

Для изучения на рабочем чертеже представлена информация о конструкции детали, протяженность размеров, их отклонений по точности и шероховатости поверхностей. Масса детали 1 кг.

Расположение баз и перпендикулярность плоскости входа (выхода) инструмента при обработке также обеспечивают свободный доступ.

В результате анализа можно сделать вывод о технологичности конструкции детали «Вал».

Выполним количественный анализ на технологичность детали согласно методике источника [1]. «Определим коэффициент точности обработки, по формулам (1) и (2):

$$K_{Тч} = \left(1 - \frac{1}{A_{сп}}\right), \quad (1)$$

$$A_{cp} = \frac{\sum A_{ki} \times n_i}{\sum n_i}, \quad (2)$$

где A_{cp} – средний квалитет точности обработки;

A – квалитет точности обработки;

n – число размеров соответствующего квалитета» [1].

«Коэффициент шероховатости обработки детали определим по формулам (3) и (4):

$$K_{ш} = \frac{1}{B_{cp}}, \quad (3)$$

$$B_{cp} = \frac{\sum B_{кш} \times n_{iш}}{\sum n_{iш}}, \quad (4)$$

где B_{cp} – средняя величина коэффициента приведения;

$B_{кш}$ – класс шероховатости;

n – число размеров с равным параметром шероховатости» [1].

Далее согласно методике источника [1] определяем «коэффициент сложности конструкции детали, по формуле (5):

$$K_{сл} = 0,25(K_k + K_r + K_v + K_c), \quad (5)$$

где $K_k + K_r + K_v + K_c$ – коэффициенты, определяемые по формуле (6)

как:

$$K_i = 1 - A_i \quad (6)$$

где A_i – поправки, численные значения которых определяем согласно табличных данных источника» [1].

«Затем определяется коэффициент унификации элементов детали, по формуле (7):

$$K_{y.э} = \left(\frac{Q_{y.э}}{Q_э} \right) - 0,1n, \quad (7)$$

где $Q_{y.э}$ – количество унифицированных элементов;

$Q_э$ – общее количество конструктивных элементов;

n – количество нетехнологичных элементов детали» [1].

Подставив значения в выражения (1-7) получаем следующие результаты.

$$A_{ср} = \frac{11 \cdot 11 + 7 \cdot 2}{17} = 7,9$$

$$K_{тч} = 1 - \frac{1}{7,9} = 0,87$$

Согласно рекомендациям [1] если значение $K_{тч}$ не превышает 0,8, то деталь считается технологичной для получения ее посредством обработки цельной заготовки с применением технологий обработки металлов резанием.

$$B_{ср} = \frac{1,6 \cdot 2 + 3,2 \cdot 5 + 6,3 \cdot 6}{17} = 3,3$$

$$K_{ш} = \frac{1}{3,3} = 0,3$$

$$K_{сл} = 0,075$$

$$K_{y.э} = 0,95$$

«Деталь технологична, если значение коэффициента находится в интервале от 0,16 до 0,32» [2].

«Определяем коэффициент использования материала, по формуле (8)

$$K_{им} = \frac{M_d}{M_з}, \quad (8)$$

где M_d – масса детали;

$M_з$ – масса заготовки» [1].

Вал деталь вращения согласно данным источника [2] допустимым является средний показатель коэффициента $K_{им}$ 0,78...0,38, следовательно деталь вал является технологичной.

Технологичность валов относится к их способности эффективно выполнять заданные функции с использованием современных технологических методов и средств. Она характеризует, насколько хорошо вал соответствует требованиям современной промышленности и продвинутой техники.

Одним из главных аспектов технологичности валов является их точность изготовления. Вал должен быть изготовлен с высокой степенью точности, чтобы обеспечить требуемую функциональность и гарантировать стабильную работу механизма. Это достигается с помощью применения современных методов обработки, таких как точение, фрезерование, шлифование и другие.

Кроме того, технологичность валов связана с размерами и геометрией вала. По мере развития технологий и появления новых решений, возможности улучшения производительности и эффективности механизмов становятся все больше. Это включает уменьшение размеров вала при сохранении или даже улучшении его функциональности.

В целом, анализ значений показателей технологичности детали вал позволяет сделать вывод о том, что расположение поверхностей и их протяженность является достаточной. Таким образом, можно сделать вывод, что конструкция детали является технологичной.

1.5 Формулировка задач работы

После проведения анализа исходных данных, необходимо выполнить ряд задач для разработки и проектирования технологического процесса.

Это определение типа производства и выбор стратегии разработки технологического процесса. Это важный шаг, поскольку каждый тип производства требует своего подхода к разработке техпроцесса. Необходимо выбрать оптимальный технологический маршрут исходя из программы производства детали и требуемых показателей качества.

Выбор оптимального метода получения заготовки и маршрутов обработки поверхностей. На этом этапе определяются наиболее эффективные методы получения заготовки и обработки поверхностей. Учитываются различные факторы, такие как материал заготовки, требования к качеству обработки и эффективность технологического процесса.

Разработка технологического маршрута и схем базирования заготовки. На этом этапе определяются последовательность и способы выполнения операций обработки, а также размещение заготовки на рабочей поверхности оборудования. Это позволяет оптимизировать процесс с точки зрения обеспечения его безопасности и экологичности в условиях производства, сократить время на выполнение операций.

Выбор оборудования, приспособлений, режущего инструмента и средств контроля. В зависимости от требований и свойств заготовки, выбирается подходящее оборудование, приспособления, режущий инструмент и средства контроля. Это важно для обеспечения качественной и эффективной обработки заготовки.

Расчет припусков на обработку и проектирование заготовки. На этом этапе определяются необходимые припуски на обработку, чтобы достичь требуемой геометрической формы и размеров заготовки. Также проектируется сама заготовка с учетом требований и возможностей производства.

Определение содержания операций, расчет режимов резания и времени на обработку. Этот этап включает определение лимитирующих операций, необходимых для обработки заготовки, расчет оптимальных режимов резания и определение времени, необходимого для выполнения каждой операции.

Совершенствование лимитирующих операций является важным аспектом повышения эффективности и производительности. Необходимо провести анализ текущих операций и процессов, определить их лимитирующие факторы и причины их возникновения. После идентификации лимитирующих факторов необходимо разработать мероприятия для устранения или сокращения их влияния на обработку детали. Это может

включать внедрение новых технологий, лучшую организацию процессов работы, обучение и развитие персонала, повышение квалификации или реорганизацию структуры работы.

В этой связи в данной работе будем выполнять внедрение специального программного обеспечения и использование автоматических систем и высокоскоростной обработки, что поможет повысить производительность операции, сократить время выполнения переходов и повысить точность.

В настоящее время высокоскоростная обработка осуществляется на оборудовании с ЧПУ, используя высокоточные методы получения заготовки и режущие инструменты, имеющие более прогрессивную конструкцию и материал режущей части.

Числовое программное управление на современном оборудовании обеспечивает высокую производительность, точность и качество изделий, а также снижает затраты на процесс обработки. В этой связи проектирование конструкции приспособлений с автоматизацией зажима и разжима заготовки имеет решающее значение, так как позволит сократить потери времени на выполнение технологических операций.

В этой связи, на последнем этапе выполняется технико-экономическая оценка проектируемого варианта технологического процесса.

В целом, задачи направлены на разработку эффективного технологического процесса, который позволит достичь требуемого качества и производительности производства детали вал.

2 Разработка технологии изготовления

2.1 Обоснование выбора типа производства

Согласно предоставленной информации, годовой объем производства детали «Вал» составляет 4000 штук. Масса данной детали равняется 0,66 килограмма, ее поверхность имеет среднюю сложность геометрии, а процесс производства обладает средней трудоемкостью. В целом, тип производства данной детали можно охарактеризовать как среднесерийный. [8].

Согласно методике источника [8] определим параметры серийности производственного процесса выпуска детали вал. Рассчитать величину «годовой программы запуска можно используя выражение (9):

$$N_3 = N_B \cdot k_1 \cdot k_2,$$

где N_3 – заданное количество деталей;

N_B – количество выпускаемых деталей;

k_1 - коэффициент, характеризующий технологический брак (4...5% от годовой программы выпуска);

k_2 - коэффициент незавершенного производства (2...3% от годовой программы выпуска)» [8].

«Далее определяем величину расчетного такта производства используя выражение (10):

$$\tau_p = \frac{F_a \cdot 60}{N_3},$$

где τ_p - расчетный такт производства;

F_a - расчетный фонд работы в часах при двухсменном режиме работы ($F_a = 4015$ ч.);

N_3 – заданное количество деталей» [8].

«Соответственно, действительная величина такта выпуска будет определена по формуле (11):

$$\tau_a = \tau_p \cdot \eta_3,$$

где τ_a - действительный такт производства;

τ_p - расчетный такт производства;

η_3 - коэффициент загрузки оборудования» [8] ($\eta_3 = 0,75 \dots 0,85$)

Подставим исходные значения параметров в выражения (9-11) и получим следующие результаты.

$$N_3 = 4000 \cdot 1,05 \cdot 1,03 = 4326 \text{ шт.},$$

$$\tau_p = \frac{4015 \cdot 60}{4326} = 55,68 \text{ мин/шт.},$$

$$\tau_a = 55,68 \cdot 0,8 = 44,55 \text{ мин/шт.},$$

Согласно методике источника [8] выполним проверку выбранного в начале раздела типа производства. Для среднесерийного типа производства определяем, что для массы детали 0,66 кг, при годовом объеме выпуска изделия 4326 штук действительный такт производства равен 44,55 мин/шт., что соответствует среднесерийному типу производства. Следовательно, этот тип производства в данном разделе был выбран верно.

Далее определяем характеристики производственного процесса, которые необходимо определить при проектировании технологических процессов для деталей типа вал.

В среднесерийном производстве изготовление валов выполняется по партиям и отдельным сериям, которые регулярно повторяются через определенный промежуток времени, в нашем случае это действительный такт производства равен 44,55 мин/шт.

Характерно частое использование высокопроизводительного оборудования с ЧПУ, специализированного и даже специального оборудования с ЧПУ.

На проектном этапе предусмотрена подробная разработка технологических процессов валов. Для этого необходимая квалификация основных рабочих в серийном производстве обычно ниже, чем в единичном производстве, хотя при работе на станках с ЧПУ она остается высокой.

Эти и ряд других характеристик серийного производства используем в последующих разделах в качестве исходных данных при оценке технико-экономических параметров процесса изготовления вала и оценке безопасности и экологичности операций его изготовления.

2.2 Обоснование выбора метода получения заготовки

В качестве исходных данных используем характеристики выбранного материала для вала (сталь 30ХГСА ГОСТ 4543-2016) с точки зрения его физико-механических свойств, а также учитывая объемы и геометрию тела вала.

Согласно рекомендациям можно рассмотреть в качестве сравниваемых методов выбрать метод получения заготовки в виде объемной штамповки и метод получения заготовки из сортового проката. [8, 11].

В случае заготовки из проката для изготовления детали "Вал" используется пруток из легированной стали 30ХГСА диаметром 30 мм, который имеет круглое поперечное сечение без полого пространства. Характеристики данного прутка определяем согласно ГОСТ 2590-88.

Для получения заготовки вала методом объемной штамповки необходимо учитывать условия высокого давления. При этом металл подвергается последовательным деформациям, заполняя полость штампа без нарушения его целостности. Заготовка принимает форму полости штампа и достигает заданных размеров.

На этой операции применяется горячая объемная штамповка на кривошипных горячештамповочных прессах и используются специальные обрезающие и пробивные штампы, а также кривошипные прессы.

Для определения допустимых отклонений, допусков и уклонов при изготовлении заготовки используется стандарт ГОСТ 7505-89. С учетом рекомендаций [6] определим значения габаритных размеров заготовки и выполним расчет основных допусков на размеры поверхностей детали. Величина допусков и допустимых отклонений зависит «от массы детали, группы стали, уровня сложности и требуемого класса точности заготовки-штамповки» [6].

«Далее по данным таблицы 2, определяем что сталь 30ХГСА 6 относится к группе М1 – содержит свыше 0,35 до 0,65 процента углерода.

Затем определяем степень сложности детали, используя формулы (12), (13):

$$C = \frac{m_{\text{дет}}}{m_{\text{ф}}} \quad (12)$$

где C – степень сложности

$m_{\text{дет}}$ – масса детали, кг

$m_{\text{ф}}$ – масса фигуры, описанной вокруг данного размера детали, кг» [6].

«Массу фигуры определяем следующим образом:

$$m_{\text{ф}} = \frac{\pi \times d_{\text{max}}^2}{4} \times L_{\text{max}} \times \frac{\gamma}{1000} \quad (\text{кг}) \quad (13)$$

где $m_{\text{ф}}$ – масса цилиндра (фигуры), описанного вокруг детали по максимальным размерам диаметра и длины;

d_{max} – максимальный диаметр детали;

L_{max} – максимальная длина детали;

γ - удельный вес (плотность) материала заготовки, г/см³» [6].

«Выполним расчеты для углеродистых сталей по значениям удельного γ для легированных сталей $\gamma = 7,83 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$ » [6], используя данные чертежа детали.

$$m_{\phi} = \frac{3,14 \times 2,7^2}{4} \times 35,5 \times \frac{7,83}{1000} = 1,590$$

$$C = \frac{0,66}{1,59} = 0,415$$

Согласно рекомендациям [7] если выполняется неравенство $C = 0,415 > 0,32$, то «степень сложности поковки соответствует классу C2» [6].

«Определим класс точности штамповки, который относится к процессу получения заготовки на кривошипном горячештамповочном прессе в закрытом штампе: T2» [6].

«Согласно рекомендациям на основании полученных данных определим характеристики исходного индекса заготовки вала равным 5, при массе заготовки до 1 кг, группе стали M1, степени сложности заготовки C2, и классе точности выполнения ее размеров T2» [7].

«На основании этих данных припуски на механическую обработку поволоков применяются в соответствии с её исходным индексом» [7]. Результаты назначения припусков и допусков на предельные размеры заготовки вала представлены в таблице 4.

«Далее назначаем радиусы закругления наружных углов - 1,6 мм и 2,0 мм. Штамповочные уклоны не должны превышать 5 мм для наружных поверхностей и 7 мм для внутренней поверхности» [8].

Штамповочные уклоны заготовки в машиностроении являются важным элементом процесса штамповки, который используется для преобразования листового металла или других материалов в нужную форму. Уклоны заготовки позволяют изменять геометрию заготовки и достичь требуемых характеристик и размеров изделия. Одним из ключевых преимуществ использования штамповочных уклонов является возможность получения деталей с высокой точностью размеров и формы. Уклоны заготовки позволяют исправить деформации материала, возникающие во время процесса штамповки, и

обеспечить равномерное распределение напряжений для устранения различных дефектов.

Таблица 4 – Припуски и допуски

Размер детали, мм	z (на сторону), мм	Смещение по поверхности разъема штампов, мм	Изогнутость и отклонения от плоскостности и прямолинейности	Отклонения межосевого расстояния	Размер заготовки, мм	Допуск, мм
167	1,1	0,1	0,2	0,2	170,2	+0,7; -0,3
142	1,0	0,1	0,2	0,2	145,0	+0,6; -0,3
∅ 27	0,9	0,1	0,2	0,2	29,8	+0,5; -0,2
25	0,9	0,1	0,2	0,2	27,8	+0,5; -0,2
∅ 18	0,8	0,1	0,2	0,2	20,6	+0,5; -0,2
∅ 18	0,8	0,1	0,2	0,2	20,6	+0,5; -0,2
∅ 15	0,8	0,1	0,2	0,2	17,6	+0,5; -0,2

Согласно рекомендациям [10] в качестве оборудования способного обеспечить получение заготовки вала с параметрами определенными в данном разделе можно принять автоматизированные прессы с выталкивателями, и механизированные горизонтально-ковочные машины с автоматической подачей металла в рабочую зону.

Заготовка имеет размеры 29,8 мм в диаметре и 365,6 мм по длине. «Размеры выбранной заготовки максимально близки к размерам готовой детали, что влияет на технологическую себестоимость. При выборе заготовок учитываются показатели, аналогичные выбору процессов механической обработки, в том числе коэффициент использования материала заготовки» [7].

Выполним сравнение значение коэффициента использования материала заготовки для двух методов. Для заготовки из проката:

$$Ким_1 = 0,30$$

Для заготовки-штамповки:

$$Ким_2 = 0,69$$

Расходы на материал для заготовки детали определяются на основе сравнения стоимости получения заготовки из проката, необходимого для производства этой детали, по формуле (14):

$$C_{заг1} = C_{пр} \times h_{ф} \quad (14)$$

где $C_{заг}$ - затраты на заготовку, руб.;

$C_{пр}$ - цена одного кг материала заготовки, руб.;

$h_{ф}$ - коэффициент, учитывающий форму заказа металлопроката.

Подставим значения исходных данных для коэффициента $h_{ф}$ заготовки проката длиной 1 м.

$$C_{заг} = 47,75 \times 1,06 = 50,62 \text{ руб./кг}$$

Полученная стоимость «1 килограмма прутков из легированной стали 30ХГСА с диаметром 30 миллиметров, имеющих круглое поперечное сечение без полого пространства составила 50,62 руб./кг» [7].

«Далее определим стоимость горячештамповочных заготовок по формуле (15):

$$C_{заг2} = C_{шт} \times h_m \times h_c \times h_n \times h_e, \quad (15)$$

где $C_{заг}$ - стоимость одного кг заготовки, руб./кг;

$C_{шт}$ - базовая стоимость одного кг штампованных заготовок, руб.;

h_m, h_c, h_e, h_m, h_n - коэффициенты, зависящие от класса точности, массы, группы сложности, марки материала и объема производства заготовок» [7].

«Затраты на механическую обработку, отнесенные на один кг стружки, могут быть определены по формуле (16)» [15]:

$$\langle C_{\text{мех}} = C_c + E_n \times C_k, \quad (16)$$

где $C_{\text{мех}}$ – стоимость механической обработки, отнесенная к 1кг снимаемой стружки;

C_c – текущие затраты на один кг стружки, руб./кг;

E_n – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений ($E_n=0,1\dots0,2$)

C_k – капитальные затраты на один кг. стружки, руб./кг» [21].

«Если известна масса заготовки и масса детали, на этапе проектирования технологических процессов можно определить оптимальный вариант заготовки, сравнивая технологическую себестоимость изготовления детали, по формуле (17)» [15]:

$$\langle C_{m1} = C_{\text{заг1}} \times Q + C_{\text{мех}} \times (Q - q) - C_{\text{отх}} \times (Q - q), \quad (17)$$

где C_m - технологическая себестоимость изготовления детали, руб.;

$C_{\text{заг}}$ - стоимость одного кг заготовки, руб./кг;

Q – масса заготовки детали;

$C_{\text{мех}}$ - стоимость механической обработки, отнесенная к одному кг срезаемой стружки, руб./кг;

q – масса детали;

$C_{\text{отх}}$ - цена одного кг отходов, руб./кг» [15].

«Если использовать в (17) выражение (8) для расчета коэффициента использования материала $K_{\text{им}}$, то мы получим формулу для расчета технологической себестоимости» [15] метода получения детали оценивая точность геометрии заготовки относительно контура исходной детали, выражение (18):

$$\langle C_{m2} = \frac{q}{K_{им2}} \times (C_{заг2} + (C_{мех} - C_{отх}) \times (1 - K_{им2})), \quad (18)$$

где C_m – технологическая себестоимость изготовления детали, руб.;

$C_{заг}$ – стоимость одного кг заготовки, руб./кг;

$C_{мех}$ – стоимость механической обработки, отнесенная к одному кг срезаемой стружки, руб./кг;

$C_{отх}$ – цена одного кг отходов, руб./кг;

$K_{им}$ – коэффициент использования материала» [15].

Подставив исходные данные в выражения (15-18) выполним расчеты параметров себестоимости для сравниваемых методов получения заготовки вала.

$$C_{заг} = 47,75 \times 0,9 \times 1,18 \times 0,87 \times 1,0 \times 1,29 = 56,91 \text{ руб./шт.}$$

$$C_{мех} = 3,56 + 0,15 \times 10,35 = 5,11 \text{ руб./шт.}$$

$$C_{m1} = 50,62 \times 2,16 + 5,11 \times (2,16 - 0,66) - 18,5 \times (2,16 - 0,66) = \\ = 109,34 + 7,66 - 27,75 = 89,25 \text{ руб./шт.}$$

$$C_{m2} = \frac{0,66}{0,69} \times (56,91 + (5,11 - 18,5) \times (1 - 0,69)) = 0,96 \times 13,49 = 12,95$$

«Экономический эффект при сопоставлении различных способов получения заготовок может быть рассчитан по формуле (19)» [15]:

$$\langle \mathcal{E} = (C_{т1} - C_{т2}) \times N, \quad (19)$$

где C_{m1} , C_{m2} – техническая себестоимость изготовления детали из сопоставляемых заготовок, руб.

N – годовая программа, шт» [15].

Выполнив расчет различных вариантов, мы приходим к выводу о выборе наиболее подходящего варианта для последующей разработки, выполнив расчет:

$$\mathcal{E} = (89,25 \text{ руб./шт.} - 12,95 \text{ руб./шт.}) \times 4326 \text{ шт.} = 330073,80 \text{ руб.}$$

Таким образом, оптимальным решением будет использование горячештамповочного прессы с кривошипным механизмом для изготовления.

Все основные параметры заготовки, а также сама спроектированная заготовка представлены в виде чертежа в графической части работы.

2.3 Выбор методов обработки поверхностей

«Выбор методов обработки поверхностей» [20] играет важную роль в процессе производства изделий машиностроения. Существует множество различных методов, которые могут быть использованы в зависимости от требований и характеристик поверхности [20], [21].

Согласно рекомендациям источника [15] в качестве основных методов обработки детали вал будем рассматривать «точение черновое, точение получистовое, точение чистовое, точение тонкое, фрезерование чистовое, фрезерование получистовое, шлифование предварительное, шлифование чистовое, шлифование тонкое» [21], сверление отверстий, нарезание резьбы.

Маршрут обработки вала был составлен на основе анализа следующих факторов: точности «технологических методов обработки, конфигурации заготовки, вида исходной заготовки» [21], требований к точности, а также свойств поверхности детали, связанных с ее физико-механическими характеристиками. Типовой маршрут обработки вала включает несколько этапов, начиная от предварительной подготовки до окончательной обработки поверхностей. Этот процесс является важным для получения качественного поверхностного слоя исполнительных поверхностей вала. Результат представлен в таблице 5.

Таблица 5 – Маршрут обработки поверхностей

Номер поверхности	Вид поверхности	Шероховатость, мкм	Технологические переходы (IT)
1	наружный цилиндр $l=142^{-0,04}$ мм $\varnothing 15^{-0,018}$ мм $R_a = 1,6$ мкм	1,6	точение (h12) точение получистовое (h11) точение чистовое (h10) точение тонкое (h9) термообработка (h10) шлифование получистовое(h9) шлифование чистовое(h8)
2	наружный цилиндр $l=167^{-0,25}$ мм $\varnothing 18^{-0,11}$ мм $R_a = 6,3$ мкм	6,3	точение (h12) точение получистовое (h11) точение чистовое (h10) точение тонкое (h9) термообработка (h10)
3	торец $\varnothing 15^{-0,043}$ мм $R_a = 6,3$ мкм	6,3	точение (h12) точение получистовое (h11) точение чистовое (h10) точение тонкое (h9) термообработка (h10)
4	торец $\varnothing 18^{-0,11}$ мм $R_a = 6,3$ мкм	6,3	точение (h12) точение получистовое (h11) точение чистовое (h10) точение тонкое (h9) термообработка (h10)
5	канавка $l=15^{-0,11}$ мм $b = 3,5^{-0,075}$ мм $d = 8,5^{-0,09}$ мм $R_a = 3,2$ мкм	3,2	фрезерование черновое (h11) фрезерование получистовое (h9) термообработка (h10)
6-9	лыска $h = 14^{-0,11}$ мм $d = 15^{-0,11}$ мм $n = 15^{-0,11}$ мм $R_a = 3,2$ мкм	3,2	фрезерование черновое (h11) фрезерование получистовое (h9) термообработка (h10)
10	центровое отверстие $\varnothing 6,7^{+0,22}$ мм $R_a = 12,5$ мкм	7H	сверление (h11) термообработка (h11)
11	резьба метрическая M8 $R_a = 12,5$ мкм	8M	резьбонарезание (h11) термообработка (h11)

Продолжение таблицы 5

Номер поверхности	Вид поверхности	Шероховатость, мкм	Технологические переходы (IT)
12	торец $\varnothing 18^{-0,11}$ мм $R_a = 6,3$ мкм	6,3	точение (h12) точение получистовое (h11) точение чистовое (h10) точение тонкое (h9) термообработка (h10)
13	фасонная наружная $\varnothing 27^{-0,021}$ мм $l=20^{-0,021}$ мм $R_a = 1,6$ мкм	1,6	точение тонкое (h9) термообработка (h10) шлифование получистовое (h9) шлифование чистовое (h8) шлифование тонкое (h7)
14	наружный цилиндр $l=25^{-0,135}$ мм $\varnothing 18^{-0,11}$ мм $R_a = 6,3$ мкм	6,3	точение (h12) точение получистовое (h11) точение чистовое (h10) точение тонкое (h9) термообработка (h10)
15	торец $\varnothing 27,8^{-0,135}$ мм $R_a = 6,3$ мкм	6,3	точение (h12) точение получистовое (h11) точение чистовое (h10) точение тонкое (h9) термообработка (h10)
16	наружный цилиндр $\varnothing 27,8^{-0,135}$ мм $R_a = 6,3$ мкм	6,3	точение (h12) точение получистовое (h11) точение чистовое (h10) точение тонкое (h9) термообработка (h10)

Каждый из методов механической обработки имеет свои особенности и применяется в зависимости от требований по точности и шероховатости обрабатываемой поверхности. Выбор методов обработки поверхностей должен учитывать требования качества, эстетические предпочтения и специфику материалов, используемых при обработке.

2.4 Определение припусков и проектирование заготовки

«Расчетно-аналитический метод определения припусков позволяет учесть специфические условия выполнения технологического процесса» [8].

«В соответствии с заданием выполним расчет припусков для наиболее точной поверхности с использованием расчетно-аналитического метода, а для остальных поверхностей с применением табличного метода» [10], [14]. Для проведения расчета выберем поверхность 1 - диаметром $15h7^{(-0,018)}$ мм (рисунок 2).

На первом этапе выполним расчет «минимального значения припуска, по формуле (20)» [14]:

$$\langle Z_{min}^i = a^{i-1} + \sqrt{(\Delta^{i-1})^2 + (\varepsilon^i)^2}, \quad (20)$$

где i – индекс данного перехода;

$i-1$ – индекс предыдущего перехода;

$i+1$ – индекс последующего перехода

$a = Rz + h$ – сумма высоты неровностей профиля поверхности и глубины дефектного слоя, получающегося в результате применения метода, мм. [11];

Δ – суммарное отклонение формы и расположения поверхностей достижимые данным методом, мм» [15];

« ε - погрешность установки заготовки в приспособлении.

Подставив исходные значения параметров получим значения.

$$Z_{1min} = a_0 + \sqrt{\Delta_0^2 + \varepsilon_0^2} = 0,3 + \sqrt{0,720^2 + 0,025^2} = 1,020 \text{ мм}$$

$$Z_{2min} = a_1 + \sqrt{\Delta_1^2 + \varepsilon_2^2} = 0,18 + \sqrt{0,235^2 + 0,025^2} = 0,416 \text{ мм}$$

$$Z_{3min} = a_2 + \sqrt{\Delta_2^2 + \varepsilon_3^2} = 0,13 + \sqrt{0,074^2 + 0,025^2} = 0,208 \text{ мм}$$

$$Z_{4min} = a_3 + \sqrt{\Delta_3^2 + \varepsilon_4^2} = 0,07 + \sqrt{0,021^2 + 0,025^2} = 0,094 \text{ мм}$$

$$Z_{5min} = a_{m0} + \sqrt{\Delta_{T0}^2 + \varepsilon_5^2} = 0,25 + \sqrt{0,03^2 + 0,012^2} = 0,282 \text{ мм}$$

$$Z_{6min} = a_4 + \sqrt{\Delta_4^2 + \varepsilon_6^2} = 0,04 + \sqrt{0^2 + 0,012^2} = 0,047 \text{ мм}$$

$$Z_{7min} = a_6 + \sqrt{\Delta_6^2 + \varepsilon_7^2} = 0,05 + \sqrt{0,028^2 + 0,012^2} = 0,081 \text{ мм}$$

$$Z_{8min} = a_7 + \sqrt{\Delta_7^2 + \varepsilon_8^2} = 0,02 + \sqrt{0,011^2 + 0,012^2} = 0,037 \text{ мм} \rangle [14]$$

Далее выполним «расчет максимального значение припуска, используя выражение (21)» [14]:

$$\langle Z_{i \max} = Z_{i \min} + 0,5Td_{i-1} + Td_i \quad (21)$$

Подставив исходные значения параметров получим значения.

$$Z_{1 \max} = Z_{1 \min} + 0,5Td_0 + Td_1 = 1,020 + 0,5 \times 0,430 + 0,180 = 1,415 \text{ мм}$$

$$Z_{2 \max} = Z_{2 \min} + 0,5Td_1 + Td_2 = 0,416 + 0,5 \times 0,180 + 0,110 = 0,616 \text{ мм}$$

$$Z_{3 \max} = Z_{3 \min} + 0,5Td_2 + Td_3 = 0,208 + 0,5 \times 0,110 + 0,070 = 0,333 \text{ мм}$$

$$Z_{4 \max} = Z_{4 \min} + 0,5Td_3 + Td_4 = 0,094 + 0,5 \times 0,070 + 0,043 = 0,172 \text{ мм}$$

$$Z_{5 \max} = Z_{5 \min} + 0,5Td_{mo} + Td_5 = 0,282 + 0,5 \times 0,043 + 0,070 = 0,374 \text{ мм}$$

$$Z_{6 \max} = Z_{6 \min} + 0,5Td_5 + Td_6 = 0,047 + 0,5 \times 0,070 + 0,043 = 0,125 \text{ мм}$$

$$Z_{7 \max} = Z_{7 \min} + 0,5Td_6 + Td_7 = 0,081 + 0,5 \times 0,043 + 0,027 = 0,129 \text{ мм}$$

$$Z_{8 \max} = Z_{8 \min} + 0,5Td_7 + Td_8 = 0,037 + 0,5 \times 0,027 + 0,018 = 0,068 \text{ мм} \rangle$$

[15]

«Предельные размеры для каждого перехода, по формулам (23), (24):

$$d_{(i-1)\min} = d_{i \max} + 2 \times Z_{i \min} , \quad (23)$$

$$d_{(i-1)\max} = d_{(i-1)\min} + Td_{i-1} . \quad (24)$$

Согласно данным источника [15], расчет диаметральных значений размеров следует начинать с конечного перехода. В маршруте присутствует термообработка, поэтому следует увеличить все размеры на 0,1% (25):

$$d_{(mo-1)\min} = d_{(i-1)\min} \times 0,999 \quad (25)$$

Подставив исходные значения параметров получим значения.

$$d_{8 \max} = 15,000 \text{ мм}$$

$$d_{8 \min} = 14,982 \text{ мм}$$

$$\llcorner d_{7 \min} = d_{8 \max} + 2 \times Z_{8 \min} = 15,073 \text{ мм}$$

$$d_{7 \max} = d_{7 \min} + Td_8 = 15,091 \text{ мм}$$

$$d_{6 \min} = d_{7 \max} + 2 \times Z_{7 \min} = 15,252 \text{ мм}$$

$$d_{6 \max} = d_{6 \min} + Td_7 = 15,279 \text{ мм}$$

$$d_{6 \text{ mo } \min} = d_{6 \max} + 2 \times Z_{6 \min} = 15,373 \text{ мм}$$

$$d_{6 \text{ mo } \max} = d_{6 \text{ mo } \min} + Td_{6 \text{ mo}} = 15,443 \text{ мм}$$

$$d_{4 \min} = d_{6 \text{ mo } \max} \times 0,999 = 15,358 \text{ мм}$$

$$d_{4 \max} = d_{4 \min} + Td_4 = 15,401 \text{ мм}$$

$$d_{3 \min} = d_{4 \max} + 2 \times Z_{4 \min} = 15,589 \text{ мм}$$

$$d_{3 \max} = d_{3 \min} + Td_3 = 15,659 \text{ мм}$$

$$d_{2 \min} = d_{3 \max} + 2 \times Z_{3 \min} = 16,075 \text{ мм}$$

$$d_{2 \max} = d_{2 \min} + Td_2 = 16,185 \text{ мм}$$

$$d_{1 \min} = d_{2 \max} + 2 \times Z_{2 \min} = 17,017 \text{ мм}$$

$$d_{1 \max} = d_{1 \min} + Td_1 = 17,197 \text{ мм}$$

$$d_{0 \min} = d_{1 \max} + 2 \times Z_{1 \min} = 19,238 \text{ мм}$$

$$d_{0 \max} = d_{0 \min} + Td_0 = 19,668 \text{ мм} \gg [14].$$

Общий припуск на обработку, определим по формулам (27), (28), (29):

$$2Z_{\min} = d_{0 \min} - d_{8 \max} \quad (27)$$

$$2Z_{\max} = 2Z_{\min} + Td_0 + Td_8 \quad (28)$$

$$2Z_{\text{cp}} = \frac{2Z_{\min} + 2Z_{\max}}{2} \quad (29)$$

Подставив исходные значения параметров получим значения.

$$2Z_{\min} = 19,238 - 15,000 = 4,238 \text{ мм.}$$

$$2Z_{\max} = 4,238 + 0,430 + 0,018 = 4,686 \text{ мм.}$$

$$2Z_{cp} = \frac{4,238 + 4,686}{2} = 4,462 \text{ мм.}$$

Результаты расчета припуска для поверхности диаметром $15h7^{(-0,018)}$ мм сводим в таблицу 6.

Таблица 6 – Расчет припусков

Номер перехода	Наименование перехода	Точность		Составляющие припуска, мм			Припуск, мм			Предельные размеры, мм		
		Квалитет	Td, мкм	a	Δ	ε	Z _{min}	Z _{max}	Z _{cp.}	d _{min}	d _{max}	d _{cp.}
0	Штамповка обычной точности	h14	430,00	0,300	0,720	0,025	-	-	-	19,238	19,668	19,453
1	Точение черновое	h12	180,00	0,180	0,235	0,025	1,020	1,415	1,218	17,017	17,197	17,107
2	Точение полустиховое	h11	110,00	0,130	0,074	0,025	0,416	0,616	0,516	16,075	16,185	16,130
3	Точение чистовое	h10	70,00	0,070	0,021	0,025	0,208	0,333	0,271	15,589	15,659	15,624
4	Точение тонкое	h9	43,00	0,040	0,000	0,012	0,094	0,172	0,133	15,358	15,401	15,379
5	то	h10	70,00	0,250	0,030	0,012	0,282	0,374	0,328	15,373	15,443	15,408
6	Шлифование черновое	h9	43,00	0,050	0,028	0,012	0,047	0,125	0,086	15,252	15,279	15,266
7	Шлифование чистовое	h8	27,00	0,020	0,011	0,012	0,081	0,129	0,105	15,073	15,091	15,082
8	Шлифование тонкое	h7	18,00	0,010	0,000	0,012	0,037	0,068	0,052	14,982	15,000	14,991
Общий припуск 2Z							4,238	4,686	4,462			

«Припуски на обработку остальных поверхностей определяются табличным способом» [8], [15]. На первом этапе определяем минимальное значение припуска используя исходные данные о последовательности маршрутов обработки для каждой поверхности детали.

При этом величину $Z_{i \min}$ определяем по данным источника [17], а для расчета величины максимального припуска $Z_{i \max}$ используем формулу (30):

$$Z_{i \max} = Z_{i \min} + 0,5 \times (Td_{i-1} + Td_i) \quad (30)$$

Все результаты расчетов значений припусков сводим в таблицу 7.

Таблица 7 – Припуски на обработку поверхностей

Операция	Обрабатываемые поверхности	Z _{min}	Z _{max}
Точение (черновое)h12	1,2	2,00	2,70
Точение (черновое)h12	3,4	1,60	2,30
Точение (черновое)h12	14,17	1,60	1,71
Точение (черновое)h12	12,15,16	1,20	1,31
Точение (получистовое)h11	1,2	1,80	2,13
Точение (получистовое)h11	14,17	1,40	1,57
Точение (получистовое)h11	3,4	0,90	1,23
Точение (получистовое)h11	12,15,16	0,60	0,77
Точение (чистовое)h10	3,4	0,40	0,61
Точение (чистовое)h10	1,2	0,30	0,51
Точение (чистовое)h10	12,15,16	0,30	0,41
Точение (чистовое)h10	14,17	0,25	0,36
Точение (тонкое)h9	1	0,15	0,28
Точение (тонкое)h9	13	0,15	0,22
Сверление отверстий h11	10	0,09	0,11
Фрезерование дисковой пазовой фрезой чистовое h11	5	1,50	1,61
Фрезерование концевой фрезой чистовое h11	6,7,8,9	2,00	2,60
Шлифование (после ТО)h10	2,3,4	0,60	0,76
Шлифование (после ТО)h10	12,14	0,60	0,68
Шлифование (после ТО)h9	1	0,60	0,70
Шлифование (после ТО)h9	13	0,60	0,65
Шлифование (чистовое)h8	1	0,10	0,18
Шлифование (чистовое)h8	3	0,10	0,14
Шлифование (тонкое)h7	1	0,06	0,11
Шлифование (тонкое)h7	3	0,06	0,09

Проектирование заготовки заканчивается выполнением рабочего чертежа заготовки который представлен в графической части работы.

2.5 Разработка плана изготовления детали

Методика направлена на подробное описание последовательности операций и процессов, необходимых для производства конкретной детали. Технологический маршрут позволяет определить оптимальное сочетание

методов производства, определить необходимые режимы для выполнения операций и оценить время и затраты на каждую операцию.

Важной частью разработки технологического маршрута является анализ технических требований к детали. В процессе разработки маршрута учитываются такие факторы, как точность поверхностей детали, метод получения заготовки и ее себестоимость.

Для детали вал проектирование начинаем рассматривая все последовательности выполнения технологических переходов (таблица 7), припусков на обработку основных поверхностей и их распределение по соответствующему оборудованию. Затем определяется комплект инструмента, расчет времени выполнения и определение обработки детали.

Затем для каждого цеха и участка разрабатывается операционная технология, которая включает пооперационные технологические карты. Результаты проектирования технологического маршрута сводим в таблицу 8.

Таблица 8 - Технологический маршрут

№ операции-установ	Содержание обработки	Поверхность	Наименование операции
005	Заготовительная	-	Заготовительная
010	Термообработка	-	Термическая
015-А ₁	Торцевать начерно, центровать	3	Токарная
015-А ₂	Торцевание получистовое, центровать	3	Токарная
015-А ₃	Торцевать начисто, центровать	3	Токарная
015-Б ₁	Торцевать начерно, центровать	4	Токарная
015-Б ₂	Торцевание получистовое, центровать	4	Токарная
015-Б ₃	Торцевать начисто, центровать	4	Токарная
020	Точение черновое	2,15,17,16,14,12,1	Токарная
025	Точение получистовое	2,15,17,16,14,12,1	Токарная
030	Точить начисто, точить фаску	2,15,17,16,14,12,1	Токарная
035-Б	Точение тонкое	13	Токарная
035-А	Точение тонкое	13	Токарная
040	Точение тонкое, точить фаску	1	Токарная
045	Сверлить отверстие	10	Токарная
050	Нарезать резьбу	11	Токарная
055	Фрезеровать канавку	5	Фрезеровочная

Продолжение таблицы 8

№ операции-установ	Содержание обработки	Поверхность	Наименование операции
060-Б1	Фрезеровать лыски	6,7,8,9	Фрезеровочная
060-Б2	Фрезеровать лыски	7	Фрезеровочная
060-Б3	Фрезеровать лыски	8	Фрезеровочная
060-Б4	Фрезеровать лыски	9	Фрезеровочная
065	Термообработка	-	Термическая
070-Б	Шлифовать торцы	3	Шлифовальная
070-А	Шлифовать торцы	4	Шлифовальная
075	Шлифовать после ТО	1,14,2	Шлифовальная
080-А1	Шлифование чистовое	1	Шлифовальная
080-А2	Шлифование тонкое	1	Шлифовальная
085-А1	Фасонное врезное шлифование с профильной правкой круга после ТО	13	Шлифовальная
085-А2	Фасонное врезное шлифование чистовое с профильной правкой круга	13	Шлифовальная
085-А3	Фасонное врезное шлифование тонкое с профильной правкой круга	13	Шлифовальная
090	-	-	Моечная
095	-	-	Контрольная
100	-	-	Нанесение антикоррозийного покрытия

«На основании маршрута обработки формируется технологический процесс обработки детали – план обработки, где для каждой операции указывается тип оборудования, схема базирования и технологические требования» [16]. План обработки детали выносим в маршрутную карту и операционные карты (Приложение А). В дальнейшем при проектировании технологических операций будем использовать эти данные при проектировании технологического оснащения и режущего инструмента.

2.6 Выбор средств технологического оснащения

От правильного выбора зависит эффективность производства и точность обработки детали [19].

Перед принятием решения о выборе технологического оборудования необходимо провести анализ содержания переходов обработки поверхностей. Важно определить, какие виды обработки должны быть выполнены при

помощи выбранных средств технического оснащения, и каким образом они будут применяться для обработки детали.

Таким образом, правильно проведенный выбор оборудования и средств технического оснащения может стать ключевым фактором эффективного внедрения нового технологического процесса в производство, таблица 9.

Таблица 9 – Средства технического оснащения

Наименование операции	Наименование, модель оборудования	Наименование станочного приспособления	Наименование инструмента, марка материала	Наименование измерительного средства
015 Токарная	ТС1625Ф3 Станок токарный ЧПУ	Патрон трехкулачковый ГОСТ 2675-80 Хомутик ГОСТ 2578-70	Резец подрезной Т15К6 ГОСТ 18880-73 Сверло ГОСТ 14952-75	Штангенциркуль ШЦ-1-150-0,1, ГОСТ 166-80 Калибр контроля центровочного отверстия
020,025,030 Токарная	ТС1625Ф3 Станок токарный ЧПУ	Вращающийся центр А-1-2-Н ЧПУ ГОСТ 8742-75 Центр Морзе 2 ГОСТ 13214-79 Хомутик ГОСТ 2578-70	Резец проходной упорный Т15К6 ГОСТ 18879-73 Резец фасочный ГОСТ 18875-73	Штангенциркуль ШЦ-1-150-0,1, ГОСТ 166-80
035 Токарная	ТС1625Ф3 Станок токарный с ЧПУ	Вращающийся центр А-1-2-Н ЧПУ ГОСТ 8742-75 Центр Морзе 2 ГОСТ 13214-79 Хомутик ГОСТ 2578-70	Резец радиусный прямой вогнутый, форма d, R=13,5мм. Т15К6, 20x32x120	Штангенциркуль ШЦ-1-150-0,1, ГОСТ 166-80
040 Токарная	ТС1625Ф3 Станок токарный с ЧПУ	Вращающийся центр А-1-2-Н ЧПУ ГОСТ 8742-75 Центр Морзе 2 ГОСТ 13214-79 Хомутик ГОСТ 2578-70	Резец проходной упорный Т15К6 ГОСТ 18879-73	Калибр-скоба ГОСТ 18355-73 Калибр ГОСТ 2534-77
045 Сверление отверстий	ФС65МФ3 Фрезерный центр с ЧПУ	Патрон цанговый ГОСТ 26539-85	Сверло 2300-5917-А1 ГОСТ 4010-77	Калибр ГОСТ 2534-77 Калибр пробка ГОСТ 14827-69

Продолжение таблицы 9

Наименование операции	Наименование, модель оборудования	Наименование станочного приспособления	Наименование инструмента, марка материала	Наименование измерительного средства
050 Нарезание резьбы	ФС65МФ3 Фрезерный центр с ЧПУ	Патрон цанговый ГОСТ 26539-85	Метчик ГОСТ 3266-81	Калибр ГОСТ 2534-77 Калибр пробка ГОСТ 14827-69
055 Фрезерная	ФС65МФ3 Фрезерный центр с ЧПУ	Патрон цанговый ГОСТ 26539-85	Фреза дисковая ГОСТ 3964-69 Оправка Тг28×2-22 ГОСТ 27304-87	Калибр пробка ГОСТ 14827-69
060 Фрезерная	ФС65МФ3 Фрезерный центр с ЧПУ	Патрон цанговый ГОСТ 26539-85	Фреза концевая ГОСТ 17026-71	Калибр ГОСТ 2534-77 Калибр пробка ГОСТ 14827-69
065 Термообработка	Закалочная печь			
070 Шлифовальная	3М151Ф2 Круглошлифовальный станок с ЧПУ	Оправка d=32мм., d ₁ =50мм.	Круг шлифовальный 1 125x25x32 25А 10-П С2 7 К1А 35 м/с А 1 кл. ГОСТ 2424-83	Скобы с отсчетным устройством ГОСТ 11098-75
075 Шлифовальная	3М151Ф2 Круглошлифовальный станок с ЧПУ	Оправка d=32мм., d ₁ =50мм.	Круг шлифовальный 1 125x25x32 25А 10-П С2 7 К1А 35 м/с А 1 кл. ГОСТ 2424-83	Скобы с отсчетным устройством ГОСТ 11098-75
Наименование операции	Наименование, модель оборудования	Наименование станочного приспособления	Наименование инструмента, марка материала	Наименование измерительного средства
080 Шлифовальная	3М151Ф2 Круглошлифовальный станок с ЧПУ	Оправка d=32мм., d ₁ =50мм.	Круг 1 125x25x32 25А 10-П С2 7 К1А 35 м/с А 1 кл. ГОСТ 2424-83	Скобы с отсчетным устройством ГОСТ 11098-75
085,090,095 Шлифовальная	3М151Ф2 Круглошлифовальный станок с ЧПУ	Оправка d=32мм., d ₁ =50мм.	Круг 1 125x32x32 25А 10-П С2 7 К1А 35 м/с А 1 кл. ГОСТ 2424-83 (с профильной правкой круга)	Скобы с отсчетным устройством ГОСТ 11098-75

При выборе средств технического оснащения технологического процесса обработки вала особое внимание уделялось унификации средств технического оснащения. Это играет важную роль в обеспечении гибкости и адаптивности технологического процесса. Когда речь идет о автоматизации технологической подготовки производства деталей, первым вопросом становится унификация конструктивно-технологических элементов детали с одной стороны и оборудования, инструментов для обработки и контроля.

Однако помимо унификации для серийного производства, особые условия для выбора средств технического оснащения обработки детали определяются программой выпуска, видами выполняемых операций, используемым оборудованием, технологическим оснащением и инструментами.

При сборке резьбовых соединений для среднесерийного производства использованы как механизированные - такие как электрические и пневматические гайковерты и другие аналогичные инструменты, в зависимости от требуемой производительности и качества сборки.

2.7 Проектирование операций технологического процесса

При проектировании технологических операций необходимо установить, с какими режимами выбранное ранее для изготовления детали вал станочное оборудование, механизированное станочное приспособление, оснастка и режущий инструмент будут функционировать. В зависимости от типа, метода и последовательности механической обработки для каждого технологического перехода и операции определяются такие параметры, как усилие резания, моменты и силы, возникающие в процессе обработки, а также определяются настроечные размеры для конфигурирования оборудования.

«Под термином «режимы резания» понимается совокупность числовых значений глубины резания t , подачи S и скорости резания V для выбранных

геометрических параметров режущей части инструментов при обеспечении заданной стойкости T » [21].

Выполним расчетным способом «расчет режимов резания для операции 020» [22].

«Выбор подачи S мм/об, как и глубины резания, определяется видом технологических переходов, входящих в состав операции 020. На операции 020 применяют резец проходной упорный (правый) Т15К6 ГОСТ 18879-73. Геометрия многогранной пластины определяем согласно ГОСТ 25426-90 для резцов, сечение резца 20×12 , $l = 12$ мм, $b = 8$ мм, $s = 3,0$ мм, $r = 5,0$, $m = 2,58$ гр, главный угол в плане $\varphi^\circ = 90^\circ$, передний угол $\gamma^\circ = 0^\circ$, угол наклона главного лезвия $\lambda^\circ = 0^\circ$ » [22].

«Размеры пластины оказывают непосредственное влияние на шероховатость обрабатываемой поверхности. При диаметре пластины $b = 8$ мм и шероховатости при заданной шероховатости поверхности обработки $R_a = 12,5$ мм, подача будет равна S , мм/об = 0,4» [22].

«Назначим период стойкости T режущего инструмента с учетом величины подачи. Под периодом стойкости понимают время работы инструмента между переточками, согласно рекомендациям» [22] принимаем $T = 60$ мин.

«Определение расчетной скорости резания V по эмпирическим формулам и частоты вращения шпинделя, по формуле (31):

$$V = \frac{C_V \cdot K_V}{T^m t^{x_S} S^y} \frac{\text{м}}{\text{мин}} \quad (31)$$

где V - расчетная скорость резания;

C_V - коэффициент, зависящий от физико-механических свойств материала, обрабатываемой заготовки;

K_V - поправочный коэффициент;

T - стойкость резца, мин;

t - глубина резания, мм;

S - подача резца, мм/об;

m, x, y - показатели дробных степеней» [22].

«Значение коэффициентов и показателей степеней приведены в таблицах [8]. Коэффициент K_v является произведением коэффициентов, учитывающих влияние материала заготовки K_{mv} , состояние поверхности K_{pv} , материала инструмента K_{iv} , определим по формуле (32):

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{iv}, \quad (32)$$

Поправочный коэффициент K_{mv} , по формуле (33):

$$K_{mv} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_b}\right)^{n_v}, \quad (33)$$

где σ_b – фактические параметры, характеризующие обрабатываемый материал, для которого рассчитывается скорость резания;

K_r – коэффициент характеризующий группу стали по обрабатываемости,

n_v - показатель степени, табличное значение выбираем» [8].

«Используя найденные значения скорости резания $V \frac{\text{м}}{\text{мин}}$, определим частоту вращения шпинделя, по формуле (34):

$$n = \frac{1000V}{\pi D}, \text{ мин}^{-1} \quad (34)$$

где n – частота вращения заготовки, мин^{-1} ;

V - теоретическая скорость резания, м/мин;

π - математическая постоянная, равная отношению длины окружности к её диаметру;

D – диаметр заготовки, мм» [22].

«Проверка выбранного режима резания для черновой обработки производится с учетом мощности станка $N_{ст}$. В этом случае должно соблюдаться соотношение, по формуле (35):

$$N_{рез} \leq k \cdot \eta \cdot N_{см}, \quad (35)$$

где $N_{рез}$ – расчетная или найденная по таблицам мощность резания;

k – коэффициент, допускающий возможность кратковременной перегрузки электродвигателя станка (наиболее часто $k \leq 1,3$);

η – коэффициент полезного действия привода станка, $\eta = 0,75 \dots 0,9$;

$N_{см}$ – мощность электродвигателя привода главного движения» [22].

«Для определения мощности при точении, требуется вычислить тангенциальную компоненту силы резания P_z , по формуле (36):

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \text{ Н} \quad (36)$$

где P_z – координатные показатели усилия резанья;

C_p, x, y, n – коэффициенты и показатели степени для определения силы резания;

t – глубина резания, мм;

S – подача резца по станку, мм/об;

V – теоретическая скорость резания, м/сек» [22];

« K_p – поправочный коэффициент, учитывающий условия резания, по формуле (37):

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{\tau p}, \quad (37)$$

где K_{mp} – поправочный коэффициент учитывающий влияние качества обработанного материала на силовые зависимости;

$K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{\tau p}$ – поправочные коэффициенты, учитывающий влияние геометрических параметров режущей части инструмента на составляющие силы резания при обработке стали» [15].

«Поправочный коэффициент K_{mp} учитывающий влияние качества обработанного материала на силовые зависимости, по формуле (38)» [22]:

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n, \quad (38)$$

Подставив исходные данные согласно рекомендациям источников [8], [20], [21] в выражения (31-38) получим следующие результаты:

$$K_{mv} = 1 \cdot \left(\frac{750}{685}\right)^1 = 1,094$$

$$K_v = 1,094 \cdot 0,8 \cdot 1 = 0,875$$

$$V = \frac{280 \times 0,875}{60^{0,2} \times 2,0^{0,15} \times 0,4^{0,45}} = \frac{245}{1,67} = 147,05 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

$$n = \frac{1000 \times 147,05}{3,14 \times (22,7 + 31,6 + 21,85 + 20,01) / 4} = \frac{147050}{75,48} = 1948,20 \text{ мин}^{-1}$$

$$K_{mp} = \left(\frac{685}{750}\right)^{0,75} = 0,934$$

$$K_p = 0,934 \cdot 0,89 \cdot 1,1 \cdot 1,0 = 3,924$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 2,00^1 \cdot 0,4^{0,75} \cdot 147,05^{-0,15} \cdot 3,924 = 5601,52 \text{ Н}$$

«Если известна сила резания P_z , то мощность, расходуемую на резание, определим по формуле (41)» [22]:

$$N_{рез} = \frac{V \cdot P_z}{1020 \cdot 60}, \text{ кВт} \quad (41)$$

«Произведем сравнение соотношения мощности резания и номинальной мощности главного привода станка» [22]:

$$N_{рез} = \frac{147,05 \cdot 5601,52}{1020 \cdot 60} = 13,46 \text{ кВт}$$

«Номинальная мощность электродвигателя шпинделя токарного станка ТС1625Ф3, при продолжительной работе - 10 кВт» [16].

$$13,46 \text{ кВт} \leq 1,7 \cdot 0,825 \cdot 10 \text{ кВт}$$

$$13,46 \text{ кВт} \leq 14,03 \text{ кВт}$$

Вывод, который делается в соответствии с этим, заключается в том, что использование выбранных в проекте технических средств для обработки детали вал допустимо.

«Для остальных операций режимы резания будут определены табличным методом согласно рекомендациям источника» [21]. Результаты расчетов приведены в общей таблице 10.

Таблица 10 – Режимы резания

Опера ция	Переход	Глубина резания t, мм	Подача S, мм/оборот	Скорость резания. V, м/мин	Частота вращения шпинделя n _{пр} , оборот/мин	Скорость резания V _{пр} , м/мин
015	центровать торец	3,50	0,70	108,00	1718,89	108,00
	подрезать торец пов.3 до l = 143,90 мм	1,60	0,80	108,00	1718,89	108,00
	подрезать торец пов.3 до l = 143,00 мм	0,90	0,80	108,00	1718,89	108,00
	подрезать торец пов.3 до l = 142,60 мм	0,40	0,80	108,00	1718,89	108,00
	центровать торец	3,50	0,70	108,00	1515,19	108,00
	подрезать торец пов.4 до l = 168,90 мм	1,60	0,80	108,00	1515,19	108,00
	подрезать торец пов.4 до l = 168,00 мм	0,90	0,80	108,00	1515,19	108,00
020	подрезать торец пов.4 до l = 167,60 мм	0,40	0,80	108,00	1515,19	108,00
	точить пов. 2 в размер Ø 20,70 мм	2,00	0,40	125,00	1923,14	125,00
	точить пов. 17 в размер Ø 29,56 мм	1,60	0,40	125,00	1346,72	125,00
	точить пов. 14 в размер Ø 20,25 мм	1,60	0,40	125,00	1965,87	125,00
	точить пов. 1 в размер Ø 18,01 мм	2,00	0,30	140,00	2475,62	140,00
	подрезать торец пов. 15 до l = 21,80 мм	1,20	0,40	125,00	1346,72	125,00
	подрезать торец пов. 16 до l = 20,90 мм	1,20	0,40	125,00	1346,72	125,00
025	подрезать торец пов. 12 до l = 26,50 мм	1,20	0,40	125,00	1346,72	125,00
	точить пов. 2 в размер Ø 18,90 мм	1,80	0,30	140,00	2359,05	140,00
	точить пов. 17 в размер Ø 28,16 мм	1,40	0,40	125,00	1413,67	125,00
	точить пов. 14 в размер Ø 18,85 мм	1,40	0,30	140,00	2365,30	140,00
	точить пов. 1 в размер Ø 16,25 мм	1,80	0,30	140,00	2743,75	140,00
	подрезать торец пов. 15 до l = 20,60 мм	1,20	0,40	125,00	1413,67	125,00
	подрезать торец пов. 16 до l = 20,30 мм	0,60	0,40	125,00	1413,67	125,00
030	подрезать торец пов. 12 до l = 25,90 мм	0,60	0,40	125,00	1413,67	125,00
	точить пов. 2 в размер Ø 18,60 мм	0,30	0,30	140,00	2397,10	140,00
	точить пов. 17 в размер Ø 27,91 мм	0,25	0,40	125,00	1426,33	125,00
	точить пов. 14 в размер Ø 18,60 мм	0,25	0,30	140,00	2397,10	140,00
	точить пов. 1 в размер Ø 15,91 мм	0,30	0,30	140,00	2802,39	140,00
	подрезать торец пов. 15 до l = 20,30 мм	0,60	0,40	125,00	1426,33	125,00
	подрезать торец пов. 16 до l = 20,00 мм	0,30	0,40	125,00	1426,33	125,00
	подрезать торец пов. 12 до l = 25,60 мм	0,30	0,40	125,00	1426,33	125,00
точить фаску 3×45° на пов.2	3,00	0,40	125,00	2140,26	125,00	

Продолжение таблица 10

035	точить пов. 13 в размер Ø 27,76 мм	0,15	0,04	108,00	1239,01	108,00
035	точить пов. 13 в размер Ø 27,76 мм	0,15	0,04	108,00	1239,01	108,00
040	точить пов. 1 в размер Ø 15,76 мм	0,15	0,30	140,00	2829,06	140,00
	точить фаску 1×45° на пов.1	1,00	0,35	140,00	2829,06	140,00
045	сверлить отверстие h=40 мм, Ø6,7 мм	6,70	0,15	147,00	2829,06	147,00
050	нарезать резьбу М8, шаг 1,25 мм	8,00	0,15	147,00	6987,36	147,00
055	фрезеровать канавку l =15мм, b = 3,5мм, d = 8,5мм	2,50	0,13	147,00	5851,91	147,00
060	фрезеровать лыски 4 шт. по кругу на расстоянии 90°, h = 14мм, d = 15мм, n = 15мм	1,50	0,30	140,00	2970,51	140,00
070	шлифовать торец пов.4 до l = 167,00 мм	0,60	0,30	140,00	2397,10	140,00
075	шлифовать пов. 1 в размер Ø 15,16 мм	0,60	0,30	140,00	2941,03	140,00
	шлифовать пов. 14 в размер Ø 18,00 мм	0,60	0,30	140,00	2477,00	140,00
	шлифовать пов. 2 в размер Ø 18,00 мм	0,60	0,30	140,00	2477,00	140,00
	шлифовать торец пов. 12 до l = 25,00	0,60	0,30	140,00	2477,00	140,00
080	шлифовать пов. 1 в размер Ø 15,06 мм	0,10	0,30	140,00	2960,56	140,00
085	шлифовать пов. 13 в размер Ø 27,06 мм	0,10	0,30	140,00	1647,67	140,00
	шлифовать пов. 1 в размер Ø 27,00 мм	0,60	0,30	140,00	1651,33	140,00

На основании определенных режимов резания выполним нормирование технологических операций техпроцесса изготовления вала. Исходные для расчета это геометрия детали, заданная согласно чертежа, размеры заготовки, которая была спроектирована ранее, и режимы резания.

При выполнении операций точения, фрезерования, шлифования и сверления на металлорежущих станках, основное (технологическое) время каждого перехода определяется на основе предполагаемого расчетного расстояния, которое инструмент должен пройти относительно заготовки в процессе обработки. В общем виде величина основного времени определяется согласно (39) [16], [22]:

$$\llcorner T_0 = \frac{L \cdot i}{V_S} = \frac{L \cdot i}{n_{ст} \cdot S_{ст}} \quad (39)$$

где L – расчетная длина перемещения инструмента относительно заготовки при обработке;

i – число рабочих ходов;

V_S – скорость подачи;

$n_{ст}$ – частота вращения шпинделя станка;

$S_{ст}$ - подача на оборот заготовки (или инструмента)» [22].

«Расчетная длина перемещения инструмента относительно заготовки при обработке, по формуле (40):

$$L = l + l_{вр} + l_{пер}, \quad (40)$$

где l – длина обрабатываемой поверхности в направлении подачи;

$l_{вр}$ – путь врезания инструмента;

$l_{пер}$ – путь инструмента» [22].

«Величину основного времени на фрезерование шпоночных канавок дисковой фрезой, по формуле (41)» [22]:

$$T_0 = \frac{l + l_{вр}}{S_{мин пр}}, \quad (41)$$

где l – длина обрабатываемой поверхности в направлении подачи;

$l_{вр}$ – путь врезания инструмента;

$S_{мин пр}$ - минутная продольная подача, мм/мин

«Минутная продольная подача, мм/мин, по формуле (42):

$$S_{мин пр} = S_o \cdot n, \quad (42)$$

где $S_{мин пр}$ – минутная продольная подача, мм/мин

S_o - подача на оборот, мм/оборот;

n - частота вращения шпинделя станка, обор/мин» [22].

«Путь врезания дисковой фрезы, по формуле (43):

$$l_{вр} = \sqrt{h(d_{ф} - h)} + (0,5 \dots 2) \quad (43)$$

где d_{ϕ} – диаметр фрезы, мм;

h – глубина канавки, мм» [22];

«Величину основного времени на фрезерование концевой фрезой, по формуле (47):

$$T_o = \left[\frac{(h+(0,5...1))}{S_{\text{мин в}}} \right] + \left[\frac{(l-d_{\phi})}{S_{\text{мин пр}}} \right] \quad (44)$$

где l – глубина лыски, мм;

h – длина лыски, мм;

$S_{\text{мин в}}$ – минутная вертикальная подача, мм/мин;

d_{ϕ} – диаметр фрезы, мм.

$S_{\text{мин пр}}$ – минутная продольная подача, мм/мин» [22].

«Значение минутной продольной подачи, определим по формуле (45):

$$S_{\text{мин пр}} = S_o \cdot n, \quad (45)$$

Значение минутной вертикальной подачи, определим по формуле (46):

$$S_{\text{мин в}} = f_z \cdot z \cdot n, \quad (46)$$

где f_z – подача на один зуб фрезы, мм;

z - количество зубьев фрезы;

n - частота вращения шпинделя, об/мин» [22];

«Величину основного времени на круглое шлифование с продольной подачей, по формуле (47):

$$T_o = \frac{L}{n_d \cdot S_v \cdot B_k} \cdot \frac{a}{S_{2x}} \cdot k, \quad (47)$$

где L = расчетная длина рабочего хода инструмента, принимаемая для определения основного (технологического) времени, мм;

B_k – ширина (высота) шлифовального круга, мм;

n_d – частота вращения изделия, об/мин;

S_b – продольная, поперечная подача на двойной ход или на один оборот изделия в долях ширины шлифовального круга;

a – припуск на сторону, мм;

S_{2x} – подача на двойной ход стола или круговая подача, мм/2х;

k – коэффициент, учитывающий выхаживание и доводку при шлифовании ($K = 1,2 \div 1,5$)» [6].

«Величину основного времени на выполнение врезного шлифования торцев определем по формуле (48):

$$T_o = \frac{L}{n_d \cdot S_o} \cdot k, L=a, \quad (48)$$

где a – припуск на сторону, мм;

n_d – частота вращения изделия, об/мин;

k – коэффициент, учитывающий выхаживание и доводку при шлифовании ($K = 1,2 \div 1,5$);

S_o - подача на оборот шпинделя, мм/об» [6]

Величину основного времени на «нарезание метчиком, определем по формуле (49):

$$T_o = \left[\frac{(l + l_{вр} + l_{пер})}{(S_o \cdot n)} \right] + \left[\frac{(l + l_{вр} + l_{пер})}{(S_o \cdot n_o)} \right], \quad (49)$$

где l – длина нарезаемой резьбы, мм;

$l_{вр}$ – длина резания ($l_{вр} = 1P \dots 3P$), мм;

P - шаг нарезаемой резьбы, мм;

$l_{пер}$ – длина перебега (при глухом отверстии $l_{пер} = 0$), мм;

S_o – продольная подача ($S_o = P$), мм/об;

n – частота вращения заготовки или метчика при рабочем ходе, об/мин;

n_o – частота вращения при обратном ходе ($n_o = 1,5 n$), об/мин» [6].

«Величину основного времени на центрование заготовок, определим по формуле (50)

$$T_o = \frac{(l + l_{вр} + l_{пер})}{S_m} \quad (50)$$

где l – длина обрабатываемой поверхности в направлении подачи;

$l_{вр}$ – путь врезания инструмента;

$l_{пер}$ – путь инструмента;

S_m – подача в минуту (минутная подача)» [6].

«Значение минутной продольной подачи, определим по формуле (51):

$$S_{мин пр} = S_o \cdot n \quad (51)$$

где $S_{мин пр}$ – минутная продольная подача, мм/мин

S_o – подача на оборот, мм/оборот;

n – частота вращения шпинделя станка, обор/мин» [6].

Далее применительно к каждой операции технологического процесса изготовления вала определяется расчетная норма времени. Согласно рекомендациям [6] для производства одной детали в условиях серийного производства используем формулы (52), (53), (54), (55).

$$\langle T_{ум} = T_o + T_в + T_{об} + T_{пер} , \quad (52)$$

$$T_{он} = T_o + T_в , \quad (53)$$

$$T_{об} = T_{тех} + T_{орг} , \quad (54)$$

$$T_{шк} = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n}, \quad (55)$$

где T_o - основное время - время непосредственно на обработку, определяется исходя из схемы обработки;

$T_{шт}$ – норма штучного времени;

T_e - вспомогательное время на установку и снятие заготовки, управление станком, подвод и отвод режущего инструмента, контроль размеров, определяется по справочным нормативам или экспериментально.

$T_{об}$ - время обслуживания;

$T_{пер}$ - время перерывов в работе;

$T_{пз}$ - подготовительно-заключительное время;

n - объем партии запуска заготовок, шт» [6].

Для обеспечения максимальной производительности необходимо выполнить синхронизацию операций технологического процесса, сопоставив расчетные значения выделением их в отдельные операции. «В нашем случае это было выполнено для операций 75, 80 и 85» [6]

«Расчет нормы времени по соответствующим нормативам производят суммированием» [6] оперативного времени, с учетом поправочных коэффициентов, подготовительно-заключительного времени, времени на обслуживание рабочего места, отдых и личные потребности, применяя поправочные коэффициенты. Тем самым обеспечивается синхронизация все операций спроектированного технологического процесса. Одним из основных результатов нормирования операций является установление оптимальной продолжительности каждой операции в процессе производства. Путем анализа и измерения каждой операции, определяется наиболее эффективное время, необходимое для ее выполнения. Это позволяет оптимизировать время производства и сократить издержки, связанные с переработками, простоем оборудования и передвижением материалов.

Итоговые результаты нормирования операций технологического процесса вала приведены в таблице 11.

Таблица 11 – Нормы времени (в минутах)

Операция	T_o	$T_{ум}$	$T_в$	$T_{тех}$	$T_{оп}$	$T_{орг}$	$T_{об}$	$T_{пер}$	$T_{пз}$	n	$T_{шк}$
015	0,122	0,740	0,555	0,041	0,677	0,010	0,050	0,013	16,000	4326	0,744
020	0,571	1,031	0,335	0,054	0,906	0,046	0,100	0,025	14,000	4326	1,034
025	0,566	0,859	0,180	0,045	0,746	0,045	0,090	0,023	13,000	4326	0,862
030	0,568	0,878	0,196	0,046	0,764	0,045	0,091	0,023	13,000	4326	0,881
035	1,107	1,790	0,455	0,094	1,562	0,089	0,182	0,046	13,000	4326	1,793
040	0,178	0,468	0,241	0,025	0,419	0,014	0,039	0,010	13,000	4326	0,471
045	0,041	1,580	1,425	0,088	1,466	0,003	0,091	0,023	10,000	4326	1,582
050	0,071	1,046	0,895	0,058	0,966	0,006	0,064	0,016	10,000	4326	1,048
055	0,074	0,452	0,340	0,025	0,414	0,006	0,031	0,008	18,000	4326	0,457
060	0,228	0,945	0,630	0,051	0,858	0,018	0,070	0,017	18,000	4326	0,949
070	0,003	0,477	0,440	0,027	0,443	0,000	0,027	0,007	16,000	4326	0,480
075	3,143	4,075	0,355	0,210	3,498	0,251	0,461	0,115	13,000	4326	4,078
080	0,318	0,691	0,295	0,037	0,613	0,025	0,062	0,016	13,000	4326	0,694
085	0,236	0,568	0,270	0,030	0,506	0,019	0,049	0,012	13,000	4326	0,571
Общее время:	7,226	15,598	6,612	0,830	13,838	0,578	1,408	0,352	193,000		15,643

Данные таблицы 13 показывают, как в состав технологических операций обработки вала были включены сборочные работы, например, соединения сопрягаемых деталей с применением специальной оснастки и станочного приспособления, а также устройств контроля. На станках с ЧПУ данные работы выполняют посредством фиксации конструкторских баз детали и установочных элементов приспособления в автоматическом режиме.

В условиях среднесерийного производства в нормы времени на выполнение технологических операций могут вводить работы по расчету и суммарного времени на обработку всей детали.

Произведены расчеты необходимых размеров заготовки и выполнено нормирование (приложение А). Результаты нормирования операций технологического процесса могут существенно влиять на эффективность

работы. Определена последовательность обработки поверхностей детали и разработан оптимальный технологический маршрут обработки. Такое оптимизированное использование производственных мощностей позволяет снизить потери времени и повысить производительность труда. Также проводим проектирование технологических наладок, представленных на листах графической части данной выпускной квалификационной работы.

Были подобраны специальные средства оснащения, станки и инструменты для каждой операции. Исходя из этого, были определены припуски и допуски на каждую поверхность. Определено содержание технологических операций. Для самой точной поверхности вала был вычислен оптимальные режимы резания с помощью расчетно-аналитического метода для каждого перехода. Для остальных операций режимы резания были определены в соответствии с справочными нормативами. Были выполнены технически обоснованные расчеты для установления норм времени на каждую операцию. Для детали вал суммарное время на обработку составило 255,085 минут.

3 Разработка специальной технологической оснастки

3.1 Разработка приспособления станочного

Согласно анализа содержания технологических операций обработки вала в качестве лимитирующей принята операция наружного точения. Для повышения производительности обработки на данной операции выполним проектирование станочного приспособления с механизированным приводом зажима заготовки.

Исходные данные для проектирования станочного приспособления для операции 015 токарная. Используется станок с ЧПУ ТС1625Ф3. «Технологические базовые поверхности обработки детали (рисунок 3). Режимы резания: глубина резания - 1,6 мм, подача - 0,8 мм/об., число оборотов - 1515 обор/мин, скорость резания - 108 мм/мин» [6].

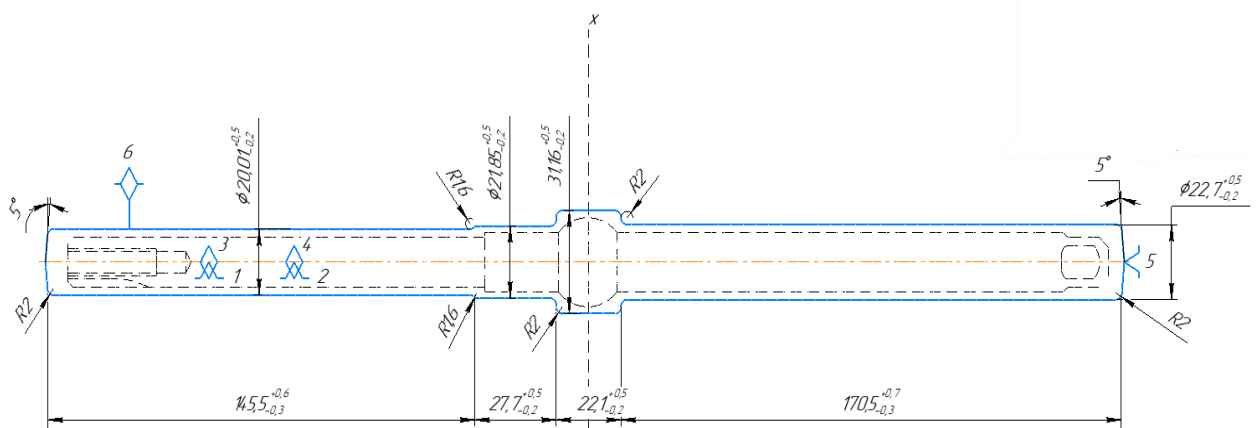


Рисунок 3 – Схема базирования заготовки

В процессе обработки на заготовку действуют силы резания P_x , P_y , P_z , а также крутящий момент $M_{кр}$, силы P_z .

«Анализируя конструкцию и расположение оборудования, определяем, максимальный диаметр заготовки составляет 27 мм, и минимальная диаметр в месте закрепления в зажимное приспособление составляет 20 мм. Поэтому мы

выбираем зажимное приспособление с минимальным диаметром заготовки» [6].

«Внутренний диаметр зажимного приспособления должен быть менее 20 мм, чтобы обеспечить возможность свободной установки и снятия заготовки» [6].

Опорными элементами приспособления будем считать цилиндрические опоры, наружный диаметр 80 мм и внутреннее отверстие диаметром 16 мм.

Таким образом места «приложения сил зажима будут находиться на торце противоположном установочной базе» [6].

«Чтобы определить значения силы зажима заготовки на основе момента резания и основной составляющей силы резания P_z сравним полученные ранее результаты расчетов и выберем наибольшую силу зажима для дальнейших расчетов» [6]. Уравнение равновесия заготовки по формуле (56):

$$M_{\text{тр}1} + M_{\text{тр}2} > KM_P \quad (56)$$

где $M_{\text{тр}1}$, $M_{\text{тр}2}$ – моменты трения, действующие соответственно в плоскости контакта заготовки и зажимных элементов ($M_{\text{тр}1}$) заготовки и установки ($M_{\text{тр}2}$).

Момент трения зажимных элементов, определим по формулам (57), (58), (59):

$$M_{\text{тр}} = F_{\text{тр}} \cdot r \quad (57)$$

$$F_{\text{тр}} = 2 \cdot N \cdot f \quad (58)$$

$$P_{\text{заж}} = \frac{K \cdot M_P}{4 \cdot f \cdot r} \quad (59)$$

«Сравнивая силы зажима от момента резания и силы P_z , выбираем силу $P_{\text{заж}}$ для дальнейших расчетов, а именно 5030Н, одинаковую для обоих случаев, и рассчитаем по формуле (60) диаметр поршня силового цилиндра:

$$D_{ц} = \sqrt{\frac{2 \cdot P_{зж}}{\pi \cdot P}} \quad (60)$$

где P – давление масла в гидросистеме станка;

$P_{зж}$ – сила зажима заготовки;

$D_{ц}$ – диаметр цилиндра» [6].

Принимаем табличные коэффициент трения $f = 0,25$ и коэффициент запаса $K = 2,5$ получим следующие расчетные значения

$$P_{зж} = \frac{(2,5 \cdot 10200)}{4 \cdot 0,25 \cdot 10} = 2550 \text{ Н}$$

$$P_{зж} = \frac{2,5 \cdot 2012}{4 \cdot 0,25} = 5030 \text{ Н}$$

$$D_{ц} = \sqrt{\frac{2 \cdot 5030}{3,14 \cdot 6 \cdot 10^6}} = 0,023 \text{ м}$$

Далее исходя из схемы базирования и сил зажима, зажимное приспособление выбирается в виде само центрирующего патрона с зажимом по двум сторонам. В качестве механизма усилителя можно предлагать рычажный механизм, схема которого представлена на рисунке 4» [6].

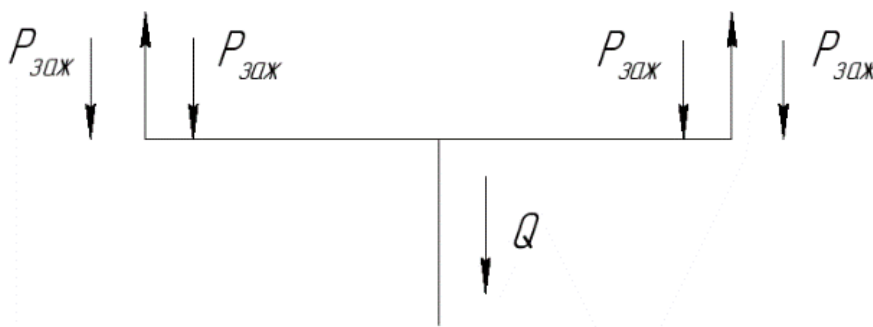


Рисунок 4 – Схема работы рычажно-зажимного механизма

Определим силу Q , действующую на штоке гидроцилиндра, по формуле (61):

$$Q = 4 \cdot P_{зж} \quad (61)$$

$$Q = 4 \cdot 5030 = 20120 \text{ Н}$$

Далее выполним расчет погрешности обработки детали согласно рекомендаций [20]. Исходными данными для расчета являются данные о точности обработки детали на токарной операции 015. Согласно данным полученным ранее допуск на обработку составляет 0,4 мм. «Общая погрешность установки определяется по формуле (62):

$$\varepsilon_{уст} = \sqrt{\varepsilon_{\varepsilon_Q}^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{пр}^2} \quad (62)$$

где $\varepsilon_{уст}$ – погрешность установки заготовки;

$\varepsilon_{\varepsilon_Q}$ погрешность базирования;

ε_Q – отклонение фактического приложения заготовки от требуемого

ε_3 – погрешность закрепления;

$\varepsilon_{пр}$ – погрешность приспособления» [20].

Подставим исходные данным согласно рекомендациям источника [23], получим следующие результаты:

$$\varepsilon_{уст} = \sqrt{0,05^2 + 0,04^2 + 0,085^2} = 0,2 \text{ мм.}$$

Полученное значение погрешности установки приспособления практически в 2 раза меньше допустимого значения, следовательно можно сделать вывод о том, что спроектированное приспособление способно обеспечить требуемую точность изготовления детали вал на операции 015 токарная.

Спроектированное приспособление обеспечивает свободный доступ к заготовке. «Погрешность установки заготовок в 0,2 мм соответствует совмещенным установочной и измерительной базам и обеспечивает получение заданной точности обрабатываемых поверхностей детали. Не вызывают деформации и усилия зажима, при $k_{запаса} = 2,5$, что обеспечивает заданную точность обработки. Расчетная сила зажима с большим запасом обеспечивается гидросистемой станка и не требует перерасчета режимов

резания» [20]. Разработанное приспособление может быть использовано при обработке данной детали. Конструкция приспособления представлена в графической части работы и в Приложении Б.

3.2 Разработка режущего инструмента

Как показал анализ проведённый ранее, одной из лимитирующих операций процесса обработки вала являются операции токарной обработки. Соответственно, выполним в данном разделе проектирование токарного резца для операции 015. При проектировании учитываем ряд требований согласно данных источника [1].

На операции применяется токарный обрабатывающий станок с ЧПУ модели TC1625Ф3 с ЧПУ. Габариты станка составляют $2775,3475 \times 1585 \times 1670$ мм. Материалом заготовки является сталь 30ХГСА по ГОСТ 4543-2016. Предел прочности на разрыв стали составляет 685 МПа.

Для данной операции в качестве инструмента используется токарный резец сборный с «пластинами из твердого сплава трехгранной формы с задними углами равными 15° . Угол резца равен 90° » [1].

Резцы представляют собой инструменты, используемые для обработки различных материалов на станках с ЧПУ. Конструктивно резец состоит из режущей части и корпусной части резца, державки. Для повышения прочности и долговечности резцов обычно используются материалы, такие как высококачественные стали или твёрдые сплавы. Согласно рекомендациям [22] материал державки резца выбираем сталь 40Х по ГОСТ 4543-2016. Предел прочности на разрыв стали составляет $\sigma_B = 485$ МПа.

Для державок прямоугольного сечения отношение $H/B = 1 \dots 1,6$.

Резец нагружен силами P_x , P_y , P_z , и принимается в расчетах за консольную балку с вылетом l_p из резцедержателя. Резец испытывает изгибные моменты, действующие в вертикальной ($M_{вкр}$) и горизонтальной ($M_{гкр}$) плоскостях, а

также продольный изгиб, вызываемый силой P_y . Расчетная схема приведена на рисунке 5.

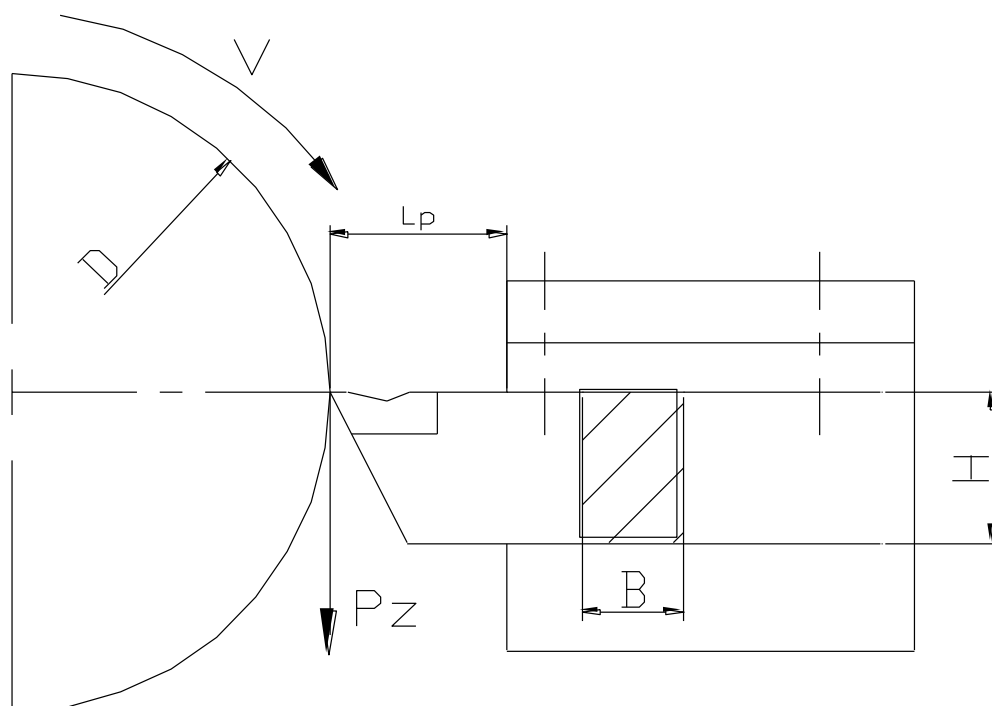


Рисунок 5 – Расчетная схема резца

Согласно методике, изложенной в источнике [21] расчетная геометрия резца зависит от многих факторов, включая требования к качеству обработки, свойства материала, параметры резания и условия обработки детали. Расчет может включать определение углов режущей части, радиуса, длины режущей кромки и других параметров вершины резца. В нашем случае согласно результатам расчета сил резания при проектировании содержания операций мы определили следующие параметры режущей части резца.

При обработке легированных сталей и сплавов, учитываем, что параметры режущей части резца могут имеют ряд особенностей [22]. Задний угол несколько завышен и составляет: $\alpha = 180$. Передний угол составляет: $\gamma = 120$.

Следующим этапом проектирования резца является выбор способа крепления резцов к станку с ЧПУ. Правильный выбор крепления обеспечивает надежность установки резца на станке ЧПУ и точность обработки детали на

нём. В зависимости от типа станка и конкретного типа обработки, могут использоваться различные системы крепления, консольная, вертикальная, горизонтальная, комбинированная. В нашем случае для детали вал выбираем консольный тип крепления резца. Тогда напряжения в державке рассчитывают согласно:

$$\sigma_P = \frac{M_B}{W_B} + \frac{M_\Gamma}{W_\Gamma} + \frac{P_Y}{B \cdot H}, \quad (63)$$

где $W_B = \frac{B \cdot H^2}{\sigma}$ и $W_\Gamma = \frac{B^2 \cdot H}{\sigma}$ моменты сопротивления сечения ($B \cdot H$)

державки в вертикальной и горизонтальной плоскостях;

B – ширина державки, мм (см. рисунок 5);

H – высота державки, мм (см. рисунок 5).

Обозначив в (75) отношение $\frac{H}{B} = \varphi_P$ и полагая, что $P_Y = C_Y \cdot P_Z$ и $P_X = C_X \cdot P_Z$, получим:

$$\sigma_P = \frac{6 \cdot (P_Z \cdot l_P - 0,5 \cdot \varphi_P \cdot B \cdot C_Y \cdot P_Z)}{\varphi_P^2 \cdot B^3} + \frac{6 \cdot C_X \cdot l_P \cdot P_Z}{\varphi_P \cdot B^3} + \frac{C_Y \cdot P_Z}{\varphi_P \cdot B^2}, \quad (64)$$

Для стали 40X $\sigma_B = 250$ МПа. Приняв для (76) коэффициент запаса равным $n_B = 1,5$ получаем выражение для расчёта размеров высоты державки B :

$$B = \sqrt{\frac{6 \cdot l_P \cdot (1 + \varphi_P \cdot C_X) \cdot P_Z}{\sigma_{\text{доп}} \cdot \varphi_P^2}}, \quad (65)$$

где константа $C_X = 0,3$ [1]

Подставив исходные данные в (64), (65) рассчитаем размеры сечения державки резца ($B \cdot H$):

$$B = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot 15 \cdot (1 + 1,6 \cdot 0,3) \cdot 229,96}{166 \cdot 1,6^2}} = 4,16 \text{ мм},$$

$$H = 1,6 \cdot B = 1,6 \cdot 4,16 = 6,656 \text{ мм}.$$

Ближайшие большие стандартные значения сечений державок согласно рекомендаций [19] составляют: $(B \cdot H) = (10 \cdot 16) \text{ мм}$.

Токарные «резцы по своей конструкции имеют малую ширину державки в районе крепления пластины из твердого сплава. Это обуславливается их применением» [22] в течение с минимально возможным выходом металла в стружку.

Ширина опасного сечения резца находится по формуле (66):

$$b = \sqrt[3]{\frac{P_z \cdot L}{6 \cdot [\sigma_u]}} \quad (66)$$

где P_z - главная составляющая сила резания;

L – расстояние от режущей кромки до опасного сечения;

σ_u - предельно допустимые напряжения на изгиб для державки из конструкционной стали.

В результате расчета получим расстояние от режущей кромки до опасного сечения:

$$b = \sqrt[3]{\frac{2012 \cdot 25}{6 \cdot 200}} = 3,47 \text{ мм}.$$

Согласно расчетам ширина опасного сечения резца принимаем, минимальную длину режущей кромки устанавливаемой многогранной пластины не менее 3,47 мм. Установка в державку резца пластины осуществляется механическим способом.

Во избежание адгезионного износа передняя поверхность пластинки резца (на которой не нанесен алмазный слой) полируется. На переднюю поверхность нанесен алмазный слой, для увеличения стойкости инструмента.

Расчет и проектирование резцов для станков с ЧПУ являются сложными и ответственными этапами в создании эффективного и надежного

производства. Только с учетом всех требований и особенностей можно достичь оптимальных результатов обработки материалов. Правильно выбранные параметры резцов и их грамотное проектирование способствуют увеличению производительности и экономической эффективности станков с ЧПУ.

Чертеж спроектированного инструмента представлен в графической части дипломного проекта и в приложении Б. Таким образом в результате выполнения данного раздела было спроектировано станочное приспособление для операции 015 токарная с «механизированным приводом крепления заготовки и режущий инструмент для выполнения этой операции с эффективной геометрией режущей части, которая обеспечивает высокопроизводительную обработку детали на данной операции» [22]. Соответственно задачи данного раздела были решены в полном объеме.

4 Безопасность и экологичность технического объекта

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

«Обеспечение производственной безопасности на участке по изготовлению детали матрица является важной задачей. Ее решение основано на анализе выполняемых технологических операций, используемого оборудования, материалов веществ и средств оснащения. Данную информацию представим в виде паспорта (таблица 12), составленного на основе рекомендаций» [6].

Таблица 12 – Технологический паспорт технического объекта

«Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества
технологический процесс изготовления матрицы	фрезерная	оператор станков с числовым программным управлением	вертикально фрезерный чпумetal mark vf5150	сталь 40Х ГОСТ 4543-71, ветошь, смазочно-охлаждающая жидкость
	расточная	оператор станков с числовым программным управлением	станок координатно-расточной 2д450аф2	сталь 40Х ГОСТ 4543-71, ветошь, смазочно-охлаждающая жидкость» [6]

Продолжение таблицы 12

«Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества
технологический процесс изготовления матрицы	фрезерная	оператор станков с числовым программным управлением	вертикально фрезерный чпу metal mark vf5150	сталь 40Х ГОСТ 4543-71, ветошь, смазочно-охлаждающая жидкость
	расточная	оператор станков с числовым программным управлением	станок координатно-расточной 2д450аф2	сталь 40Х ГОСТ 4543-71, ветошь, смазочно-охлаждающая жидкость» [6]

Из представленного технического паспорта процесса обработки детали можно сделать вывод, что технология изготовления матрицы характеризуется широким использованием числового программного управления и программно управляемых станков. Это, в свою очередь, требует применения соответствующего технического оснащения и специальных охлаждающих жидкостей для выполнения операций.

4.2 Идентификация профессиональных рисков

Проведем анализ информации из таблицы 8 с целью определения потенциально опасных и вредных факторов на рассматриваемом производственном участке в процессе производства матрицы. Результаты приведем в таблице 12.

Таблица 12 – Идентификация профессиональных рисков

«Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и/или вредный производственный фактор	Источник опасного и/или вредного производственного фактора
фрезерная расточная шлифовальная электро-эрозионная	неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов, воздействующие на работающего при соприкосновении с ним	станок, средства технологического оснащения, технологический транспорт
	опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов, могущих вызвать ожоги (обморожения) тканей организма человека	станок, средства технологического оснащения
	опасные и вредные производственные факторы, связанные с повышенным уровнем общей вибрации	станок, средства оснащения, транспорт»[6]
	опасные и вредные производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризующиеся повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума	станок, средства технологического оснащения, технологический транспорт
	опасные и вредные производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий, включая действие молнии и высоковольтного разряда в виде дуги, а также электрического разряда живых организмов	станок
	отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения	станок, средства технологического оснащения

Продолжение таблицы 12

«Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и/или вредный производственный фактор	Источник опасного и/или вредного производственного фактора
фрезерная расточная шлифовальная электро-эрозионная	вещества, обладающие острой токсичностью по воздействию на организм	смазочно-охлаждающая жидкость
	физическая динамическая нагрузка	станок, средства технологического оснащения, технологический транспорт
	стереотипные рабочие движения	станок, средства технологического оснащения, технологический транспорт» [6]

Приведенные в таблице 12 опасные и вредные факторы позволяют сделать заключение, что технологическое оборудование и средства технологического оснащения являются главными источниками опасных и вредных факторов, которые могут нанести ущерб работникам производства и оказать негативное влияние на качество выполняемых работ.

4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

В данном разделе необходимо разработать специальные мероприятия и выбрать подходящие технические средства, которые помогут устранить или

снизить негативное воздействие опасных и вредных производственных факторов. Полученные результаты приведены в таблице 13.

Таблица 13 – Организационно-технические методы и технические средства устранения или снижения негативного воздействия опасных и вредных производственных факторов

«Опасный и/или вредный производственный фактор	Организационно-технические методы и технические средства защиты, частичного снижения, полного устранения опасного и/или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов, воздействующие на работающего при соприкосновении с ним	инструктаж по охране труда, устройства, ограждающие опасные зоны, зачистка заусенцев	фартук для защиты от общих производственных загрязнений, перчатки трикотажные с точечным полимерным покрытием, очки защитные
опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги (обморожения) тканей организма человека	инструктаж по охране труда, устройства, ограждающие опасные зоны	костюм для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий или халат для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий, нарукавники, перчатки трикотажные с точечным полимерным покрытием
опасные и вредные производственные факторы, связанные с повышенным уровнем общей вибрации	инструктаж, виброгасящие устройства и приспособления	ботинки кожаные с защитным подноском» [6]

Продолжение таблицы 14

«Опасный и/или вредный производственный фактор	Организационно-технические методы и технические средства защиты, частичного снижения, полного устранения опасного и/или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
опасные и вредные производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризующиеся повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума	инструктаж, устройства и приспособления, поглощающие и снижающие уровень шума	наушники противозумные или вкладыши противозумные
опасные и вредные производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий, включая действие молнии и высоковольтного разряда в виде дуги, а также электрического разряда	инструктаж по охране труда, устройства, ограждающие опасные зоны, устройства заземления оборудования, изоляции токоведущих частей, система аварийного отключения оборудования, средства изоляции	спецодежда
вещества, обладающие острой токсичностью по воздействию на организм физическая динамическая нагрузка	инструктаж по охране труда, устройств ограждающие опасные зоны инструктаж по охране труда, периодические перерывы	халат для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий, нарукавники, фартук для защиты от общих производственных загрязнений с нагрудником
стереотипные рабочие движения	инструктаж по охране труда, регламентируемые перерывы» [6]	—

Использование приведенных мероприятий, указанных в таблице 14, позволит снизить влияние вредных факторов производства до установленных нормативных значений, тем самым создавая соответствующие условия для работы, уменьшая риск травматизма и возникновения профессиональных заболеваний.

Таким образом, в данном разделе выполнено изучение содержания вредных и опасных производственных факторов оборудования, на участке изготовления матрицы, и рассмотреть вопросы безопасности обеспечения технологического процесса в контексте реальных условий производства. Были идентифицированы источники возникновения этих факторов. Были разработаны специальные меры безопасности и выбраны соответствующие технические средства с целью снижения воздействия выявленных опасных и вредных факторов.

Исходя из предоставленных данных, можно выделить несколько возможных опасных и вредных производственных факторов. Первым из них является использование химических веществ в процессе изготовления матрицы. Источниками таких факторов могут быть химические вещества, используемые в производстве, а также неправильное обращение с ними или нарушение техники безопасности при их использовании.

Еще одним опасным фактором на производстве матриц может быть шум. Возможно, на рассматриваемом участке есть оборудование, которое производит громкие звуки в процессе работы. Это может оказывать негативное воздействие на слух работников и вызывать проблемы со здоровьем. Источником данного фактора могут быть шумные машины или процессы, не снабженные адекватной звукоизоляцией.

Также следует обратить внимание на возможность возникновения различных травматических повреждений на рабочем месте. Данный фактор может проявиться в виде порезов, ушибов или зажатий пальцев в процессе работы с механическими инструментами или машинами. Источником таких

факторов могут быть неправильное использование инструментов, отсутствие или несоответствие защитных средств, а также невнимательность или несоблюдение инструкций по безопасности со стороны работников.

Для предотвращения опасных и вредных производственных факторов необходимо проводить регулярных инструктаж персонала по противопожарной безопасности, а также установку систем вентиляции и звукоизоляции.

Кроме того, необходимо проводить регулярные инструктажи и обучения сотрудников, чтобы они понимали все риски и знали, как правильно использовать инструменты и оборудование, а также соблюдать меры безопасности. Работники должны быть осведомлены о правилах обращения с химическими веществами и применять их в своей работе.

В заключение, анализ технологического процесса определения опасных и вредных производственных факторов, а также выявление источников, которые могут вызывать эти факторы, является важной задачей для обеспечения безопасности и предотвращения возможных рисков на производственном участке изготовления матрицы. Комплексная система мер по предотвращению этих факторов и обучению сотрудников поможет обеспечить безопасность и сохранение здоровья работников.

5 Экономическая эффективность работы

«Основная цель раздела заключается в оценке технико-экономических показателей, связанных с разработкой нового технологического процесса для изготовления матрицы штампа, а также проведении сравнительного анализа с базовым вариантом. Основная задача состоит в выявлении экономического эффекта, возникающего в результате внедрения предлагаемых технических решений» [12]. В результате выполнения этапов проектирования технологических операций. При этом на фрезерной операции 050 используется специальное оборудование, которое позволяет осуществлять точную обработку деталей. Также на данной операции применяется станочное оснащение, которое включает в себя различные приспособления и инструменты для обработки материалов.

Шлифовальные операции 070, 080, 065 и 075 также требуют использования специального оборудования. Эти операции выполняются с помощью шлифовальных станков, на которых устанавливаются абразивные материалы и инструменты. Они нужны для достижения нужной поверхности и точности обработки.

На фрезерной операции 050 используются интенсивные режимы резания. Они определяются в зависимости от материала и формы детали, а также требований к качеству обработки. Режимы резания включают в себя скорость подачи, глубину и ширину резания, новый тип применяемого на данной операции инструмента и другие параметры.

Эти изменения позволили сократить время выполнения осуществляемых операций, что свидетельствует о технологической эффективности комплекса изменений базовой технологии. Однако, необходимо также подтвердить экономическую эффективность, данных мероприятий, что и будет осуществлено в данном разделе.

«Взяв за основу предыдущие разделы бакалаврской работы, были выбраны необходимые технические параметры, включая основное и штучное

время, марку и модель оборудования, наименование инструмента и оснастки, применяемые на операциях 050-080. Далее для расчетов учитываются также дополнительные параметры, такие как мощность и занимаемая площадь оборудования, цены на оснастку и инструмент, часовые тарифные ставки, тарифы по энергоносителям и прочее» [12]. Вся информация о этих параметрах была взята из источника. Исходные данные также включают в себя данные из «паспорта станка, информацию о тарифах на энергоносители, предоставленную предприятием, веб-сайты, содержащие цены на оборудование, оснастку и инструменты» [12], а также другие первоначальные данные.

Кроме использования указанных источников, расчеты проводились с использованием программного обеспечения Microsoft Excel. Были рассчитаны «капитальные вложения по сравниваемым вариантам, технологическая себестоимость изменяющихся по вариантам операций, калькуляция себестоимости обработки детали по вариантам технологического процесса, приведенные затраты и выбор оптимального варианта, показатели экономической эффективности проектируемого варианта техники (технологии)» [12, с. 15–23].

Далее представлены основные результаты проведенных расчетов. На рисунке 6, показаны величины, из которых складываются капитальные вложения, которые составят 2334968,47 рублей.

«Изучение данных, представленных на диаграмме 6, позволяет сделать вывод, что основное технологическое оборудование является самыми затратными статьями расходов, составляющими 76,45% от общей суммы капитальных вложений. Все остальные затраты не превышают 10% от общей суммы затрат» [12].

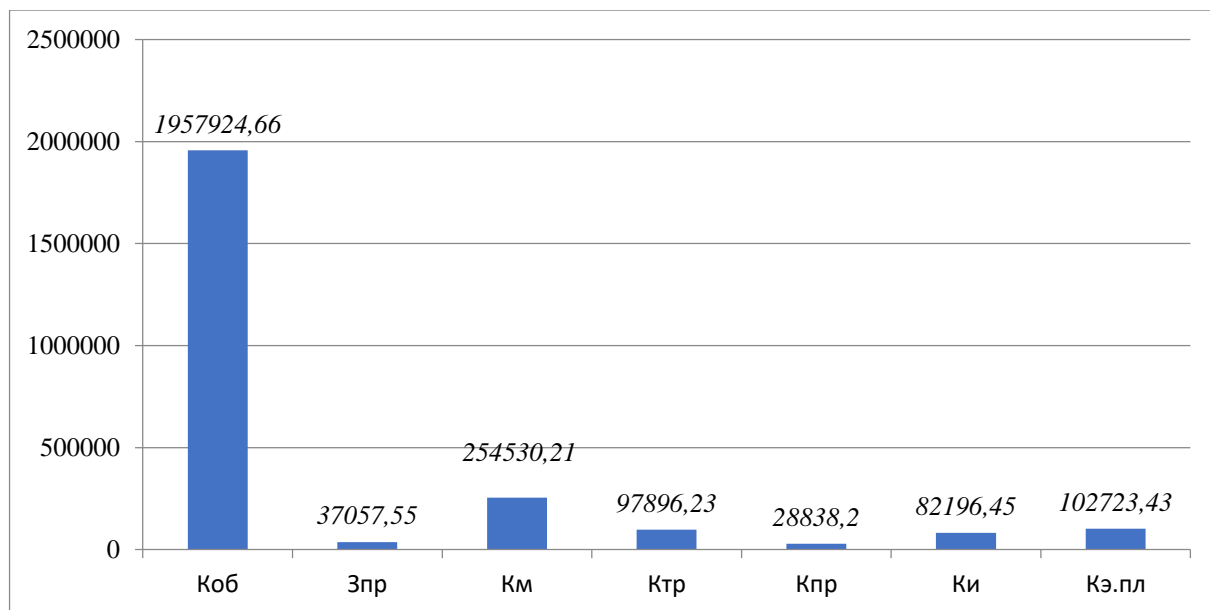


Рисунок 6 – Величина затрат, входящих в капитальные вложения, предложенного проекта, руб.

На рисунке 7 представлены параметры, из которых складывается технологическая себестоимость детали «матрица», по двум сравниваемым вариантам технологического процесса.

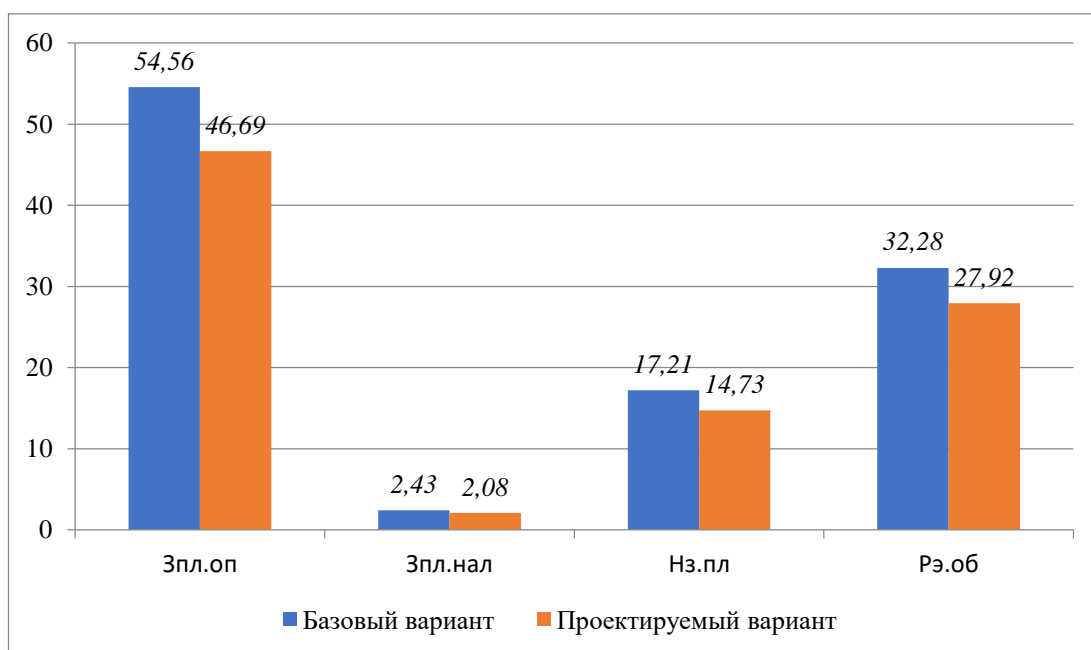


Рисунок 7 – Слагаемые технологической себестоимости изготовления детали «матрица», по вариантам, руб.

«Проведенный анализ показал, что основные материалы, за вычетом отходов, не были использованы для определения указанного параметра на рисунке 7. Это объясняется тем, что в ходе совершенствования технологического процесса не было сделано никаких изменений в способе получения заготовки. Поэтому данная величина остается постоянной и не окажет влияния на определение разницы в себестоимости между вариантами» [12]. «При анализе диаграммы на рисунке 6 видно, что две наиболее значимые составляющие технологической себестоимости - это заработная плата оператора (ЗПЛ.ОП) и расходы на содержание и эксплуатацию оборудования. Заработная плата оператора покрывает оплату труда рабочих операторов, занятых в указанных операциях. Доля этой составляющей составляет 51,25% от общей себестоимости в базовом варианте и 51,08% в проектируемом варианте. Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования составляют 30,31% от общей технологической себестоимости в базовом варианте и 30,54% в проектируемом варианте» [12]. «Рисунок 8 показывает результаты расчета себестоимости обработки детали на операциях 050-080 технологического процесса, полученные на основе предоставленных данных» [12].

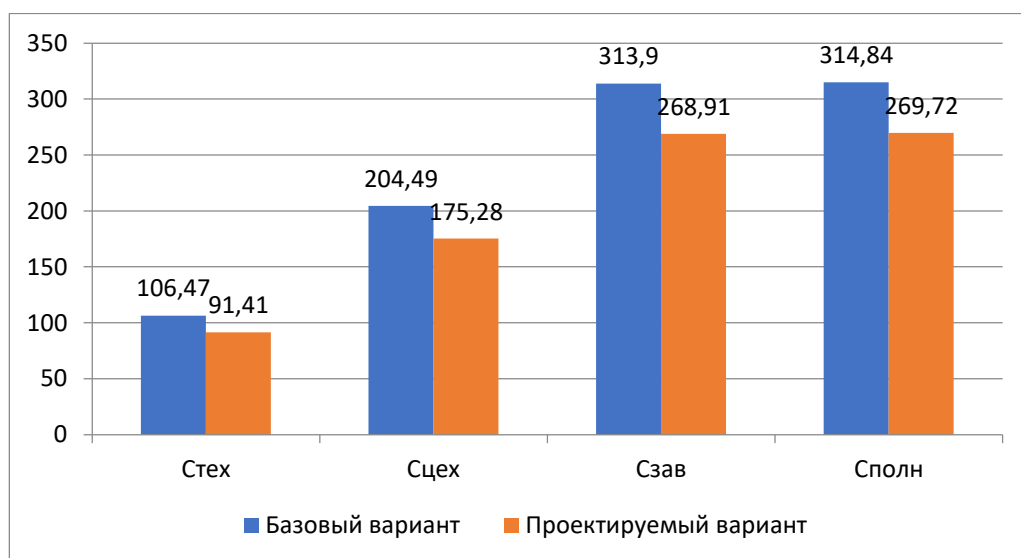


Рисунок 8 – Калькуляция себестоимости, по вариантам технологического процесса, руб.

Согласно данным из рисунка 8, полная себестоимость для базового варианта составляет 334,84 рубля, в то время как для проектируемого варианта она составляет 249,72 рубля. Иными словами, базовый вариант требует затрат на себестоимость в размере 334,84 рубля, в то время как проектируемый вариант требует затрат на себестоимость в размере 249,72 рубля. Таким образом, результаты нормирования операций технологического процесса имеют существенное значение для эффективного функционирования предприятия.

Прямые затраты включают в себя стоимость сырья, материалов и компонентов, затраты на оплату труда прямых исполнителей и другие прямые затраты, которые непосредственно связаны с процессом производства конкретного товара или услуги.

Косвенные расходы, или накладные расходы, включают в себя зарплату административного персонала, аренду здания, коммунальные услуги, расходы на маркетинг и рекламу, а также другие косвенные затраты, которые не могут быть прямо отнесены к производству конкретного товара.

Для определения полной себестоимости необходимо учесть все затраты предприятия за определенный период времени, например, за год. Это позволяет установить точную стоимость единицы продукции или услуги и определить цену, по которой предприятие может получить прибыль.

Дальнейшие расчеты показали, что капитальные вложения, которые составляют 2561266,73 рублей, окупятся в течение 3-х лет. Это означает, что в течение 3-х лет эти вложения смогут принести прибыль и компенсировать затраты на проект.

Таким образом, предложенные мероприятия в работе демонстрируют свою эффективность, поскольку каждый рубль, вложенный в них, принесет доход в размере 1,39 рубля. Величина интегрального экономического эффекта составляет 573975,91 рубля.

Заключение

В процессе выполнения работы был разработан технологический процесс изготовления детали вала с учетом указанных характеристик и программы производства. Также было разработано и спроектировано станочное зажимное устройство. На лимитирующей операции применен более прогрессивный режущий инструмент.

Для достижения высокой точности и скорости обработки, повторяемости, оптимального расхода материалов, снижения отходов и исключения брака в процессе изготовления данного изделия было использовано современное высокоточное, и автоматизированное оборудование с ЧПУ. В процессе выполнения работы был разработан технологический процесс изготовления детали - вала с учетом всех указанных характеристик и программы производства. Этот процесс был разработан с учетом определенных требований и целей, таких как качество, точность, производительность и экономическая эффективность.

После анализа данных и проведения расчетов была определена оптимальная последовательность операций, включающая такие этапы, как обработка на станках с ЧПУ, термическая обработка, шлифовка, полировка, проверка геометрических параметров и качества детали.

Важным элементом разработанного технологического процесса является обеспечение безопасности на каждом этапе производства детали. Для этого были предусмотрены специальные мероприятия и средства оснащения, а также критерии принятия решений на производстве.

В итоге, можно заявить, что цель работы была достигнута, разработанный в работе технологический процесс позволяет достичь высокого уровня качества и эффективности производства детали - вала с учетом заданных характеристик и программы производства.

Список используемых источников

1. Ансеров М.А. Приспособления для металлорежущих станков.Л.: Машиностроение, 1975. – 645 с.
2. ГОСТ 19257-73 Отверстия под нарезание метрической резьбы. Диаметры от 06 декабря 1973 - docs.cntd.ru [Электронный ресурс] URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200012246> (дата обращения: 03.09.2023).
3. ГОСТ 24705-2004 (ИСО 724:1993) Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая. Основные размеры от 02 марта 2005 - docs.cntd.ru [Электронный ресурс] URL:<https://docs.cntd.ru/document/1200038934> (дата обращения: 03.09.2023).
4. ГОСТ 2590-2006 Прокат сортовой стальной горячекатаный круглый. Сортамент от 29 июля 2008 - docs.cntd.ru [Электронный ресурс] URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200066543> (дата обращения: 16.09.2023).
5. ГОСТ 2590-88 Прокат стальной горячекатаный круглый. Сортамент от 29 июня 1988 - docs.cntd.ru. [Электронный ресурс] URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200004404> (дата обращения: 10.09.2023).
6. ГОСТ 7505-89 Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски от 21 сентября 1989 - docs.cntd.ru [Электронный ресурс] URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200008739> (дата обращения: 16.09.2023).
7. ГОСТ 7505-89 Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски от 21 сентября 1989 - ПРИЛОЖЕНИЕ 2 (обязательное). СТЕПЕНИ СЛОЖНОСТИ ПОКОВОК - docs.cntd.ru docs.cntd.ru [Электронный ресурс] URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200008739/titles/8P00LT> (дата обращения: 16.09.2023)

8. Дальский А.М., Косилова А.Г., Мещеряков Р.К., Суслов А.Г. (под ред.). Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. – Москва: Машиностроение, 2003 – Т.2 – 944с.
9. Ковальчук, С. Н. Технология машиностроения : учебное пособие / С. Н. Ковальчук. — Кемерово : КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2015. — 128 с.— Текст: электронный// Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/69457> (дата обращения: 10.09.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
10. Котляров Г.Н., Быстрова С.А., Ковтонюк Ж.М. Методическая разработка «Расчет припусков расчетно-аналитическим методом при проектировании технологических процессов механической обработки деталей машин». 2018 – 55 с. (дата обращения: 16.09.2023)
11. Круг стальной — производство, характеристики и применение RMS [Электронный ресурс] URL: <https://robmetalstal.ru/news/krug-stalnoj-proizvodstvo-harakteristiki-i-primenenie> (дата обращения: 10.09.2023).
12. Кулик, В. И. Технологичность машиностроительных изделий : учебное пособие / В. И. Кулик, А. С. Нилов. — Санкт-Петербург : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2021. — 71 с.— Текст: электронный// Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/220325> (дата обращения: 10.09.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей
13. Сталь 30ХГСА - расшифровка и характеристики | гост и применение стали 30ХГСА. [Электронный ресурс] URL: <https://areal-metal.ru/spravka/stal-30hgsa> (дата обращения: 10.09.2023).
14. Котляров Г.Н., Быстрова С.А., Ковтонюк Ж.М. Методическая разработка «Расчет припусков расчетно-аналитическим методом при проектировании технологических процессов механической обработки деталей машин». 2018 – 55 с. (дата обращения: 16.09.2023)

- 15.Круг стальной — производство, характеристики и применение RMS [Электронный ресурс] URL:<https://robmetalstal.ru/news/krug-stalnoj-proizvodstvo-harakteristiki-i-primeneniie> (дата обращения: 10.04.2023).
- 16.Курсовое проектирование по технологии машиностроения. А. Ф. Горбацевич, В. А. Шкред: Учебное пособие для вузов. М.: ООО ИД «Альянс», 2007 – 256 с. (дата обращения: 16.09.2023)
- 17.Разработка технологических процессов изготовления деталей машин: Методические указания к выполнению курсового проекта по дисциплине «Технология машиностроения»/ Козлов А.А., Кузьмич И.В., Солдатов А.А. –Тольятти: ТГУ, 2019. 210 с.
- 18.Расторгуев Д.А. Проектирование технологических операций: электронное учеб.-метод. пособие / Д.А.Расторгуев. – Тольятти: Изд-во ТГУ, 2015
- 19.Расчет припусков и межпереходных размеров в машиностроении: Учеб. пособ. Для машиностроит. спец. вузов/ Я.М. Радкевич, В.А. Тимирязев, А.Г. Схиртладзе, М.С. Островский; Под ред. В.А. Тимирязева. – 2-е изд. Высш. шк. 2007 г.
- 20.Резцы радиусные прямые вогнутые, форма "DD", форма "G" https://oaokiz.ru/f/price_list_2020.pdf
- 21.Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т1/Под ред. А.Г.Косиловой. - М.: Машиностроение, 1985. – 619 с.
- 22.Справочник технолога машиностроителя.-В 2-х т. Т.2./Под ред. А.Г.Косиловой. - М.: Машиностроение, 1985. - 496с.
- 23.Стружка лом цена [Электронный ресурс] URL: <https://glavchernet.ru/статьи/506-стружка-лом-цена.html> (дата обращения: 20.09.2023).
- 24.Технологические процессы в машиностроении. Назначение режимов резания и нормирование операций механической обработки заготовок в машиностроении : учебное пособие для вузов / Ю. М. Зубарев, А. В. Приемышев, В. Г. Юрьев, М. А. Афанасенков. — Санкт-Петербург :

- Лань, 2022. — 248 с. — ISBN 978-5-8114-8508-6.— Текст: электронный// Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/197529> (дата обращения: 06.09.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
25. Химический состав и физико-механические свойства стали 40X [Электронный ресурс]. — URL: http://metallicheckiy-portal.ru/marki_metallov/stk/40X (дата обращения: 06.09.2023).
26. 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. [Электронный ресурс]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/75715> (дата обращения: 23.09.2023).

Приложение А

Технологическая документация

Таблица А.1 – Технологическая документация

ГОСТ 3.1118-82 Форма 1																	
Дубль:																	
Взам:																	
Подп:																	
Изм	Лист	№ докум		Подпись		Дата		Изм	Лист	№ докум		Подпись	Дата				
Разработ:	Михалева А.Д.			Кафедра ТМ				«Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»									
Провер:	Ледовских Д.Г.																
Принят:				Технологический процесс изготовления вала				ДП									
Утверд:																	
Н. контр.:																	
М01 Сталь 30ХГСА ГОСТ 4543-2016																	
	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н расх	КИМ	Код загот.	Профиль и размер		К.Д.	М.Э.						
М02	–	166	0,66	1		0,69	090100	Ø27х355		1	0,957						
А		Цех	Уч.	Р.М.	Опер	Код, наименование операции					Обозначение документа						
Б		Код, наименование оборудования					С.М.	Проф.	Р.	У.Т.	К.Р.	Конт.	Е.Н.	О.Л.	Кит	Тел	Тел
А	03				005	Заготовительная											
	04					Крибошлипно-горячештамповочный пресс											
	05																
	06				010	Термообработка											
	07					Печь шахтная											
	08																
	09																
	10																
	11																
	12																
	13																
	14																
	15																

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 3.1118-82 Форма 16

ГОСТ 3.1118-82 Форма 16															
Дубл.															
Взам.															
Подп.															
А	Шк.	Уч.	РМ.	Опер.	Код, наименование операции	Обозначение документа									
Б					СМ.	Проф.	Р.	УЛ.	КР.	Канд.	ЕН.	ОП.	Кат.	Тиз.	Тел.
К					Наименование детали, сб. единицы или материала						Обозначение кода				
А	01				015	4112 Токарная				ИОТ 52/96					
Б	02				38 1111	ТС1625ф3 Станок токарный патронно-центровой с ЧПУ				2 18225 322 1р 1 1 1 4326 1 16,0 0,74					
Б	03				(Установка А)										
К	04	396110 Патрон самоцентрирующийся клиновидный трехлапчатый ПКСА-200С165 ТУ РБ 200167257.045-2003 БЗСП; 39 6181 Хомутик 7107-0035 ГОСТ 2578-70													
К	05	39 2151 Резец 2100-1505 тип G CTGNR1616H11-H ГОСТ 26611-85; Пластина режущая TNUIN-160408 по ГОСТ 25003-81; Пластина опорная OTN-1603 по ГОСТ 19073-80													
К	06	39 1242 Сферло 2317-0118 ГОСТ 14952-75													
К	07	393311 Штангенцикуль ШЦ-1-150-0,1 ГОСТ 166-80; 39 3110 Калибр контроля центрального отверстия													
О	08	На первом проходе подрезать торец 3 в размер l = 14,3,9 мм. На втором проходе подрезать торец 3 в размер l = 14,3,0 мм. На третьем проходе подрезать торец 3 в													
О	09	размер l = 14,2,6 мм. Центровать торец 3 l = 3,5 мм													
Б	10	(Установка Б)													
К	11	396110 Патрон самоцентрирующийся клиновидный трехлапчатый ПКСА-200С165 ТУ РБ 200167257.045-2003 БЗСП; 39 6181 Хомутик 7107-0035 ГОСТ 2578-70													
К	12	39 2151 Резец 2100-1505 тип G CTGNR1616H11-H ГОСТ 26611-85; Пластина режущая TNUIN-160408 по ГОСТ 25003-81; Пластина опорная OTN-1603 по ГОСТ 19073-80													
К	13	39 1242 Сферло 2317-0118 ГОСТ 14952-75													
К	14	393311 Штангенцикуль ШЦ-1-150-0,1 ГОСТ 166-80; 39 3110 Калибр контроля центрального отверстия													
О	15	На первом проходе подрезать торец 4 в размер l = 168,9 мм. На втором проходе подрезать торец 4 в размер l = 168,0 мм. На третьем проходе подрезать торец 4 в													
О	16	размер l = 167,6 мм. Центровать торец 3 l = 3,5 мм													
17															
18															
МК															

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 3.1118-82 Форма 16																			
Дробь																			
Взам																			
Лист																			
А	Шех	Уч.	Р.М.	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа													
Б	Код, наименование оборудования					СМ	Проф.	Р.	У.Т.	К.Р.	Канд.	Е.Н.	О.П.	Кат.	Тяг.	Тел.			
К	Наименование детали, сб. единицы или материала					Обозначение кода						АЛ	ЕВ	ЕН	КИ	Нижк			
А 01					020 4112 Токарная	ИОТ 52,96													
Б 02					38 1111 ТС1625ФЗ Станок токарный патронно-центральной с ЧПУ	2	18225	322	1р	1	1	1	4326	1	14,0	1,031			
К 03	392841 Вращающийся центр А-1-2-Н ЧПУ ГОСТ 8742-75; 392844 Центр 7032-0017 Марзе 2 ГОСТ 13214-79; 39 6181 Хомутик 7107-0035 ГОСТ 2578-70																		
К 04	39 2151 Резец 2101-0611 тип 1 Т15К6 ГОСТ 20872-80; Режущая пластина 08116-170415-136 по ГОСТ 19062-80; Опорная пластина 741-1704-1 по ГОСТ 19079-80																		
К 05	393311 Штангенциркуль ШЦ-1-150-0,1 ГОСТ 166-80																		
О 06	Точить пов.2 в размер ϕ 20,70 мм. Подрезать торец 15 в размер $l = 21,80$ мм. Точить пов.17 в размер ϕ 29,56 мм, с соблюдением радиуса сферической поверхности																		
О 07	R=13,5. Подрезать торец 16 в размер $l = 20,90$ мм. Точить пов.14 в размер ϕ 20,25 мм. Подрезать торец 12 в размер $l = 26,50$ мм. Точить пов.1 в размер ϕ 18,01 мм.																		
О 08																			
О 09																			
А 10					025 4112 Токарная	ИОТ 52,96													
Б 11					38 1111 ТС1625ФЗ Станок токарный патронно-центральной с ЧПУ	2	18225	322	1р	1	1	1	4326	1	13,0	0,859			
К 12	392841 Вращающийся центр А-1-2-Н ЧПУ ГОСТ 8742-75; 392844 Центр 7032-0017 Марзе 2 ГОСТ 13214-79; 39 6181 Хомутик 7107-0035 ГОСТ 2578-70																		
К 13	39 2151 Резец 2101-0611 тип 1 Т15К6 ГОСТ 20872-80; Режущая пластина 08116-170415-136 по ГОСТ 19062-80; Опорная пластина 741-1704-1 по ГОСТ 19079-80																		
К 14	393311 Штангенциркуль ШЦ-1-150-0,1 ГОСТ 166-80																		
О 15	Точить пов.2 в размер ϕ 18,90 мм. Подрезать торец 15 в размер $l = 20,60$ мм. Точить пов.17 в размер ϕ 28,16 мм, с соблюдением радиуса сферической поверхности																		
О 16	R=13,5. Подрезать торец 16 в размер $l = 20,30$ мм. Точить пов.14 в размер ϕ 18,85 мм. Подрезать торец 12 в размер $l = 25,90$ мм. Точить пов.1 в размер ϕ 16,25 мм.																		
О 17																			

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 3.1118-82 Форма 16

ГОСТ 3.1118-82 Форма 16																				
Диф.																				
Взам.																				
Лист																				
А	Шк	Уч.	РМ	Отеч	Код, наименование операции	Обозначение документа														
Б					Код, наименование оборудования	СМ	Проф.	Р.	УТ.	КР.	Код	ЕН.	ОП.	Кат.	Тя	Тит				
К						Наименование детали, сд. единицы или материала	Обозначение код					АЛ.	ЕВ.	ЕН.	КИ.	Нрк				
А	01				030	4112 Токарная	ИОТ 52\96													
Б	02				38 1111	ТС1625ф3 Станок токарный патронно-центровой с ЧПУ	2	18225	322	1р	1	1	1	4326	1	13,0	0,878			
К	03	392841 Вращающийся центр А-1-2-Н ЧПУ ГОСТ 8742-75; 392844 Центр					7032-0017	Марзе	2	ГОСТ 13214-79; 39 6181 Хомутик 7107-0035					ГОСТ 2578-70					
К	04	39 2151 Резец 2101-0611 тип 1 Т15К6 ГОСТ 20872-80; Режущая пластина 08116-170415-136 по ГОСТ 19062-80; Опорная пластина 741-1704-1 по ГОСТ 19079-80																		
К	05	393311 Штангенциркуль ШЦ-1-150-0,1 ГОСТ 166-80																		
О	06	Точить пов.2 в размер ϕ 18,60 мм. Подрезать торец 15 в размер $l = 20,30$ мм. Точить пов.17 в размер ϕ 27,91 мм, с соблюдением радиуса сферической поверхности																		
О	07	R=13,5. Подрезать торец 16 в размер $l = 20,00$ мм. Точить пов.14 в размер ϕ 18,60 мм. Подрезать торец 12 в размер $l = 25,60$ мм. Точить пов.1 в размер ϕ 15,91 мм.																		
О	08	Точить фаску на торце 4 размером $3 \times 45^\circ$																		
О	09																			
А	10				035	4112 Токарная	ИОТ 52\96													
Б	11				38 1111	ТС1625ф3 Станок токарный патронно-центровой с ЧПУ	2	18225	322	1р	1	1	1	4326	1	13,0	1,790			
К	12	392841 Вращающийся центр А-1-2-Н ЧПУ ГОСТ 8742-75; 392844 Центр					7032-0017	Марзе	2	ГОСТ 13214-79; 39 6181 Хомутик 7107-0035					ГОСТ 2578-70					
К	13	39 2151 Резец 2101-076 тип 2 ГОСТ 20872-80; Режущая пластина 08116-170415-136 по ГОСТ 19062-80; Опорная пластина 741-1704-1 по ГОСТ 19079-80																		
К	14	393311 Штангенциркуль ШЦ-1-150-0,1 ГОСТ 166-80																		
О	15	Точить пов.13 в размер ϕ 27,76 мм, с соблюдением радиуса сферической поверхности R=13,5																		
О	16																			
О	17																			
О	18																			
О	19																			

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 3.1118-82 Форма 16

ГОСТ 3.1118-82 Форма 16																		
Диф.																		
Взам.																		
Лист																		
А	Цех	Уч.	Р.М.	Опер.	Код, наименование операции				Обозначение документа									
Б	Код, наименование оборудования				СМ.	Проф.	Р.	УТ.	К.Р.	Конд.	ЕН.	ОП.	Кат.	Тпа.	Тот.			
К	Наименование детали, сб. единицы или материала				Обозначение кода						АЛ.	ЕВ.	ЕН.	КИ.	Низк.			
А 01				040	4.112 Токарная				ИОТ 52 96									
Б 02					38 1111	ТС1625ф3	Станок токарный патронно-центровой с ЧПУ	2	18225	322	1р	1	1	1	4326	1	13,0	0,468
К 03	392841 Вращающийся центр А-1-2-Н ЧПУ ГОСТ 8742-75; 392844 Центр 7032-0017 Морзе 2 ГОСТ 13214-79; 39 6181 Хомутик 7107-0035 ГОСТ 2578-70																	
К 04	39 2151 Резец 2101-0767 тип 2 ГОСТ 20872-80; Режущая пластина 08116-170415-136 по ГОСТ 19062-80; Опорная пластина 741-1704-1 по ГОСТ 19079-80																	
К 05	393311 Штангенциркуль ШЦ-1-150-0,1 ГОСТ 166-80																	
О 06	Точить паф.1 в размер ϕ 15,76 мм. Точить фаску на торце 3 размером $1 \times 45^\circ$																	
07																		
08																		
09																		
А 10				045	4.120 Сверлильная				ИОТ 52 96									
Б 11					38 1111	ТС1625ф3	Станок токарный патронно-центровой с ЧПУ	2	18225	422	1р	1	1	1	4326	1	10,0	1580
К 12	396110 Патрон самоцентрирующийся клиновидный трехлапчатый ПКСА-20А С165 ТУАРБ 200167257.045-2003 Б3СП; 39 6181 Хомутик 7107-0035 ГОСТ 2578-70																	
К 13	39 2812 Патрон центровой 1-30-12-90 ГОСТ 26539-85; 39 1213 Сверло 2300-5917-А1 ГОСТ 4010-77																	
К 14	39 3110 Калибр ГОСТ 2534-77; 39 3110 Калибр пробка ГОСТ 14827-69																	
О 15	Сверлить отверстие на торце поверхности 3, глубиной $t=40$ мм, в размер $\phi 6,7$ мм																	
16																		
17																		
18																		

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 3.1118-82 Форма 16																		
Дубл.																		
Взам.																		
Подп.																		
А	Цех	Уч.	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа												
Б					СМ	Проф.	Р.	УТ.	КР.	Качд.	ЕН.	ОП.	Кат.	Тяг.	Тот.			
К					Наименование детали, сб. единицы или материала	Обозначение, код					АЛ.	ЕВ.	ЕН.	КИ.	Ннск.			
А 01				050	7272 Резьбанарезная	ИОТ 52, 96												
Б 02					38 1111 ТС1625Ф3 Станок токарный патронно-центровой с ЧПУ	2	18225	422	1р	1	1	1	4326	1	10,0	1046		
К 03	396110 Патрон самцентрирующийся клиновидный трехлапчатый ПКСА-200С165 ТУ РБ 200167257.045-2003 БЗСП; 39 6181 Хомутик 7107-0035 ГОСТ 2578-70																	
К 04	39 2812 Патрон цанговый 1-30-12-90 ГОСТ 26539-85; 39 1311 Метчик 2620-2567 ГОСТ 3266-81																	
К 05	39 3110 Калибр ГОСТ 2534-77; 39 3110 Калибр пробка ГОСТ 14827-69																	
О 06	Нарезать резьбу М8 глубиной h=30 мм																	
07																		
08																		
09																		
А 10				055	4260 Фрезерная	ИОТ 52, 96												
Б 11					38 16ХХ ФС65МФ3 Фрезерный центр с ЧПУ	2	18632	422	1р	1	1	1	4326	1	18,0	0,452		
К 12	39 6131 Тиски стачные винтовые самоцентрирующие 7200-0251 ГОСТ 21168-75																	
К 13	39 2812 Патрон цанговый 1-30-30-100 ГОСТ 26539-85																	
К 14	39 1834 Фреза дисковая 2250-0005 ГОСТ 3964-69																	
К 15	Оправка Тл2842-22 ГОСТ 27304-87																	
К 16	39 3110 Калибр пробка ГОСТ 14827-69																	
О 17	Фрезеровать канавку по $l = 15\text{мм}$, $b = 3,5\text{мм}$, $d = 8,5\text{мм}$																	
18																		
19																		

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 3.1118-82 Форма 16

ГОСТ 3.1118-82 Форма 16																			
Дробь																			
Взам.																			
Лист																			
А	Цех	Уч.	Р.М.	Опер.	Код, наименование операции	Обозначение документа													
Б					Код, наименование оборудования		С.М.	Проф.	Р.	У.Т.	К.Р.	Канд.	Е.Н.	О.П.	Кат.	Тел.	Тел.		
К					Наименование детали, сб. единицы или материала		Обозначение код					А.П.	Е.В.	Е.Н.	К.И.	Н.Я.к.			
А 01					060 4260 Фрезерная	ИОТ 52196													
Б 02					38 16ХХ ФС65МФЗ Фрезерный центр с ЧПУ	2	18632	422	1р	1	1	1	4326	1	18,0	0,945			
К 03	39 6131 Тиски станочные винтовые самоцентрирующие 7200-0251 ГОСТ 21168-75																		
К 04	39 2812 Патрон цанговый 1-30-30-100 ГОСТ 26539-85																		
К 05	39 1852 Фреза канцевая 2223-0292 ГОСТ 17026-71																		
К 06	39 3110 Калибр пробка ГОСТ 14827-69																		
О 07	Фрезеровать лыски 4 шт на пов.2 по кругу на расстоянии 90, h = 14мм, d = 15мм, n = 15мм																		
08																			
09					065 Термообработка														
10					Печь шахтная														
11																			
А 12					070 4130 Шлифовальная	ИОТ 52196													
Б 13					38 131Х ЗМ151ФЗ Круглошлифовальный	2	18873	422	1р	1	1	1	4326	1	16,0	0,477			
Б 14	станок с ЧПУ																		
К 15	392841 Вращающийся центр А-1-2-Н ЧПУ ГОСТ 8742-75; 392844 Центр 7032-0017 Морзе 2 ГОСТ 13214-79																		
К 16	39 7712 Круг шлифовальный 1 125x25x32 25А 10-П С2 7 К1А 35 м/с А 1 кл. ГОСТ 2424-83; Оправка d=32мм, d1=50мм.																		
К 17	39 3121 Скабы с опсечетным устройством ГОСТ 11098-75																		
О 18	Шлифовать торец пов.4 до l = 167,00 мм Ra = 6,3 Шлифовать торец пов.3 до l = 142,00 мм Ra = 6,3																		
м.к.																			

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 3.1118-82 Форма 16

Дубл.		Взам.		Подп.																	
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции				Обозначение документа												
Б	Код, наименование оборудования				СМ	Проф.	Р.	УТ.	КР.	Канд.	ЕН.	ОП.	Кат.	Тпа	Тшт.						
К	Наименование детали, сб. единицы или материала				Обозначение код						АП.	ЕВ.	ЕН.	КИ.	Ниж.						
А 01				075	4130 Шлифовальная				ИОТ 52 96												
Б 02				38	131X	3M151Ф2	Круглошлифовальный				2	18873	422	1р	1	1	1	4326	1	13,0	4,075
Б 03					станок с ЧПУ																
К 04	392841 Вращающийся центр А-1-2-Н ЧПУ ГОСТ 8742-75, 392844 Центр 7032-0017 Морзе 2 ГОСТ 13214-79																				
К 05	39 7712 Круг шлифовальный 1 125x25x32 25А 10-П С2 7 К1А 35 м/с А 1 кл. ГОСТ 2424-83; Оправка d=32мм, d1=50мм.																				
К 06	39 3121 Скабы с отсчетным устройством ГОСТ 11098-75																				
О 07	Шлифовать пов. 1 в размер Ø 15,16 мм Ra = 6,3; Шлифовать пов. 14 в размер Ø 18,00 мм Ra = 6,3; Шлифовать пов. 2 в размер Ø 18,00 мм Ra = 6,3																				
О 08	Шлифовать торец пов. 12 до l = 25,00 мм Ra = 6,3																				
09																					
10																					
А 11				080	4130 Шлифовальная				ИОТ 52 96												
Б 12				38	131X	3M151Ф2	Круглошлифовальный				2	18873	422	1р	1	1	1	4326	1	13,0	0,691
К 13					станок с ЧПУ																
К 14	392841 Вращающийся центр А-1-2-Н ЧПУ ГОСТ 8742-75, 392844 Центр 7032-0017 Морзе 2 ГОСТ 13214-79																				
К 15	39 7712 Круг шлифовальный 1 125x25x32 25А 10-П С2 7 К1А 35 м/с А 1 кл. ГОСТ 2424-83; Оправка d=32мм, d1=50мм.																				
К 16	39 3121 Скабы с отсчетным устройством ГОСТ 11098-75																				
О 17	На первом проходе шлифовать пов. 1 в размер Ø 15,06 мм Ra = 3,2; На втором проходе шлифовать пов. 1 в размер Ø 15,00 мм Ra = 1,6																				
18																					
19																					

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 3.1118-82 Форма 16

Дубль																											
Взам.																											
Подп.																											
А	Цех	Уч.	РМ.	Откв.	Код, наименование операции	Обозначение документа																					
Б					Код, наименование оборудования	СМ.	Проф.	Р.	УТ.	КР.	Канв.	ЕН.	ОП.	Кат.	Тпа	Тшт											
К					Наименование детали, сб. единицы или материала	Обозначение, код						АЛ.	ЕВ.	ЕН.	КИ.	Нижк											
А	01				085	4130 Шлифовальная				ИОТ 521 96																	
Б	02				38	131X	3M151Ф2	Круглошлифовальный									2	18873	422	1р	1	1	1	4326	1	13,0	0,568
Б	03				станок с ЧПУ																						
К	04	392841 Вращающийся центр А-1-2-Н ЧПУ ГОСТ 8742-75, 392844 Центр 7032-0017 Марзе 2 ГОСТ 13214-79																									
К	05	39 7712 Круг шлифовальный 1 125x25x32 25А 10-П С2 7 К1А 35 м/с А 1 кл ГОСТ 2424-83; Оправка d=32мм, d1=50мм.																									
К	06	39 3121 Скабы с отсчетным устройством ГОСТ 11098-75																									
О	07	На первом проходе шлифовать пов. 13 в размер Ш 27,16 мм Ra = 6,3; На втором проходе шлифовать пов. 13 в размер Ш 27,06 мм Ra = 3,2																									
О	08	На третьем проходе шлифовать пов. 13 в размер Ш 27,00 мм Ra = 1,6																									
О	09																										
О	10																										
О	11				090	Маячная																					
О	12																										
О	13				095	Контрольная																					
О	14																										
О	15				100	Нанесение антикоррозийного покрытия																					
О	16																										
О	17																										
О	18																										
О	19																										

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 3.14.04 – 86 Формы 3											
Дубл.											
Взам.											
Подп.											
Листов 15								Лист 2			
Разраб.	Михалева А.Д.					ТГУ	ТМ				
Провер.	Лебашкин Д.Г.										
Нконтр.	Технологический процесс изготовления вала							Цех	Уч.	РМ	ОЗО
Наименование операции		Материал		Твердость	ЕВ	МД	Профиль, разм, заготовка		МЗ	КОИД	
015 Токарная (Установка Б)		Сталь 30ХГСА ГОСТ 4543-2016			166	0,66	φ27х355		0,957	1	
Оборудование, устройства ЧПУ		Обозначение программы		То	Тв	Тпз	Тшт	Сож			
ТС1625Ф3 Станок токарный патронно-центровой с ЧПУ				0,122	0,555	16,000	0,740	Сульфидфрезал			
Р	Содержание перехода			То	Д или В	L	t	i	S	п	V
01	1. Установить и снять заготовку				мм.	мм.	мм.		мм./зуб.	обор./мин.	м/мин
Т02	396110 Патрон самоцентрирующийся клиновидный трехлапчатый ПКСА-200.С165 ТУ РБ 200167257.045-2003 БЗСП										
Т03	39 6181 Хомутик 7107-0035 ГОСТ 2578-70										
04	2. Точить пов. в размер l: (4) = 168,9 ^{+0,4} мм. Точить пов. в размер l: (4) = 168,0 ^{+0,25} мм. Точить пов. в размер l: (4) = 167,6 ^{-0,16} мм.										
05	3. Центровать пов. в размер l: (4) = 3,15 ^{+0,075} мм.										
Т06	39 2151 Резец 2100-1505 тип G CTGNR1616H11-H ГОСТ 26611-85;										
Т07	Пластина режущая TNUN-160408 по ГОСТ 25003-81; Пластина опорная OTN-1603 по ГОСТ 19073-80										
Т08	393311 Штангенциркуль ШЦ-1-150-0,1 ГОСТ 166-80										
09					168,9 ^{+0,4}	16	1	0,8	1515,19	108	
10					168,0 ^{+0,25}	0,9	1	0,8	1515,19	108	
11					167,6 ^{-0,16}	0,4	1	0,8	1515,19	108	
12					3,15 ^{+0,075}	3,5	1	0,7	1515,19	108	
13											
OK	Операционная карта										

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 3.1404 – 86 Форма 3											
Дубл.											
Взам.											
Подп.											
								Листов 15	Лист 11		
Разраб.	Михалева А.Д.			ТГУ		ТМ					
Провер.	Левашкин Д.Г.										
Н.контр.	Технологический процесс изготовления вала							Цех	Уч.	РМ	075
Наименование операции		Материал		Твердость	ЕВ	МД	Профиль, разм. заготовка		МЗ	КОИД	
060 Фрезерная		Сталь 30ХГСА ГОСТ 4543-2016			166	0,66	φ27×355		0,957	1	
Оборудование, устройства ЧПУ		Обозначение программы		Ta	Tb	Tpa	Tшт	Саж			
ФС65МФЗ Фрезерный центр с ЧПУ				0,228	0,630	18,000	0,945	Сульфидфрезал			
P	Содержание перехода			Ta	D или B	L	t	i	S	n	V
01	1. Установить и снять заготовку				мм.	мм.	мм.		мм./зуб.	обор./мин.	м/мин
T02	39 6131 Тиски станочные винтовые самоцентрирующие 7200-0251 ГОСТ 21168-75; 39 2812 Патрон цанговый 1-30-30-100 ГОСТ 26539-85										
03	2. Фрезеровать лыски ⑥⑦⑧⑨ - 4 шт на пов. ② по кругу на расстоянии 90, h = 14 ^{-0,11} мм, d = 15 ^{-0,11} мм, n = 15 ^{-0,11} мм										
T04	39 1852 Фреза канцевая 2223-0292 ГОСТ 17026-71										
T05	39 3110 Калибр пробка ГОСТ 14827-69										
06				15 ^{-0,11}	14 ^{-0,11}	15	1	0,3	2397,10	140	
07											
08											
09											
10											
11											
12											
13											
OK	Операционная карта										

Приложение Б
Спецификации к сборочным чертежам

Таблица Б.1 – Спецификации к сборочным чертежам

Перв. примен.	Формат		Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
	Зона	Поз.					
Сбор. №				<u>Документация</u>			
	A1			Патрон самоцентрирующий трехкулачковый			
Пздн. и дата				<u>Детали</u>			
		1		Корпус патрона	1		
		2		Постоянный кулачок	3		
		3		Сменный кулачок	3		
		6		Крышка патрона	1		
		10		Передняя часть шпинделя	1		
		11		Втулка центральная	1		
		12		Шток	1		
		13		Корпус коробки скоростей	1		
		16		Корпус привода	1		
		17		Задняя часть шпинделя	1		
		18		Гидроцилиндр	1		
		22		Хвостовик	1		
		24		Втулка	1		
		5		Шпонка	1		
		32		Поршень	1		
		2		Кольцо	1		
	Взам. инв. №						
Инв. № вкл.							
Изм. лист							
Разраб.							
Проб.							
Н.контр.							
Утв.							
Патрон самоцентрирующий трехкулачковый				Лист	Лист	Листов	
					1	2	

Копировал

Формат А4

Продолжение Приложения Б

Продолжение таблицы Б.1

Формат Зона		Паз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
					Стандартные изделия		
		4		Винт М10×40	6		
		8		Винт М10×100	3		
		9		Винт М6×24	6		
		14		Винт М8×25	4		
		19		Винт М4×30	3		
				ГОСТ 11738-84			
		7		Винт М4×14	3		
				ГОСТ 174.75-80			
		21		Кольцо 030-038-46	2		
		20		Кольцо 080-088-46	3		
		27		Кольцо 060-068-46	3		
				ГОСТ 9833-73			
		26		Кольцо А30	1		
				ГОСТ 13940-86			
		25		Подшипник 1206	2		
				ГОСТ 284.28-90			
		29		Пробка 7009-0221	3		
		28		Пробка 7009-0223	1		
				ГОСТ 12202-66			
		31		Шайба С.20.37	1		
				ГОСТ 11371-78			
		30		Гайка М20х1,5-6Н	1		
				ГОСТ 5929-70			
		23		Кольцо 060-066-046	2		
				ГОСТ 9833-73			
Инф. № подл.						Лист	
Взам. инв. №						2	
Инв. № инв.							
Подп. и дата							
Подп. и дата							
Изм.		Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Копировал
Формат А4