

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 проставки трансмиссии
гоночного автомобиля

Студент

А.Е. Жирнов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент Л.А. Резников

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Консультанты

к.э.н. Н.В. Зубкова

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

к.т.н., доцент А.В. Краснов

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2020

Аннотация

Жирнов Александр Евгеньевич: Технологический процесс изготовления проставки трансмиссии гоночного автомобиля.

Выпускная квалификационная работа состоит из расчетно-пояснительной записки и графической части.

Расчетно-пояснительная записка содержит анализ исходных данных; технологическую часть, где разрабатывается технологический процесс изготовления детали, проектируется заготовка, ведется определение режимов обработки; проектирование специальных средств технологического оснащения, состоящих из станочной оснастки и режущего инструмента; раздел безопасности и экологичности технического объекта; расчет экономической эффективности работы; заключение, список используемой литературы и приложений, где располагается технологическая документация к техпроцессу.

Объем расчетно-пояснительной записки составляет 69 страниц, графическая часть составляет 7 листов формата А1.

Содержание

Введение.....	5
1 Анализ исходных данных.....	6
1.1 Служебное назначение детали.....	6
1.2 Классификация поверхностей детали.....	6
1.3 Анализ материала детали.....	7
1.4 Анализ технологичности детали.....	8
2 Технологическая часть работы.....	9
2.1 Выбор типа производства.....	9
2.2 Выбор метода получения заготовки.....	9
2.3 Выбор методов обработки поверхностей.....	11
2.4 Выбор средств технологического оснащения.....	12
2.5 Расчет режимов резания.....	14
3 Проектирование специальных средств технологического оснащения.....	33
3.1 Анализ исходных данных.....	33
3.2 Определение усилий резания.....	33
3.3 Расчёт силового привода	35
3.4 Описание работы приспособления.....	35
4 Проектирование режущего инструмента.....	37
4.1 Исходные данные.....	37
4.2 Проектирование фрезы.....	38
4.3 Патентный поиск.....	39
5 Безопасность и экологичность технического объекта.....	50
5.1 Конструктивно-технологическая и организационно- техническая характеристика рассматриваемого технического объекта	50
5.2 Идентификация профессиональных рисков.....	51
5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	52
5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта...	53

5.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта.....	55
6 Экономическая эффективность работы.....	58
Заключение.....	62
Список используемой литературы.....	63
Приложение А. Операционные карты и карты эскизов	66

Введение

Машиностроение является одной из самых важных отраслей промышленности Российской Федерации и мировой экономики в целом. От машиностроения зависит продуктивность любой отрасли промышленности. Одним из наиболее актуальных вопросов повышения качества изделий машиностроения и надежности обрабатывающего оборудования в условиях современного автоматизированного производства является диагностирование состояния режущего инструмента в процессе обработки, то есть контроль за его работоспособностью в реальном масштабе времени и оперативное обнаружение начальной фазы критического износа, скола или поломки для своевременной замены. Эту задачу решить затруднительно в связи с несколькими объективными причинами, связанными с недостаточной доступностью зоны обработки для контроля происходящих в ней явлений и процессов, зависимостью от целого ряда внешних факторов, сопутствующих обработке металлов, отсутствием надежных параметров и методов определения износа режущих инструментов в условиях автоматизированного производства.

В Тольяттинском государственном университете создана команда «Formula Student» по разработке и изготовлению гоночных автомобилей, которая участвует в международных инженерных соревнованиях.

Проставка – деталь, устанавливаемая между колесным диском и ступицей автомобиля. Это дает возможность увеличить колесную базу спортивного автомобиля, что позволяет улучшить его ходовые качества, а именно устойчивость, управляемость и так далее.

Целью настоящей работы является разработка технологического процесса изготовления проставки трансмиссии гоночного автомобиля заданного качества с наименьшими затратами на производство.

1 Анализ состояния вопроса

1.1 Служебное назначение детали

Проставка – деталь, устанавливаемая между колесным диском и ступицей автомобиля. Это дает возможность увеличить колесную базу спортивного автомобиля, что позволяет улучшить его ходовые качества, а именно устойчивость, управляемость и так далее.

1.2 Классификация поверхностей детали

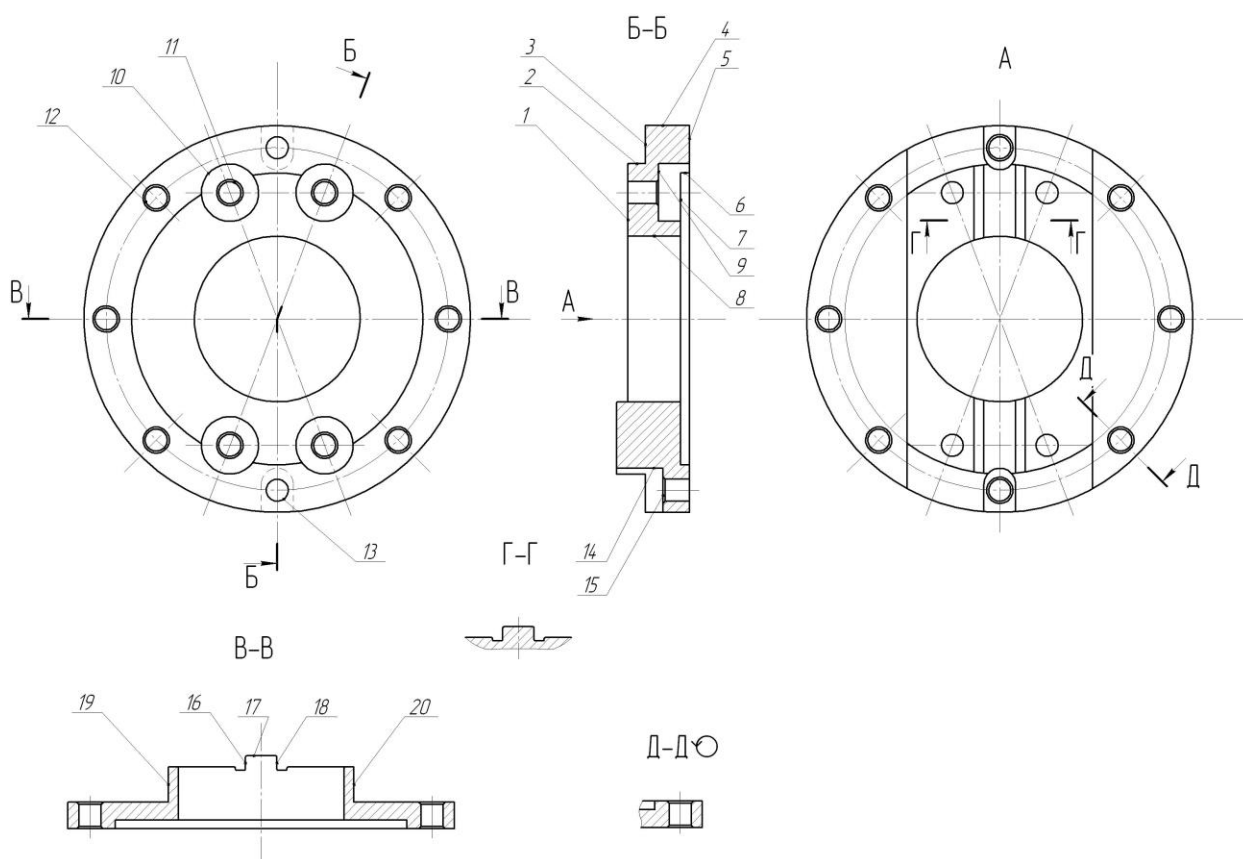


Рисунок 1 - Систематизация поверхностей

Исполнительными являются (рисунок 1) поверхности 16 и 18, так как они выполняют служебное назначение.

Основными конструкторскими базами будут торцы 2 и 6, определяющие положение проставки в узле.

Вспомогательными конструкторскими базами будут торцы 1, 5, 9, 15, отверстия 11 и 12, а также центральное отверстие 8.

Остальные поверхности будут свободными.

1.3 Анализ материала детали

Материалом детали является сталь 40Х ГОСТ 4543-71. [1]

Химические элементы, входящие в состав стали 40Х представлены в таблице 1. [1]

Таблица 1 - Химические элементы, входящие в состав стали 40Х

Химический элемент	Содержание, %
Углерод	0,36...0,44
Хром	0,8...1,1
Сера	не более 0,035
Медь	не более 0,3
Марганец	0,5...0,8
Никель	не более 0,3
Кремний	0,17...0,37
Железо	остальное

Основными физико-механическими свойствами материала стали 40Х являются: $\sigma_B = 950...980$ МПа, твердость после заготовительной операции $HV = 212...248$. [2]

«Стали являются универсальным конструкционным материалом, способным работать при различных вариантах внешнего воздействия: при высоких статических и циклических напряжениях, климатических, криогенных и повышенных температурах; при воздействии агрессивной внешней среды. Механические, физические, химические и технологические свойства сталей обусловлены свойствами железа. Стали наследуют от железа: высокий модуль упругости; высокую теплопроводность и низкий коэффициент линейного расширения; хорошие технологические свойства.

Многообразие свойств связано с полиморфизмом железа и с возможностью его легирования углеродом и другими элементами; возможностью применения почти всех видов термической и химико-термической обработки». [3]

1.4 Анализ технологичности детали

«Под технологичностью конструкции изделия понимается совокупность свойств конструкции, обеспечивающих изготовление, ремонт и техническое обслуживание изделия по наиболее эффективной технологии в сравнении с аналогичными конструкциями при одинаковых условиях их изготовления, эксплуатации, при одних и тех же показателях качества». [2]

Конструкцией детали предусмотрены технологические канавки для выхода режущих инструментов в процессе обработки, её поверхности достаточно просты и обеспечивают удобство, надёжность крепления на станках, а также позволяют легко контролировать все обрабатываемые поверхности.

Таким образом, делаем заключение о достаточно высокой технологичности нашей детали.

2 Технологическая часть работы

2.1 Выбор типа производства

Тип производства в нашем случае выбирается в зависимости от двух показателей: годовой программы выпуска и массы изделия. В задании обозначена годовая программа $N_{г} = 5000$ штук, а масса детали $m = 3,15$ кг.

Отталкиваясь от вышеуказанных показателей, принимаем тип производства – среднесерийный. [4]

«Серийное производство характеризуется изготовлением или ремонтом изделий периодически повторяющимися партиями. Продукцией серийного производства являются машины установившегося типа, выпускаемые в значительных количествах. Этот тип производства является наиболее распространенным». [4]

«Характерным признаком серийного производства является выполнение на рабочих местах относительно небольшого числа периодически повторяющихся операций. В серийном производстве используют как специальные средства технологического оснащения, так и универсальные. Оборудование в цехах располагают по ходу технологического процесса. Технологические процессы в серийном производстве разрабатываются подробно». [4]

2.2 Выбор метода получения заготовки

«В целях уменьшения расходов на материал, снижения трудоемкости и затрат на механообработку необходимо стремиться к тому, чтобы заготовка по своей форме и размерам в большей степени соответствовала геометрическим параметрам готовой детали. Это особенно важно при проектировании автоматизированных технологических процессов и производств. В месте с тем применение наиболее производительных,

совершенных способов получения точных заготовок связано со значительные затраты на специальное оборудование и приспособления, целесообразность использования которых становится оправданной при крупносерийном и массовом производстве». [5]

«Производительность заготовительных процессов в большинстве случаев на порядок выше производительности техпроцессов механической обработки. Таким образом, перенос большей части процесса формообразования детали на заготовительное производство, на стадию получения точных заготовок позволяет значительно снизить расход материала и затраты на механическую обработку. Однако все это требует технико-экономического обоснования для каждого конкретного случая с учетом программы выпуска деталей, расхода материала, затрат на получение заготовки и ее механообработку». [5]

Рассчитаем себестоимость получения заготовки из проката с массой $m = 8,34$ кг.

Определим стоимость процесса снятия стружки при механической обработке. [6]

$$C_{\text{мех}} = C_c + E_H \cdot C_K, \quad (1)$$

где $C_c = 0,495$; $E_H = 0,15$; $C_K = 1,085$. [6]

Тогда

$$C_{\text{мех}} = 0,495 + 0,15 \cdot 1,085 = 0,6578 \text{ руб/кг.}$$

$$C_{\text{ин}} = C_{\text{заг}} \cdot Q_{\text{нр}} + C_{\text{мех}} (Q_{\text{нр}} - q) - C_{\text{отх}} (Q_{\text{нр}} - q), \quad (2)$$

где $Q_{\text{нр}} = 9,02$; $q = 4,0$ по условию.

Тогда:

$$C_{\text{ин}} = 0,1219 \cdot 8,34 + 0,6578(8,34 - 3,15) - 0,0144(8,34 - 3,15) = 4,3559, \text{ руб.}$$

Рассчитаем себестоимость получения заготовки штамповкой с массой $m = 5,6$ кг.

$$C_{ми} = C_{заг} \cdot Q_{шт} + C_{мех} (Q_{шт} - q) - C_{отх} (Q_{шт} - q), \quad (3)$$

где $Q_{шт} = 5,65$; $q = 4,0$; $C_{отх} = 0,0144$. [6]

Тогда:

$$C_{ми} = 0,2715 \cdot 5,6 + 0,6578(5,6 - 3,15) - (5,6 - 3,15)0,0144 = 3,0967, \text{ руб.}$$

По себестоимости наиболее экономичный способ изготовления заготовки – штамповка.

2.3 Выбор методов обработки поверхностей

«Процесс формирования геометрической точности детали, качества поверхностного слоя, структуры материала детали представляет собой весьма сложную картину взаимного влияния большого множества факторов, действующих при обработке заготовки. Картина становится еще более сложной и запутанной из-за многовариантности технологических процессов как по составу технологических переходов, числу операций, так и по их последовательности. Поэтому технолог при разработке маршрута обработки заготовки должен учитывать это обстоятельство и предусмотреть соответствующие мероприятия, исключающие негативное влияние последующих переходов на достигнутое качество или снижающие их влияние до допустимого уровня. Решение этой задачи осложняется тем, что деталь описывается большим числом показателей качества, требующих разных методов обработки». [7]

Поверхность №1 (IT14, Ra5): - черновое и чистовое точение.

Поверхность №2 (IT8, Ra1,25): - черновое и чистовое точение, черновое шлифование.

Поверхность №3 (IT14, Ra5): - черновое и чистовое точение.

Поверхность №4 (IT14, Ra10): - черновое и чистовое точение.

Поверхность №5 (IT14, Ra5): - черновое и чистовое точение.

Поверхность №6 (IT9, Ra1,25): - черновое и чистовое точение, черновое шлифование.

Поверхность №7 (IT14, Ra10): - черновое и чистовое точение.

Поверхность №8 (IT9, Ra5): - черновое и чистовое точение.

Поверхность №9 (IT14, Ra10): - сверление, цекование.

Поверхность №10 (IT14, Ra10): - сверление.

Поверхность №11 (IT11, Ra5): - сверление, зенкерование.

Поверхность №12 (IT11, Ra5): - сверление, зенкерование.

Поверхность №13 (IT11, Ra5): - сверление, зенкерование.

Поверхность №14 (IT14, Ra10): - фрезерование.

Поверхность №15 (IT14, Ra10): - фрезерование.

Поверхность №16 (IT11, Ra1,25): - фрезерование, черновое шлифование.

Поверхность №17 (IT14, Ra10): - черновое и чистовое точение.

Поверхность №18 (IT11, Ra1,25): - фрезерование, черновое шлифование.

Поверхность №19 (IT14, Ra10): - фрезерование.

Поверхность №20 (IT14, Ra10): - фрезерование.

Поверхность №21 (IT14, Ra10): - сверление.

2.4 Выбор средств технологического оснащения

Для токарных черновых и чистовых операций 010, 015, 020, и 025 выберем токарный станок с числовым программным управлением SAMAT-400XS. Этот станок предназначен для торной обработки деталей типа тел вращения со ступенчатым и криволинейным профилем, в том числе для нарезания резьб в полуавтоматическом цикле.

Для фрезерования плоскостей и канавок на 025 операции в качестве технологического оборудования выбираем горизонтально-фрезерный станок с ЧПУ 6P82Ф3, предназначенный для различной фрезерной обработки инструментом, имеющим горизонтальную ось вращения.

Для фрезерования пазов под элементы крепления 030 операции в качестве технологического оборудования выбираем вертикально-фрезерный станок с ЧПУ 6P13Ф3. Этот станок имеет устройство ЧПУ модели H33-2M, с помощью которого есть возможность производить и контролировать обработку металлических изделий дистанционно по горизонтальной, продольной и вертикальной координатам. С помощью этого можно осуществлять транспортировку стола, на котором обрабатывается металлическая заготовка, а также перемещать ползун с инструментом. Панель ЧПУ станка имеет установочное перемещение. Поскольку в момент обработки металлической заготовки консоль полностью сжата, обработка элемента выполняется максимально точно.

Для обработки отверстий, предназначенных для крепления деталей, на сверлильных операциях 035 и 040 в качестве технологического оборудования выбираем Вертикально-сверлильный станок с ЧПУ модели 2P135Ф2-1.

Для шлифования плоских поверхностей детали на операции 050 в качестве технологического оборудования выбираем плоско-шлифовальный станок с ЧПУ 3E721ВФ2, имеющий крестовый стол и горизонтальное расположение шпиндельного узла. Он предназначен для шлифования профилей, представляющих сочетание отрезков прямых, дуг окружностей и других кривых. Станок имеет высокую точность.

Для шлифования цилиндрической внутренней поверхности на операции 055 в качестве технологического оборудования выбираем станок с ЧПУ 3M227ВФ2.

Для шлифования наружной шейки детали на операции 060 в качестве технологического оборудования выбираем станок с ЧПУ модели RSM 500.

Станок имеет автоматическую централизованную систему смазки и бесступенчатое регулирование частоты вращения рабочего шпинделя.

2.5 Расчёт режимов резания

2.5.1 Режимы резания на операцию 005 Токарная черновая.

Переход 1.

Подача и глубина резания.

$$S_0 = 0,3; t = 2,0. [8]$$

Скорость резания. [8]

$$V = V_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4, \quad (4)$$

$$K_1 = 1,1; K_2 = 0,88; K_3 = 0,65; K_4 = 1,0.$$

$$V = 150 \cdot 1,0 \cdot 0,88 \cdot 0,65 \cdot 1,0 = 85,8, \text{ м/мин.}$$

Частота вращения шпинделя. [8]

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 85,8}{3,14 \cdot 180} = 151,8, \text{ мин}^{-1}.$$

Примем

$$n = 125 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 180 \cdot 125}{1000} = 70,7, \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 125 = 37,5, \text{ мм/мин.}$$

Основное время. [8]

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{68}{37,5} = 1,81 \text{ мин.}$$

Переход 2.

Подача и глубина резания.

$$S_0 = 0,3; t = 2,0. [8]$$

Скорость резания. [8]

$$V = V_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4,$$

$$K_1 = 1,1; K_2 = 0,88; K_3 = 0,65; K_4 = 1,0.$$

$$V = 150 \cdot 1,0 \cdot 0,88 \cdot 0,65 \cdot 1,0 = 85,8, \text{ м/мин.}$$

Частота вращения шпинделя. [8]

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 85,8}{3,14 \cdot 74,5} = 366,8, \text{ мин}^{-1}.$$

Примем

$$n = 315 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 74,5 \cdot 315}{1000} = 73,7, \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 315 = 94,5, \text{ мм/мин.}$$

Основное время. [8]

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{32}{94,5} = 0,34 \text{ мин.}$$

$$T_0 = \sum T_{0i} = 1,81 + 0,34 = 2,15, \text{ мин.}$$

2.5.2 Режимы резания на операцию 010 Токарная черновая.

Переход 1.

Подача и глубина резания.

$$S_0 = 0,3; t = 2,0. [8]$$

Скорость резания. [8]

$$V = V_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4,$$

$$K_1 = 1,1; K_2 = 0,88; K_3 = 0,65; K_4 = 1,0.$$

$$V = 150 \cdot 1,0 \cdot 0,88 \cdot 0,65 \cdot 1,0 = 85,8, \text{ м/мин.}$$

Частота вращения шпинделя. [8]

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 85,8}{3,14 \cdot 175,6} = 155,6, \text{ мин}^{-1}.$$

Примем $n = 125 \text{ мин}^{-1}$.

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 175,6 \cdot 125}{1000} = 68,9, \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 125 = 37,5, \text{ мм/мин.}$$

Основное время. [8]

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{43}{37,5} = 1,15 \text{ мин.}$$

Переход 2.

Подача и глубина резания.

$$S_0 = 0,3; t = 2,0. [8]$$

Скорость резания. [8]

$$V = V_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4,$$

$$K_1 = 1,1; K_2 = 0,88; K_3 = 0,65; K_4 = 1,0.$$

$$V = 150 \cdot 1,0 \cdot 0,88 \cdot 0,65 \cdot 1,0 = 85,8, \text{ м/мин.}$$

Частота вращения шпинделя. [8]

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 85,8}{3,14 \cdot 131} = 208,6, \text{ мин}^{-1}.$$

Примем $n = 200 \text{ мин}^{-1}$.

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 131 \cdot 200}{1000} = 82,3, \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 200 = 60, \text{ мм/мин.}$$

Основное время. [8]

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{33}{60} = 0,55 \text{ мин.}$$

$$T_0 = \sum T_{0i} = 1,15 + 0,55 = 1,70, \text{ мин.}$$

2.5.3 Режимы резания на операцию 015 Токарная чистовая.

Переход 1.

Подача и глубина резания.

$$S_0 = 0,3; t = 0,5. [8]$$

Скорость резания. [8]

$$V = V_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4,$$

$$K_1 = 1,1; K_2 = 0,88; K_3 = 0,65; K_4 = 1,0.$$

$$V = 150 \cdot 1,0 \cdot 0,88 \cdot 0,65 \cdot 1,0 = 85,8, \text{ м/мин.}$$

Частота вращения шпинделя. [8]

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 85,8}{3,14 \cdot 141} = 193,8, \text{ мин}^{-1}.$$

Примем $n = 160 \text{ мин}^{-1}$.

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 141 \cdot 160}{1000} = 70,8, \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 160 = 48, \text{ мм/мин.}$$

Основное время. [8]

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{2}{48} = 0,04 \text{ мин.}$$

Переход 2.

Подача и глубина резания.

$$S_0 = 0,2; t = 0,25. [8]$$

Скорость резания. [8]

$$V = V_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4,$$

$$K_1 = 1,1; K_2 = 0,88; K_3 = 0,65; K_4 = 1,0.$$

$$V = 150 \cdot 1,0 \cdot 0,88 \cdot 0,65 \cdot 1,0 = 85,8, \text{ м/мин.}$$

Частота вращения шпинделя. [8]

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 85,8}{3,14 \cdot 175,6} = 155,6, \text{ мин}^{-1}.$$

Примем $n = 125 \text{ мин}^{-1}$.

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 175,6 \cdot 125}{1000} = 68,9, \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,2 \cdot 125 = 25, \text{ мм/мин.}$$

Основное время. [8]

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{63}{25} = 2,52 \text{ мин.}$$

Переход 3.

Подача и глубина резания.

$$S_0 = 0,2; t = 0,25. [8]$$

Скорость резания. [8]

$$V = V_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4,$$

$$K_1 = 1,1; K_2 = 0,88; K_3 = 0,65; K_4 = 1,0.$$

$$V = 150 \cdot 1,0 \cdot 0,88 \cdot 0,65 \cdot 1,0 = 85,8, \text{ м/мин.}$$

Частота вращения шпинделя. [8]

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 85,8}{3,14 \cdot 75} = 364,3, \text{ мин}^{-1}.$$

Примем $n = 315 \text{ мин}^{-1}$.

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 75 \cdot 315}{1000} = 74,2, \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,2 \cdot 315 = 63, \text{ мм/мин.}$$

Основное время. [8]

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{30}{63} = 0,48 \text{ мин.}$$

$$T_0 = \sum T_{0i} = 0,04 + 2,52 + 0,48 = 3,04, \text{ мин.}$$

2.5.4 Режимы резания на операцию 020 Токарная чистовая.

Переход 1.

Подача и глубина резания.

$$S_0 = 0,3; t = 0,5. [8]$$

Скорость резания. [8]

$$V = V_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4,$$

$$K_1 = 1,1; K_2 = 0,88; K_3 = 0,65; K_4 = 1,0.$$

$$V = 150 \cdot 1,0 \cdot 0,88 \cdot 0,65 \cdot 1,0 = 85,8, \text{ м/мин.}$$

Частота вращения шпинделя. [8]

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 85,8}{3,14 \cdot 132} = 207,0, \text{ мин}^{-1}.$$

Примем $n = 200 \text{ мин}^{-1}$.

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 132 \cdot 200}{1000} = 82,9, \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 200 = 60, \text{ мм/мин.}$$

Основное время. [8]

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{2}{60} = 0,03 \text{ мин.}$$

Переход 2.

Подача и глубина резания.

$$S_0 = 0,2; t = 0,25. [8]$$

Скорость резания. [8]

$$V = V_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4,$$

$$K_1 = 1,1; K_2 = 0,88; K_3 = 0,65; K_4 = 1,0.$$

$$V = 150 \cdot 1,0 \cdot 0,88 \cdot 0,65 \cdot 1,0 = 85,8, \text{ м/мин.}$$

Частота вращения шпинделя. [8]

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 85,8}{3,14 \cdot 175} = 156,1, \text{ мин}^{-1}.$$

Примем $n = 125 \text{ мин}^{-1}$.

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 175 \cdot 125}{1000} = 68,7, \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,2 \cdot 125 = 25, \text{ мм/мин.}$$

Основное время. [8]

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{42}{25} = 1,68 \text{ мин.}$$

Переход 3.

Подача и глубина резания.

$$S_0 = 0,2; t = 0,25. [8]$$

Скорость резания. [8]

$$V = V_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4,$$

$$K_1 = 1,1; K_2 = 0,88; K_3 = 0,65; K_4 = 1,0.$$

$$V = 150 \cdot 1,0 \cdot 0,88 \cdot 0,65 \cdot 1,0 = 85,8, \text{ м/мин.}$$

Частота вращения шпинделя. [8]

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 85,8}{3,14 \cdot 131,6} = 207,6, \text{ мин}^{-1}.$$

Примем $n = 200 \text{ мин}^{-1}$.

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 131,6 \cdot 200}{1000} = 82,6, \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

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

Основное время. [8]

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{34}{40} = 0,85 \text{ мин.}$$

$$T_0 = \sum T_{0i} = 0,03 + 1,68 + 0,85 = 2,56, \text{ мин.}$$

2.5.5 Режимы резания на операцию 025 Фрезерная.

Переход 1.

Подача и глубина резания.

$$t = 10,0; S_0 = 0,1. [8]$$

Материал режущей части инструмента – Т15К6.

Скорость резания. [8]

$$V = \frac{C_V D^q K_V}{T^m t^x S_0^y}, \quad (5)$$

где

$$K_V = K_{MV} K_{UV} K_{LV}, \quad (6)$$

$$K_{MV} = 1,25; K_{UV} = 0,4; K_{LV} = 1,0. \quad [8]$$

$$K_V = 1,25 \cdot 0,4 \cdot 1,0 = 0,5.$$

$$D = 70; t = 5; S_0 = 0,10; T = 25;$$

$$C_V = 7,0; K_V = 0,5; q = 0,4; x = 0; y = 0,7; m = 0,2. \quad [8]$$

$$V = \frac{7,0 \cdot 70^{0,4}}{25^{0,2} \cdot 5^0 \cdot 0,10^{0,7}} \cdot 0,5 = 50,4 \text{ м/мин.}$$

Частота вращения шпинделя. [8]

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 50,4}{3,14 \cdot 70} = 229,3 \text{ мин}^{-1}.$$

Примем $n = 200 \text{ мин}^{-1}$.

$$V_\phi = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 70 \cdot 200}{1000} = 44,0 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,10 \cdot 200 = 20 \text{ мм/мин.}$$

Основное время. [8]

$$T_0 = \frac{n_{\text{отв}} \cdot L_{\text{px}}}{S}, \quad (7)$$

где $n_{\text{отв}1}=2$; $L_{\text{px}1}=26 \text{ мм}$, $n_{\text{отв}2}=2$; $L_{\text{px}2}=36 \text{ мм}$, $n_{\text{отв}3}=2$; $L_{\text{px}3}=43 \text{ мм}$, $n_{\text{отв}4}=2$;
 $L_{\text{px}4}=48 \text{ мм}$, $n_{\text{отв}5}=2$; $L_{\text{px}5}=52 \text{ мм}$.

$$T = \frac{2 \cdot 26 + 2 \cdot 36 + 2 \cdot 43 + 2 \cdot 48 + 2 \cdot 52}{20} = 20,50 \text{ мин.}$$

Переход 2.

Подача и глубина резания.

$$t = 5,0; S_0 = 0,1. \quad [8]$$

Материал режущей части инструмента – Т15К6.

Скорость резания. [8]

$$V = \frac{C_V D^q K_V}{T^m t^x S_0^y},$$

$$K_V = K_{MV} K_{UV} K_{LV},$$

$$K_{MV} = 1,25; K_{UV} = 0,4; K_{LV} = 1,0. [8]$$

$$K_V = 1,25 \cdot 0,4 \cdot 1,0 = 0,5.$$

$$D = 70; t = 5; S_0 = 0,10; T = 25;$$

$$C_V = 7,0; K_V = 0,5; q = 0,4; x = 0; y = 0,7; m = 0,2. [8]$$

$$V = \frac{7,0 \cdot 70^{0,4}}{25^{0,2} \cdot 5^0 \cdot 0,10^{0,7}} \cdot 0,5 = 50,4 \text{ м/мин.}$$

Частота вращения шпинделя. [8]

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 50,4}{3,14 \cdot 70} = 229,3 \text{ мин}^{-1}.$$

Примем $n = 200 \text{ мин}^{-1}$.

$$V_\phi = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 70 \cdot 200}{1000} = 44,0 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,10 \cdot 200 = 20 \text{ мм/мин.}$$

Основное время. [8]

$$T_0 = \frac{n_{отв} \cdot L_{рх}}{S},$$

$$n_{отв} = 2; L_{рх} = 132 \text{ мм.}$$

$$T = \frac{2 \cdot 132}{20} = 13,20 \text{ мин.}$$

Переход 3.

Подача и глубина резания.

$$t = 1,5; S_0 = 0,2. [8]$$

Материал режущей части инструмента – Т15К6.

Скорость резания. [8]

$$V = \frac{C_V D^q K_V}{T^m t^x S_0^y},$$

$$K_V = K_{MV} K_{UV} K_{LV},$$

$$K_{MV} = 1,25; K_{UV} = 0,4; K_{LV} = 1,0. [8]$$

$$K_V = 1,25 \cdot 0,4 \cdot 1,0 = 0,5.$$

$$D = 70; t = 5; S_0 = 0,10; T = 25;$$

$$C_V = 7,0; K_V = 0,5; q = 0,4; x = 0; y = 0,7; m = 0,2. [8]$$

$$V = \frac{7,0 \cdot 70^{0,4}}{25^{0,2} \cdot 1,5^0 \cdot 0,10^{0,7}} \cdot 0,5 = 50,4 \text{ м/мин.}$$

Частота вращения шпинделя. [8]

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 50,4}{3,14 \cdot 70} = 229,3 \text{ мин}^{-1}.$$

Примем $n = 200 \text{ мин}^{-1}$.

$$V_\phi = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 70 \cdot 200}{1000} = 44,0 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,10 \cdot 200 = 20 \text{ мм/мин.}$$

Основное время. [8]

$$T_0 = \frac{n_{отв} \cdot L_{рх}}{S},$$

$$n_{отв} = 2; L_{рх} = 132 \text{ мм.}$$

$$T = \frac{2 \cdot 132}{20} = 13,20 \text{ мин.}$$

$$T_0 = \sum T_{0i} = 20,50 + 13,20 + 13,20 = 46,90, \text{ мин.}$$

2.5.6 Режимы резания на операцию 030 Фрезерная.

Подача и глубина резания.

$$t = 8; S_0 = 0,1. [8]$$

Материал режущей части инструмента – Т15К6.

Скорость резания. [8]

$$V = \frac{C_V D^q K_V}{T^m t^x S_0^y},$$

$$K_V = K_{MV} K_{UV} K_{LV},$$

$$K_{MV} = 1,25; K_{UV} = 0,4; K_{LV} = 1,0. [8]$$

$$K_V = 1,25 \cdot 0,4 \cdot 1,0 = 0,5.$$

$$D = 7,25; t = 8; S_0 = 0,10; T = 25;$$

$$C_V = 7,0; K_V = 0,5; q = 0,4; x = 0; y = 0,7; m = 0,2. [8]$$

$$V = \frac{7,0 \cdot 7,25^{0,4}}{25^{0,2} \cdot 8^0 \cdot 0,10^{0,7}} \cdot 0,5 = 20,4 \text{ м/мин.}$$

Частота вращения шпинделя. [8]

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 20,4}{3,14 \cdot 7,25} = 896,1 \text{ мин}^{-1}.$$

Примем $n = 800 \text{ мин}^{-1}$.

$$V_\phi = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 7,25 \cdot 800}{1000} = 18,2 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,10 \cdot 800 = 80 \text{ мм/мин.}$$

Основное время. [8]

$$T_0 = \frac{n_{отв} \cdot L_{px}}{S},$$

$$n_{отв} = 2; L_{px} = 20 \text{ мм.}$$

$$T = \frac{2 \cdot 20}{80} = 0,50 \text{ мин.}$$

2.5.7 Режимы резания на операцию 035 Сверлильная.

Переход 1.

Подача и глубина резания.

$$S_0 = 0,1; t = 4,5. [8]$$

Скорость резания. [8]

$$V = \frac{C_V D^q K_V}{T^m t^x S_0^y},$$

$$K_V = K_{MV} K_{UV} K_{LV},$$

$$K_{MV} = 1,25; K_{UV} = 4,0; K_{LV} = 1,0.$$

$$K_V = 1,25 \cdot 0,4 \cdot 1,0 = 0,5.$$

$$D = 9; t = 4,5; S_0 = 0,1; T = 25;$$

$$C_V = 7,0; K_V = 0,5; q = 0,4; x = 0; y = 0,7; m = 0,2. [8]$$

$$V = \frac{7,0 \cdot 9^{0,4}}{25^{0,2} \cdot 4,5^0 \cdot 0,10^{0,7}} \cdot 0,5 = 22,2, \text{ м/мин.}$$

Частота вращения шпинделя. [8]

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 22,2}{3,14 \cdot 9} = 785,6 \text{ мин}^{-1}.$$

Примем $n = 630 \text{ мин}^{-1}$.

$$V_\phi = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 9 \cdot 630}{1000} = 17,8, \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,10 \cdot 630 = 63 \text{ мм/мин.}$$

Основное время. [8]

$$T_0 = \frac{n_{\text{отв}} \cdot L_{\text{р.х.}}}{S},$$

$$n_{\text{отв}} = 8; L_{\text{р.х.}} = 16.$$

$$T_0 = \frac{L_{\text{р.х.}}}{S_M} = \frac{8 \cdot 16}{63} = 2,03 \text{ мин.}$$

Переход 2.

Подача и глубина резания.

$$S_0 = 0,2; t = 0,5. [8]$$

Скорость резания. [8]

$$V = \frac{C_V D^q K_V}{T^m t^x S_0^y},$$

$$K_V = K_{MV} K_{UV} K_{LV},$$

$$K_{MV} = 1,25; K_{UV} = 4,0; K_{LV} = 1,0.$$

$$K_V = 1,25 \cdot 0,4 \cdot 1,0 = 0,5.$$

$$D = 9; t = 4,5; S_0 = 0,1; T = 25;$$

$$C_V = 7,0; K_V = 0,5; q = 0,4; x = 0; y = 0,7; m = 0,2. [8]$$

$$V = \frac{7,0 \cdot 10^{0,4}}{25^{0,2} \cdot 0,5^0 \cdot 0,20^{0,7}} \cdot 0,5 = 14,2, \text{ м/мин.}$$

Частота вращения шпинделя. [8]

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 14,2}{3,14 \cdot 10} = 452,2 \text{ мин}^{-1}.$$

Примем $n = 400 \text{ мин}^{-1}$.

$$V_\phi = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 10 \cdot 400}{1000} = 12,6, \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,30 \cdot 400 = 120, \text{ мм/мин.}$$

Основное время. [8]

$$T_0 = \frac{n_{\text{отв}} \cdot L_{\text{р.х.}}}{S},$$

$$n_{\text{отв}} = 8; L_{\text{р.х.}} = 16.$$

$$T_0 = \frac{L_{\text{р.х.}}}{S_M} = \frac{8 \cdot 16}{120} = 1,07 \text{ мин.}$$

Переход 3.

Подача и глубина резания.

$$S_0 = 0,2; t = 1,0. [8]$$

Скорость резания. [8]

$$V = \frac{C_V D^q K_V}{T^m t^x S_0^y},$$

$$K_V = K_{MV} K_{UV} K_{LV},$$

$$K_{MV} = 1,25; K_{UV} = 4,0; K_{LV} = 1,0.$$

$$K_V = 1,25 \cdot 0,4 \cdot 1,0 = 0,5.$$

$$D = 15; t = 1,0; S_0 = 0,1; T = 25;$$

$$C_V = 7,0; K_V = 0,5; q = 0,4; x = 0; y = 0,7; m = 0,2. [8]$$

$$V = \frac{7,0 \cdot 15^{0,4}}{25^{0,2} \cdot 1,0^0 \cdot 0,20^{0,7}} \cdot 0,5 = 16,8, \text{ м/мин.}$$

Частота вращения шпинделя. [8]

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 16,8}{3,14 \cdot 16} = 334,4 \text{ мин}^{-1}.$$

Примем $n = 315 \text{ мин}^{-1}$.

$$V_\phi = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 15 \cdot 315}{1000} = 14,8, \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,20 \cdot 315 = 63, \text{ мм/мин.}$$

Основное время. [8]

$$T_0 = \frac{n_{\text{отв}} \cdot L_{\text{р.х.}}}{S},$$

$$n_{\text{отв}} = 8; L_{\text{р.х.}} = 2.$$

$$T_0 = \frac{L_{\text{р.х.}}}{S_M} = \frac{8 \cdot 2}{63} = 0,25 \text{ мин.}$$

$$T_0 = \sum T_{0i} = 2,03 + 1,07 + 0,25 = 3,35, \text{ мин.}$$

2.5.8 Режимы резания на операцию 040 Сверлильная.

Переход 1.

Подача и глубина резания.

$$S_0 = 0,1; t = 13,0. [8]$$

Скорость резания. [8]

$$V = \frac{C_V D^q K_V}{T^m t^x S_0^y},$$

$$K_V = K_{MV} K_{UV} K_{LV},$$

$$K_{MV} = 1,25; K_{UV} = 4,0; K_{LV} = 1,0.$$

$$K_V = 1,25 \cdot 0,4 \cdot 1,0 = 0,5.$$

$$D = 26; t = 13,0; S_0 = 0,1; T = 25;$$

$$C_V = 7,0; K_V = 0,5; q = 0,4; x = 0; y = 0,7; m = 0,2. [8]$$

$$V = \frac{7,0 \cdot 26^{0,4}}{25^{0,2} \cdot 13,0^0 \cdot 0,10^{0,7}} \cdot 0,5 = 33,9, \text{ м/мин.}$$

Частота вращения шпинделя. [8]

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 33,9}{3,14 \cdot 26} = 415,2 \text{ мин}^{-1}.$$

Примем $n = 400 \text{ мин}^{-1}$.

$$V_\phi = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 26 \cdot 400}{1000} = 32,7, \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,10 \cdot 400 = 40, \text{ мм/мин.}$$

Основное время. [8]

$$T_0 = \frac{n_{\text{отв}} \cdot L_{\text{р.х.}}}{S},$$

$$n_{\text{отв}} = 4; L_{\text{р.х.}} = 18.$$

$$T_0 = \frac{L_{\text{р.х.}}}{S_M} = \frac{4 \cdot 18}{40} = 1,80 \text{ мин.}$$

Переход 2.

Подача и глубина резания.

$$S_0 = 0,1; t = 4,5. [8]$$

Скорость резания. [8]

$$V = \frac{C_V D^q K_V}{T^m t^x S_0^y},$$

$$K_V = K_{MV} K_{UV} K_{LV},$$

$$K_{MV} = 1,25; K_{UV} = 4,0; K_{LV} = 1,0.$$

$$K_V = 1,25 \cdot 0,4 \cdot 1,0 = 0,5.$$

$$D = 9; t = 4,5; S_0 = 0,1; T = 25;$$

$$C_V = 7,0; K_V = 0,5; q = 0,4; x = 0; y = 0,7; m = 0,2. [8]$$

$$V = \frac{7,0 \cdot 9^{0,4}}{25^{0,2} \cdot 4,5^0 \cdot 0,10^{0,7}} \cdot 0,5 = 22,2, \text{ м/мин.}$$

Частота вращения шпинделя. [8]

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 22,2}{3,14 \cdot 9} = 785,6 \text{ мин}^{-1}.$$

Примем $n = 630 \text{ мин}^{-1}$.

$$V_{\phi} = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 9 \cdot 630}{1000} = 17,8, \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,10 \cdot 630 = 63 \text{ мм/мин.}$$

Основное время. [8]

$$T_0 = \frac{n_{\text{отв}} \cdot L_{\text{р.х.}}}{S},$$

$$n_{\text{отв}} = 4; L_{\text{р.х.}} = 16.$$

$$T_0 = \frac{L_{\text{р.х.}}}{S_M} = \frac{4 \cdot 16}{63} = 1,02 \text{ мин.}$$

Переход 3.

Подача и глубина резания.

$$S_0 = 0,2; t = 0,5. [8]$$

Скорость резания. [8]

$$V = \frac{C_V D^q K_V}{T^m t^x S_0^y},$$

$$K_V = K_{MV} K_{UV} K_{LV},$$

$$K_{MV} = 1,25; K_{UV} = 4,0; K_{LV} = 1,0.$$

$$K_V = 1,25 \cdot 0,4 \cdot 1,0 = 0,5.$$

$$D = 9; t = 4,5; S_0 = 0,1; T = 25;$$

$$C_V = 7,0; K_V = 0,5; q = 0,4; x = 0; y = 0,7; m = 0,2. [8]$$

$$V = \frac{7,0 \cdot 10^{0,4}}{25^{0,2} \cdot 0,5^0 \cdot 0,20^{0,7}} \cdot 0,5 = 14,2, \text{ м/мин.}$$

Частота вращения шпинделя. [8]

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 14,2}{3,14 \cdot 10} = 452,2 \text{ мин}^{-1}.$$

Примем $n = 400 \text{ мин}^{-1}$.

$$V_{\phi} = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 10 \cdot 400}{1000} = 12,6, \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,30 \cdot 400 = 120, \text{ мм/мин.}$$

Основное время. [8]

$$T_0 = \frac{n_{\text{отв}} \cdot L_{\text{р.х.}}}{S},$$

$$n_{\text{отв}} = 4; L_{\text{р.х.}} = 16.$$

$$T_0 = \frac{L_{\text{р.х.}}}{S_M} = \frac{4 \cdot 16}{120} = 0,53 \text{ мин.}$$

Переход 4.

Подача и глубина резания.

$$S_0 = 0,2; t = 1,0. [8]$$

Скорость резания. [8]

$$V = \frac{C_V D^q K_V}{T^m t^x S_0^y},$$

$$K_V = K_{MV} K_{UV} K_{LV},$$

$$K_{MV} = 1,25; K_{UV} = 4,0; K_{LV} = 1,0.$$

$$K_V = 1,25 \cdot 0,4 \cdot 1,0 = 0,5.$$

$$D = 15; t = 1,0; S_0 = 0,1; T = 25;$$

$$C_V = 7,0; K_V = 0,5; q = 0,4; x = 0; y = 0,7; m = 0,2. [8]$$

$$V = \frac{7,0 \cdot 15^{0,4}}{25^{0,2} \cdot 1,0^0 \cdot 0,20^{0,7}} \cdot 0,5 = 16,8, \text{ м/мин.}$$

Частота вращения шпинделя. [8]

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 16,8}{3,14 \cdot 16} = 334,4 \text{ мин}^{-1}.$$

Примем $n = 315 \text{ мин}^{-1}$.

$$V_{\phi} = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 15 \cdot 315}{1000} = 14,8, \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,20 \cdot 315 = 63 \text{ , мм/мин.}$$

Основное время. [8]

$$T_0 = \frac{n_{\text{отв}} \cdot L_{\text{р.х.}}}{S},$$

$$n_{\text{отв}} = 10; L_{\text{р.х.}} = 2.$$

$$T_0 = \frac{L_{\text{р.х.}}}{S_M} = \frac{10 \cdot 2}{63} = 0,32 \text{ мин.}$$

$$T_0 = \sum T_{0i} = 1,80 + 1,02 + 0,53 + 0,32 = 3,67 \text{ , мин.}$$

2.5.9 Режимы резания на операцию 050 Плоскошлифовальная.

Принимаем режущий инструмент:

Два шлифовальных круга 6 40' 25' 13 24А М16 К6 V40м/с 2кл. ГОСТ 52781 – 2007. [9]

Скорость резания $V = 35 \text{ м/с.}$ [10]

Основное время. [8]

$$T_0 = \frac{L_{\text{УСК}}}{S_{\text{УСК}}} + \sum \frac{L_{\text{Pi}}}{S_{\text{Pi}}} + T_{\text{ВЫХ}} \cdot \quad (8)$$

$$T_0 = \frac{8}{500} + \frac{80 \cdot 20}{500} \cdot 2 \cdot 5 + 0,05 = 32,07 \text{ , мин.}$$

2.5.10 Режимы резания на операцию 055 Внутришлифовальная.

Принимаем режущий инструмент:

Круг 1 100' 30' 76.2 24А М16 К6 V40м/с 2кл. ГОСТ 52781 – 2007.

Скорость резания. [8]

$$V_k = \frac{\pi \cdot D_k \cdot n_k}{1000 \cdot 60} = \frac{3,14 \cdot 100 \cdot 3000}{1000 \cdot 60} = 15,7 \text{ , м/с.}$$

$$n_\delta = \frac{1000 \cdot v_\delta}{\pi \cdot D_\delta} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 132} = 84,4 \text{ , мин}^{-1}.$$

Основное время. [8]

$$T_0 = \frac{L_{\text{УСК}}}{S_{\text{УСК}}} + \sum \frac{L_{Pi}}{S_{Pi}} + T_{\text{ВЫЛ}}$$

$$T_0 = \frac{8}{500} + \frac{10}{500} \cdot 2 \cdot 5 + 0,05 = 0,27, \text{ мин.}$$

2.5.11 Режимы резания на операцию 060 Круглошлифовальная.

Принимаем режущий инструмент:

Круг 1 250' 30' 76.2 24А М16 К6 V40м/с 2кл. ГОСТ 52781 – 2007.

Скорость резания. [8]

$$V_k = \frac{\pi \cdot D_k \cdot n_k}{1000 \cdot 60} = \frac{3,14 \cdot 250 \cdot 2250}{1000 \cdot 60} = 35, \text{ м/с.}$$

$$n_d = \frac{1000 \cdot v_d}{\pi \cdot D_d} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 140,4} = 79,4, \text{ мин}^{-1}.$$

Основное время. [8]

$$T_0 = \frac{L_{\text{УСК}}}{S_{\text{УСК}}} + \sum \frac{L_{Pi}}{S_{Pi}} + T_{\text{ВЫЛ}}$$

$$T_0 = \frac{8}{500} + \frac{10}{500} \cdot 2 \cdot 5 + 0,05 = 0,27, \text{ мин.}$$

3 Проектирование специальных средств технологического оснащения

3.1 Анализ исходных данных

На операции 020 Токарной чистовой ведется точение внутренних и наружных поверхностей детали и выполняется канавка.

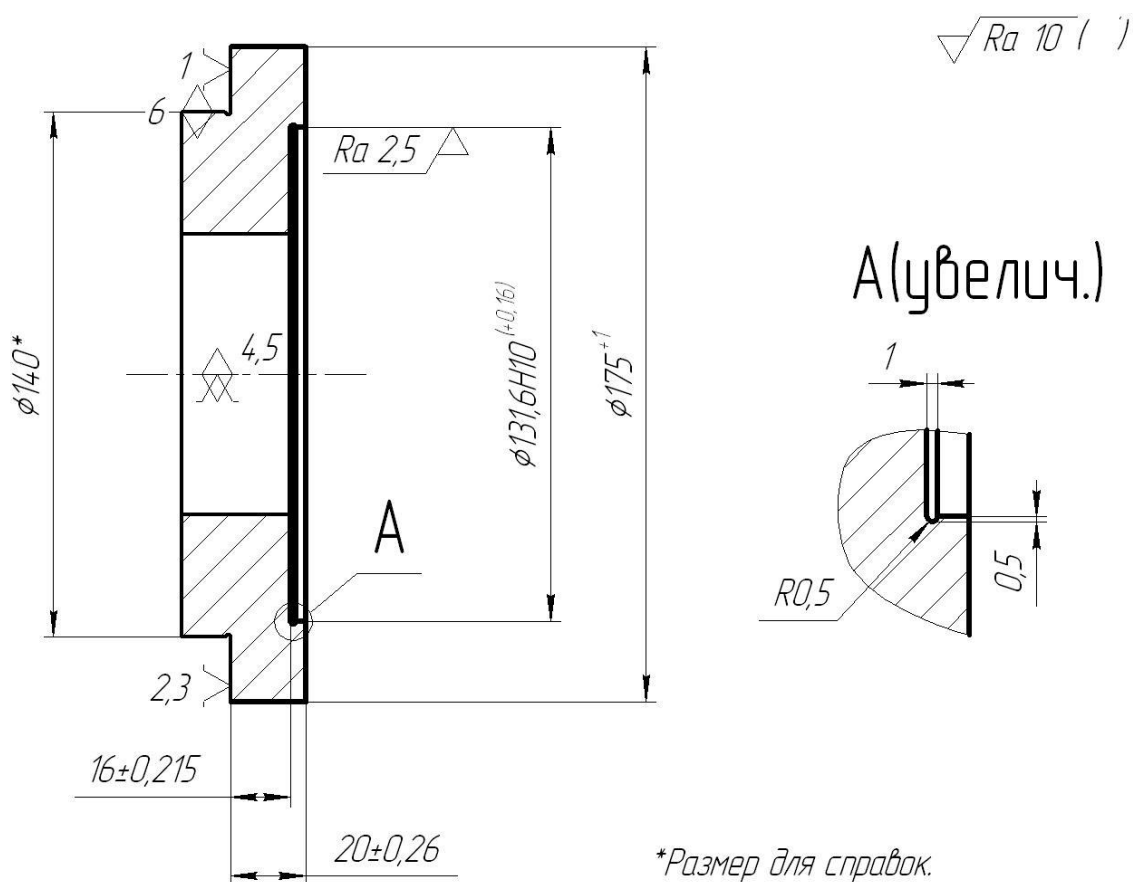


Рисунок 2 - Эскиз операции

3.2 Определение усилий резания

При токарной обработке

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

Для $P_y : C_p = 300; x = 1; y = 0,75; n = -0,15$. [11]

Для $P_z : C_p = 2430; x = 0,9; y = 0,6; n = -0,3$. [11]

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{yp} \cdot K_{jp} \cdot K_{\pi p}, \quad (11)$$

При

$\varphi = 60^0; K_{ypz} = 0,94; K_{ypr} = 0,8; \gamma = -3^0; K_{pz} = 1,05; K_{pr} = 1,5; \lambda = +0,5^0; K_{npz} = 1,03; K_{npr} = 1,15$

$$K_{pz} = K_{mp} \cdot K_{ypz} \cdot K_{pr} \cdot K_{npz} = 1,22 \cdot 0,94 \cdot 1,05 \cdot 1,03 = 0,9.$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,25^{1,0} \cdot 0,2^{0,75} \cdot 175^{-0,15} \cdot 0,9 = 93,0, \text{ Н.}$$

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 0,25^{0,9} \cdot 0,2^{0,6} \cdot 175^{-0,3} \cdot 0,9 = 50,8, \text{ Н.}$$

Крутящий момент, стремящийся повернуть заготовку

$$M_p = \frac{P_z d_1}{2} = \frac{93 \cdot 175}{2} = 8137,5, \text{ Н.}$$

Момент зажима, препятствующий провороту заготовки

$$M_3 = \frac{Td_2}{2} = \frac{Wfd_2}{2}. \quad (12)$$

Тогда

$$W^1 = \frac{KM_p}{fd_2} = \frac{Kp_z \cdot d_1}{fd_2}, \quad (13)$$

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4, \quad (14)$$

$$K_{pz} = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,0 = 1,8; \quad K_{py} = 2,52; \quad f = 0,3$$

$$W = \frac{1,8 \cdot 93 \cdot 175}{0,3 \cdot 140} = 697,5, \text{ Н.}$$

Усилие, создаваемое приводом

$$Q = \frac{W}{i_c}. \quad (15)$$

Примем $i_c = 2,5$. [11]

Тогда $Q = \frac{697,5}{2,5} = 279$, Н.

3.3 Расчёт силового привода

Диаметр поршня

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{Q}{P}}. \quad (16)$$

Принимаем P равно 0,4 МПа.

Тогда $D = 1,13 \sqrt{\frac{279}{0,4 \cdot 10^6}} = 94$, мм.

Принимаем стандартный диаметр поршня D равно 160 мм.

Ход поршня

$$S_0 = S_w / i_n, \quad (17)$$

где $S_w = 5$. [11]

Тогда S_0 равно 45 мм.

3.4 Описание работы приспособления

Силовой привод патрона представлен на рисунке 3.

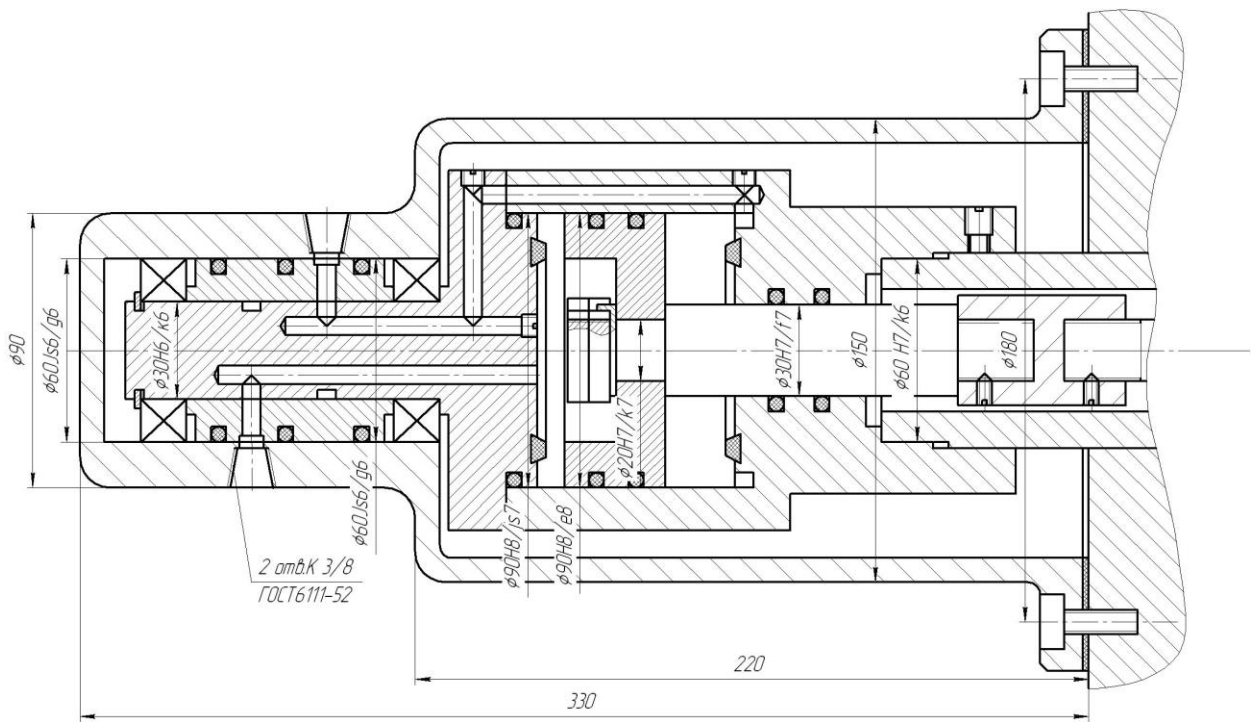


Рисунок 3 - Силовой привод патрона

При нагнетании воздуха в камеру цилиндра, в которой располагается шток, поршень вместе со штоком двигаются в левую сторону, в результате этого кулачки фиксируют заготовку в патроне. При подаче рабочей среды в левую камеру пневмоцилиндра система возвращается в изначальное положение и происходит разжатие заготовки.

4 Проектирование режущего инструмента

Эффективная работа станков с программным управлением и автоматических линий требует их оснащения сменяемым в программе инструментом, при высокой точности его установки и малой затраты времени на это.

Обработку сложных фасонных поверхностей производят обычно на фрезерных станках с программным управлением. Наиболее часто фрезерные станки имеют три управляемые координаты, что позволяет перемещать инструмент относительно заготовки вдоль трех осей декартовой системы координат. При фрезеровании наиболее часто используют концевые фрезы.

4.1 Исходные данные

На 030 фрезерной операции проводят фрезерование пазов под головки винтов концевой фрезой. Эскиз операции представлен на рисунке 4.

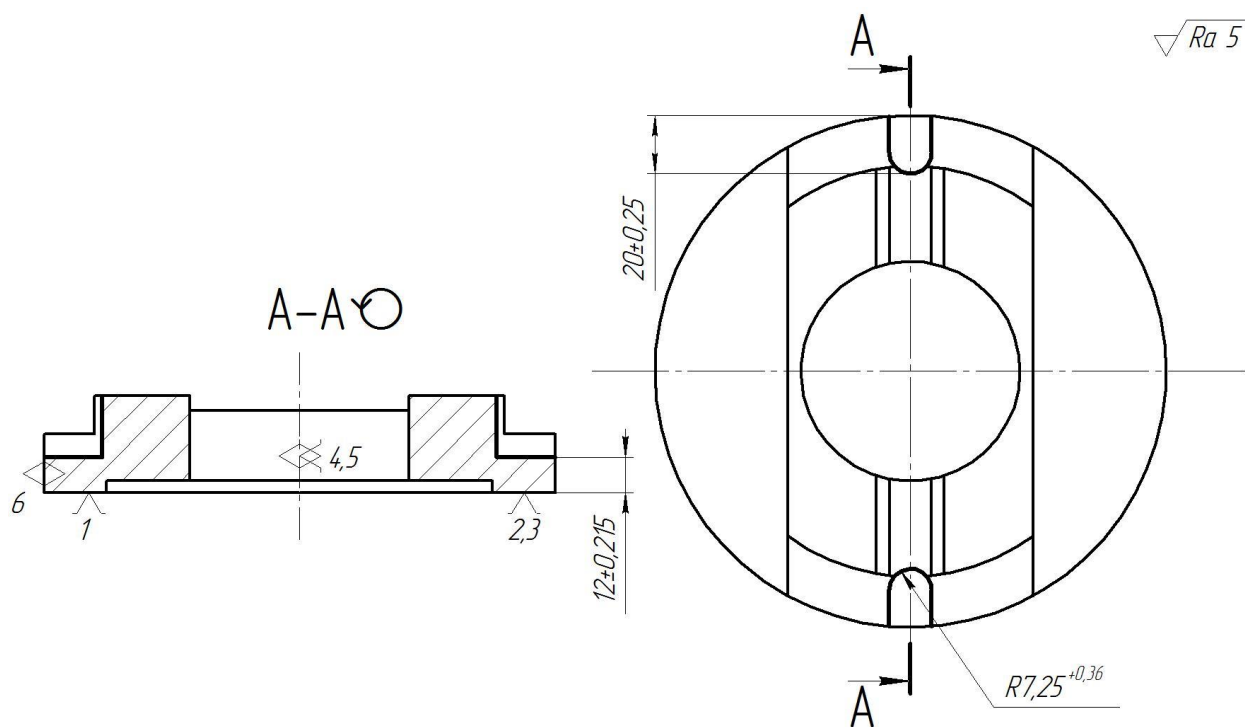


Рисунок 4 - Эскиз операции 030

4.2 Проектирование фрезы

Концевую фрезу принимаем острозаточенного типа. Высота зуба определяется из следующих условий. Чем больше h , тем больше допускается переточек, т.е. тем больше долговечность фрезы; но с уменьшением h уменьшается прочность зуба. Определяют h так: [13]

$$h = K \frac{D}{Z}, \quad (18)$$

где K – коэффициент высоты зуба, зависящий от конструкции фрезы; в частности для концевых фрез $K = 0,9 \dots 1,2$. [13]

Принимаем $K = 1,0$.

$$\text{Тогда } h = 1 \cdot \frac{14,5}{4} = 3,625 \text{ (мм)}.$$

Радиус закругления у основания зуба: [13]

$$r = \sqrt{K_c \frac{S_z t}{\pi}}, \quad (19)$$

где S_z – подача на зуб; t – шаг между зубьями; K_c – коэффициент заполнения, учитывающий, что стружка не монолитно заполняет канавку между зубьями: [14]

$$K_c = \frac{F_{\text{факт. кан}}}{F_{\text{стр}}}. \quad (20)$$

Принимают $K_c = 2,0 \dots 4,5$. Этот коэффициент зависит от обрабатываемого материала и толщины стружки (для пластичных материалов он больше, для хрупких – меньше; для толстых стружек больше, для тонких – меньше). [14]

Принимаем $K_c = 3,25; S_z = 0,025; t = 8$.

Тогда $r = \sqrt{3,25 \frac{0,025 \cdot 8}{3,14}} = 0,45$ (мм).

Принимаем $r = 0,5$ мм.

Затачивается острозаточенный зуб по задней поверхности. Величина стачивания определяется из условия [13]

$$h' = (0,6...0,7)h. \quad (21)$$

Тогда $h' = 0,65 \cdot 3,625 = 2,4$ (мм).

Из соответствующих соотношений, рекомендаций, а также расчетов (например, расчета оправки на прочность и прогиб) определяют D , d , z , ω и геометрию зубьев фрезы. В большинстве случаев основными элементами, определяющими диаметр фрезы, являются диаметр отверстия и глубина фрезерования. [13]

Так как радиус закругления шпоночного паза $R7,25$, то принимаем диаметр фрезы $D = 14,5$ мм.

4.3 Патентный поиск

Переменная толщина износостойкого покрытия влечет за собою изменение его поперечного сечения, что может отрицательно сказываться на распределении тепла в зоне резания. При этом наиболее неблагоприятные условия отвода тепла могут возникнуть при использовании в частности в качестве верхнего слоя покрытия аморфного алмазоподобного углерода, обладающего низким коэффициентом трения скольжения.

Снизить влияние указанного недостатка на стойкость режущего инструмента, имеющего в составе износостойкого покрытия фазу, содержащую аморфный алмазоподобный углерод, возможно, учитывая в

указанном износостойком покрытии, нанесенном на поверхности режущего инструмента, диапазоны изменения толщины покрытия, содержания в нем тетраэдрической фазы аморфного углерода, существенно влияющей на отвод тепла, микротвердости покрытия и его коэффициента трения скольжения.

Однако в рассматриваемом техническом решении соотношение указанных выше характеристик не определено, хотя в соответствии с одним предпочтительным исполнением износостойкое покрытие, нанесенное на концевую фрезу, содержит слой из сверхтвердого аморфного углерода, толщина которого находится в пределах 0,5-1,6 мкм, а остаточные сжимающие напряжения в износостойком покрытии находятся в пределах 4-10 ГПа.

Задачей [14] является повышение работоспособности и стойкости режущего инструмента при высоких скоростях резания за счет повышения его термостойкости и снижения температуры в зоне резания.

Указанный технический результат достигается посредством совокупности признаков, приведенных в соответствующих пунктах.

Режущий инструмент с алмазоподобным износостойким покрытием, содержит рабочую часть с режущими кромками, образованными на пересечении передних и задних поверхностей. На рабочую часть нанесено износостойкое покрытие, имеющее не равномерную толщину. В нем имеется, по меньшей мере, один слой, содержащий фазу с алмазоподобным аморфным углеродом.

Согласно [14] в каждом поперечном сечении передней поверхности вдоль каждой режущей кромки, площадь сечения слоя, содержащего фазу с алмазоподобным аморфным углеродом, приходящаяся на один миллиметр длины режущей кромки, находится в диапазоне 1300...2700 мкм² при содержании тетраэдрической фазы аморфного углерода в этом слое в диапазоне 85...90% его состава и его микротвердости в диапазоне 80...100 ГПа.

В соответствии с одним предпочтительным исполнением режущего инструмента износостойкое покрытие, содержит дополнительно, по меньшей мере, один слой, который содержит фазу, по меньшей мере, с одним из элементов V, Cr, Nb, Ti, Ta, Zr, Hf, B, Al, Si, C, N, O.

В соответствии с другим предпочтительным исполнением режущего инструмента в качестве аморфного алмазоподобного углеродного материала использован аморфный алмазоподобный углерод с легирующей добавкой вольфрама в количестве 0,5...2,0%.

В соответствии с другим предпочтительным исполнением режущего инструмента перепад толщин слоя, содержащего фазу с алмазоподобным аморфным углеродом, на расстоянии, по меньшей мере, до 0,5 мм от режущих кромок не превышает 0,5 мкм.

В соответствии с другим предпочтительным исполнением режущего инструмента он выполнен в виде односторонней или двухсторонней режущей пластины с противоположно расположенными передними и базовыми поверхностями.

В соответствии с другим предпочтительным исполнением режущего инструмента он выполнен в виде токарного резца с механическим креплением сменных режущих пластин, на которые нанесено износостойкое покрытие.

На рисунке 5 изображен в перспективе режущий инструмент с алмазоподобным износостойким покрытием, имеющим неравномерную толщину, выполненный в виде односторонней сменной режущей пластины.

На рисунке 6 изображен в перспективе режущий инструмент с алмазоподобным износостойким покрытием, имеющим неравномерную толщину, выполненный в виде двухсторонней сменной режущей пластины.

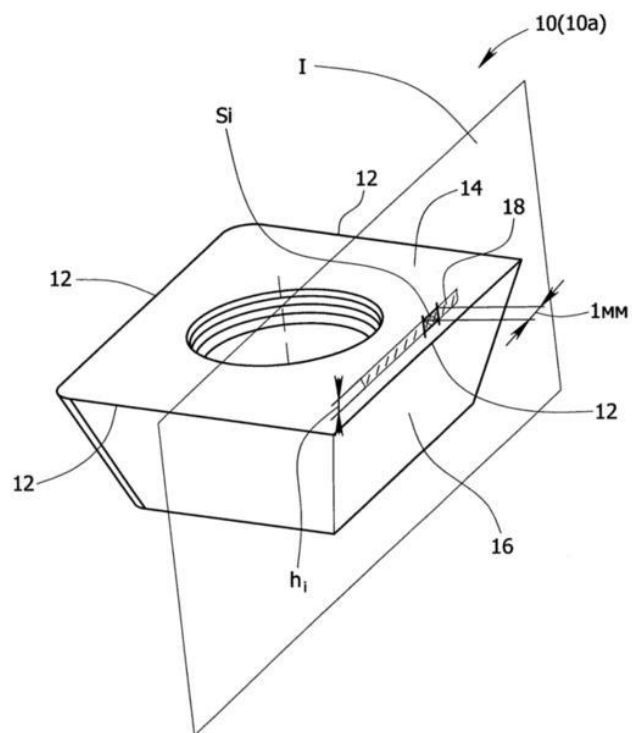


Рисунок 5 - Режущий инструмент с алмазоподобным износостойким покрытием, имеющим неравномерную толщину

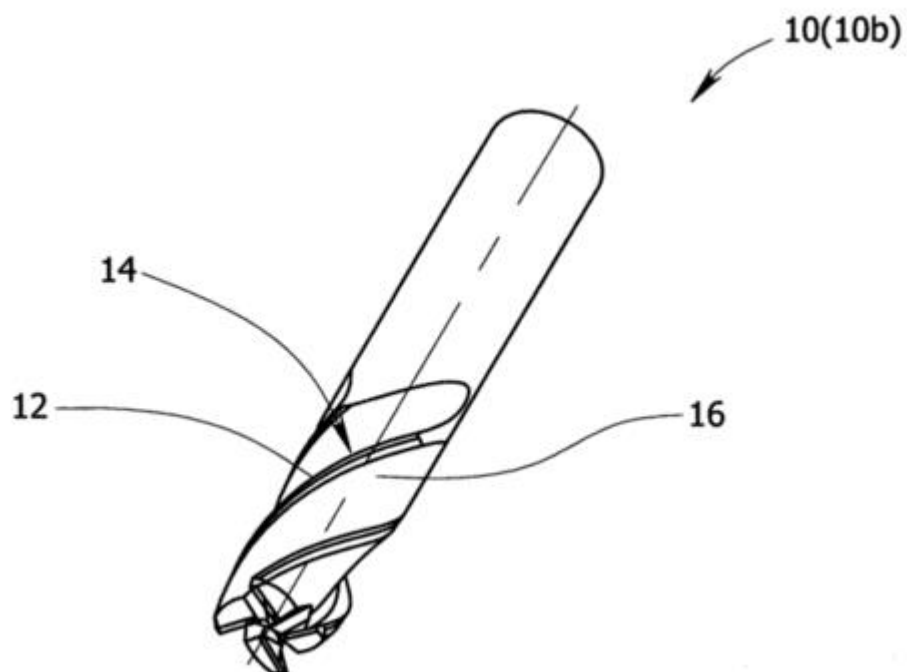


Рисунок 6 - Режущий инструмент с алмазоподобным износостойким покрытием, имеющим неравномерную толщину, выполненный в виде цельной концевой фрезы

Режущий инструмент с алмазоподобным износостойким покрытием (АНН) может быть выполнен в виде односторонней или двухсторонней сменной режущей пластины. При этом двухсторонняя режущая пластина обычно может иметь противоположно расположенные передние 14 и базовые поверхности, через которые проходит крепежное отверстие.

Режущий инструмент также может быть выполнен в виде токарных резцов, торцевых или дисковых фрез с механическим креплением сменных режущих пластин, имеющих передние 14 и задние 16 поверхности. На пересечении этих поверхностей могут быть образованы прямолинейные или криволинейные режущие кромки. Основа режущей части инструмента, на которую наносят износостойкое покрытие, может быть выполнена из материала, содержащего карбиды вольфрама.

Далее более подробно рассмотрим рисунок 5. В качестве примера на рисунке 5 изображен в перспективе режущий инструмент с алмазоподобным износостойким покрытием, выполненный в виде цельной концевой фрезы.

Толщина износостойкого покрытия также может быть переменной и вдоль режущих кромок инструмента. Также следует понимать, что неравномерность толщины покрытия может быть обусловлена микрорельефом передних и задних поверхностей, зависящим как от конструктивных особенностей пластин, так и от шероховатости соответствующих поверхностей.

При этом переменная толщина износостойкого покрытия влечет за собою изменение его поперечного сечения, что может отрицательно сказываться на распределении тепла, как в самом покрытии, так и на поверхностях режущего клина.

Для устранения этого недостатка износостойкое покрытие содержит, по меньшей мере, один слой, который содержит фазу с алмазоподобным аморфным углеродом. В рассматриваемом примере для

упрощения понимания сути модернизации изображен только один слой, содержащий фазу с алмазоподобным аморфным углеродом. В то же время следует понимать, что указанный износостойкий слой, как правило, является верхним и наносится на промежуточный слой, а износостойкое покрытие может быть многослойным.

Согласно [14] площадь S_i сечения слоя, содержащего фазу с алмазоподобным аморфным углеродом, в каждом поперечном сечении плоскостью I передних 14 поверхностей вдоль режущих кромок 12, приходящаяся на один миллиметр их длины, находится в диапазоне 1300...2700 мкм². Словосочетание «вдоль режущих кромок» следует понимать, как на одинаковом расстоянии от режущих кромок. Это будет справедливо, как для прямолинейных, так и для криволинейных режущих кромок.

Этот диапазон определяет границы изменения площади поперечного сечения слоя 18 с учетом изменения толщины износостойкого покрытия по передней поверхностям режущего клина. Причем величина этой площади в указанном диапазоне достаточна для эффективного отвода тепла и распределения его по поверхностям режущего клина инструмента.

Следует заметить, что на задних поверхностях 16 режущего клина площадь поперечного сечения слоя, содержащего фазу с алмазоподобным аморфным углеродом, также может находиться в указанных границах, хотя характер взаимодействия этих поверхностей с обрабатываемым материалом иной..

Обычно для режущего инструмента, используемого для фрезерования, зона контакта обрабатываемого материала с передней поверхностью находится на расстоянии до 0,5 мм от режущих кромок.

Указанные выше измерения могут быть осуществлены, например, путем выполнения микрошлифов соответствующих поперечных сечений

износостойкого покрытия с последующим замером площадей поперечных сечений покрытия или его слоев известными способами.

Согласно [14] износостойкое покрытие должно содержать тетраэдрическую фазу Sp^3 аморфного углерода в указанном слое 18 в диапазоне 85...90% его состава, а его микротвердость должна находиться в диапазоне 80...100 ГПа. Именно такой диапазон содержания тетраэдрической фазы Sp^3 аморфного углерода в указанном слое 18 обеспечивает наиболее эффективное распределения тепла вдоль износостойкого покрытия при изменении его площади поперечного сечения в указанных пределах.

Количественная оценка соотношения Sp^3 и Sp^2 - фаз в аморфной углеродной матрице может быть проведена с использованием спектроскопии характеристических потерь энергии электронов.

Спектры характеристических потерь энергии электронов получают на просвечивающем электронном микроскопе высокого разрешения, который оснащен фильтром секторного типа.

Плотность покрытия рассчитывают по энергии плазмона. При этом энергию плазмона определяют из низкоэнергетической части спектра характеристических потерь энергии электронов.

Определение микротвердости проводят методом инструментального индентирования на динамическом микротвердомере. В качестве индентора используют трехгранную алмазную пирамиду при нагрузке 20 мН. Также может быть применено измерение микротвердости (HV) восстановленного отпечатка (ГОСТ 9450-76) на микротвердомере ПМТ-3. При этом в качестве индентора используют четырехгранную алмазную пирамиду Виккерса при нагрузке 100 г.

Таким образом, заявленные характеристики алмазподобного износостойкого покрытия могут быть достоверно измерены с помощью известных методик.

При этом нижняя граница площади S_i определяет минимальное ее значение, при котором эффект отвода тепла вдоль слоя износостойкого покрытия имеет значимую величину, необходимую для снижения температуры на соответствующих поверхностях режущего клина, при сохранении прочности износостойкого покрытия.

Верхняя граница указанного диапазона ограничена ростом суммарных усилий в покрытии, обусловленных наличием остаточных сжимающих напряжений, оказывающих влияние на прочность износостойкого покрытия.

Таким образом, при указанном соотношении конструктивных элементов режущей части инструмента и параметров слоя алмазоподобного углерода обеспечивается эффект снижения температуры на поверхности режущего клина и повышается термостойкость износостойкого покрытия при сохранении его прочности.

Это обусловлено тем, что в указанном выше диапазоне площадей поперечного сечения слоя, содержащего фазу из алмазоподобного углерода, учитывая, что коэффициент трения скольжения поверхностного слоя алмазоподобного износостойкого покрытия находится в диапазоне $0,01 \dots 0,1$, обеспечивается эффективный отвод тепла вдоль износостойкого покрытия.

Это способствует распределению температуры по передней поверхности режущего клина, сопровождающееся увеличением протяженности границ пятна с высокой температурой, что влечет снижение максимальной температуры и механических напряжений в зоне контакта обрабатываемого материала с передней поверхностью. При этом также повышается термостойкость покрытия, работоспособность и износостойкость режущего инструмента в целом.

Предложенное техническое решение [14] имеет следующие предпочтительные исполнения.

В соответствии с одним предпочтительным исполнением режущего инструмента перепад толщин слоя, содержащего фазу с алмазоподобным аморфным углеродом, на расстоянии, по меньшей мере, до 0,5 мм от режущих кромок не превышает 0,5 мкм. Этот предел обусловлен тем, что при большем перепаде толщин износостойкого покрытия, который может быть связан со сложной (фигурной) конфигурацией передней поверхности, обусловленной конструкцией или шероховатостью этой поверхности, влияющей на микрорельеф, могут быть образованы узкие участки в сечении покрытия, которые приведут к эффекту «бутылочного горлышка», что в свою очередь будет препятствовать распространению тепла вдоль слоя алмазоподобного аморфного углерода.

Согласно другому исполнению режущего инструмента износостойкое покрытие 18, нанесенное на передние и задние поверхности его режущего клина, содержит дополнительно, по меньшей мере, один слой, который содержит фазу, по меньшей мере, с одним из элементов V, Cr, Nb, Ti, Ta, Zr, Hf, B, Al, Si, C, N, O. Это позволяет получить более высокий технический результат, обусловленный предложенным техническим решением [14].

Согласно другому исполнению режущего инструмента в качестве аморфного алмазоподобного углеродного материала износостойкого покрытия использован аморфный алмазоподобный углерод с легирующей добавкой вольфрама в количестве 0,5...2,0%, обладающий дополнительно высокой термостойкостью.

На квадратные твердосплавные режущие пластины с длиной режущей кромки 12,7 мм, толщиной 4,76 мм и крепежным отверстием 4,7 мм наносили методом физического осаждения из паровой фазы при температуре конденсации $T_{\text{кон}} = 100^{\circ}\text{C}$ алмазоподобное износостойкое покрытие (АНН). Оно имело не равномерную толщину по передней поверхности режущей пластины в пределах 1600...2100 мкм, уменьшающуюся от режущих кромок к его отверстию.

На первом этапе оценки эффективности предложенного технического решения [14] определяли термостойкость износостойкого покрытия. Для этого образцы отжигали в атмосфере воздуха при температуре до 500°C. Далее производили осмотр поверхностей образцов с использованием оптического цифрового микроскопа. Покрытие не имело следов деформаций и поверхностных отслоений.

Далее проверяли адгезию покрытия. Адгезионные испытания проводили методом склерометрии. В качестве индентора использовали алмазный конус со скругленным острым концом радиусом 200 мкм. Момент адгезионного разрушения покрытия фиксировали после испытаний визуально с помощью оптического микроскопа, а также по изменению акустической эмиссии и коэффициента трения скольжения.

Микротвердость износостойкого покрытия измеряли методом «инструментального индентирования» (ГОСТ Р 8.748-2011) на динамическом микротвердомере. Индентор - трехгранная алмазная пирамида Берковича. При нагрузке 20 мН микротвердость находилась в пределах 90-95 ГПа.

Структурные изменения в покрытии фиксировали с использованием метода спектроскопии комбинационного рассеяния света на спектрометре. При этом плотность АПП была около 2,92 г/см³.

На втором этапе в целях проверки работоспособности предложенного инструмента режущую пластину с алмазоподобным износостойким покрытием устанавливали на корпус торцевой фрезы диаметром 50 мм и фрезеровали в однозубом варианте на станке HAAS VF-2SS заготовку из алюминиевого сплава В95 со следующими режимами резания: $V=1884$ м/мин., $S_z=0,15$ мм/зуб, $n=12000$ об/мин.

При этом отслоения износостойкого покрытия и налипания обрабатываемого материала на рабочие поверхности инструмента не обнаружено, что свидетельствует о снижении температуры в зоне контакта обрабатываемого материала с поверхностями режущего клина.

Предложенный режущий инструмент показал хорошую работоспособность при производительности $Q=360 \text{ см}^3/\text{мин}$. В связи с указанной производительностью испытания инструмента на стойкость в лабораторных условиях не проводилось, так как они могли привести к значительным экономическим затратам. [14]

В то же время следует заметить, что проведенные испытания предложенного инструмента позволяют объективно оценить полученный технический результат, учитывая, что работоспособность и износостойкость данного инструмента существенно зависит от первоначально формирующегося износа его режущей кромки, обусловленного высокой температурой и механическими напряжениями на поверхностях режущего клина.

5 Безопасность и экологичность технического объекта

В данном разделе ВКР проводится оценка экологичности и безопасности технологического процесса изготовления детали проставка. Оценку будем вести согласно методике [17].

5.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристика рассматриваемого технического объекта

Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристика производственного процесса изготовления детали проставка заключается в представлении основных характеристик усовершенствованных операций технологического процесса. Эти характеристики включают в себя вид выполняемых работ, применяемые средства технического оснащения, должность работников, которые выполняют операции, а так же все необходимые материалы и вещества. Результаты анализа характеристик технического объекта собраны в таблицу 2.

Таблица 2 – «Технологический паспорт технического объекта» [17]

«Технологический процесс» [17]	«Технологическая операция, вид выполняемых работ» [17]	«Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию» [17]	«Оборудование, техническое устройство, приспособление» [17]	«Материалы, вещества» [17]
Точение	Токарная операция	Оператор станка с ЧПУ	Станок токарный SAMAT-400XC с ЧПУ	Сталь 40X ГОСТ 4543-71 СОЖ - Литол
Фрезерование	Фрезерная операция	Оператор станка с ЧПУ	Станок вертикально-фрезерный 6P82Ф3 с ЧПУ	Сталь 40X ГОСТ 4543-71 СОЖ – Литол

5.2 Идентификация профессиональных рисков

В данном разделе приводится идентификация профессиональных рисков – производственно-технологических и эксплуатационных рисков. Это вредные и опасные производственные факторы, источником которых могут служить материалы, оборудование и вещества, используемые при изготовлении детали проставка. Результаты исследования этих факторов приведены в таблице 3.

Таблица 3 – «Идентификация профессиональных рисков» [17]

«Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ» [17]	«Опасный и/или вредный производственный фактор» [17]	«Источник опасного и/или вредного производственного фактора» [17]
1	2	3
Токарная операция	Движущиеся части производственного оборудования; оборудование, перемещающее заготовки, изделия; токсичные раздражающие вещества (СОЖ); высокий уровень шума на рабочем месте; монотонность труда.	Станок токарный SAMAT-400XC с ЧПУ и автоматической загрузкой
Фрезерная операция	Движущиеся части производственного оборудования; оборудование, перемещающее заготовки, изделия; токсичные раздражающие вещества (СОЖ); высокий уровень шума на рабочем месте; монотонность труда.	Станок вертикально-фрезерный 6P82Ф3 с ЧПУ

5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

В данном разделе подобраны методы и средства снижения профессиональных рисков, которые необходимо использовать для защиты, частичного снижения или полного устранения вредного и/или опасного фактора при изготовлении детали проставка. Некоторые из требований, такие как инструктаж и обучение по технике безопасности при работе с промышленным оборудованием, и инструктажи по охране труда – актуальны на каждом этапе технологического процесса. Другие, например, такие как использование предупреждающей разметки или использование местной вытяжки – применяются на конкретных операциях, где их использование необходимо. Все средства индивидуальной защиты работников подобраны с учётом выполняемых ими операций. Результаты анализа методов и средств снижения профессиональных рисков приведены в таблице 4.

Таблица 4 – «Методы и средства снижения и/или устранения опасных и/или вредных производственных факторов» [17]

«Опасный и/или вредный производственный фактор» [17]	«Организационно-технические методы и технические средства защиты частичного снижения, полного устранения опасного и/или вредного производственного фактора» [17]	«Средства индивидуальной защиты работника» [17]
1	2	3
Повышенная температура поверхностей материалов	Инструктаж и обучение по технике безопасности при работе с промышленным оборудованием; инструктаж по охране труда; использование технических средств защиты	Костюм огнеупорный; огнеупорные ботинки; краги для металлургов; огнеупорный щиток
Движущиеся части производственного оборудования; Оборудование, перемещающее	Инструктаж и обучение по технике безопасности при работе с промышленным оборудованием; инструктаж по охране труда;	Костюм для защиты от загрязнений; каска защитная; очки защитные
заготовки, изделия	ограждение оборудования; использование предупреждающей разметки	
Токсические раздражающие вещества (СОЖ)	Инструктаж и обучение по технике безопасности при работе с промышленным оборудованием;	костюм для защиты от загрязнений; каска защитная;

Продолжение таблицы 5

1	2	3
	инструктаж по охране труда; использование местной вытяжки; ограждение оборудования защитными экранами	очки защитные; полумаска фильтрующая; перчатки с точечным или полимерным покрытием
Высокий уровень шума и повышенный уровень вибрации	инструктаж и обучение по технике безопасности при работе с промышленным оборудованием; инструктаж по охране труда; использование различных технических средств устранения шума; увеличение жёсткости оборудования для уменьшения колебаний; Использование материалов, способных поглощать колебания	Вкладыши противошумные, наушники, резиновый коврик

5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

В данном разделе приводится идентификация потенциального класса возникновения пожара и выявление опасных факторов его воспламенения. Анализ классов пожара и опасных факторов пожара, воздействующих на людей и материальное имущество, а так же сопутствующих проявлений опасных факторов пожара проведён по методике [17]. Результаты анализа представлены в таблице 5.

Таблица 5 – «Идентификация классов и опасных факторов пожара» [17]

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
1	2	3	4	5
Участок лезвийной обработки	SAMAT-400XC с ЧПУ; Токарный с автоматической загрузкой	Пожары, связанные с воспла- менением и горением плавящихся твёрдых материалов и веществ (В)	Пламя, искры, огонь, тепловой поток, высокая температура, повышенная концентрация токсичных веществ в воздухе, низкая видимость	Замыкание высокого электрического напряжения

Для обеспечения пожарной безопасности в ходе изготовления детали проставка были выбраны организационно-технические мероприятия и технические средства обеспечения пожарной безопасности. Все они соответствуют нормативным документам в области пожарной безопасности по состоянию на 2016 год, таким как Федеральный закон «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22.07.2008 N 123-ФЗ. Все собранные данные анализа представлены в таблицах 6 и 7.

Таблица 6 – «Технические средства обеспечения пожарной безопасности» [17]

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Пожарные сигнализация, связь и оповещение.
1	2	3	4	5	6	7	8
Огнетушители ручные, ящики с песком	Пожарные машины, пожарные лестницы	Оборудование автоматического тушения пожара	технические средства оповещения и управления эвакуацией	Пожарные рукава, рукавные разветвления, ящики с песком	Респираторы, противогазы, пожарные карабины	Пожарные лопаты, багры, ломы, топоры, вёдра, комплекты диэлектрические	Автоматические оповещатели

Таблица 7 – «Организационно-технические мероприятия по обеспечению пожарной безопасности» [17]

Наименование технологического процесса, используемого оборудования в составе технического объекта	Наименование видов реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий	Предъявляемые нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
1	2	3
Технологический процесс изготовления детали проставка	Инструктаж и обучение правилам пожарной безопасности на участках;	Проведение противопожарных инструктажей, наличие автоматической системы

1	2	3
	обучение действиям при возникновении пожара и правильной эвакуации; контроль за правильной эксплуатацией оборудования; содержание оборудования в исправном состоянии	пожаротушения, наличие пожарной сигнализации, наличие первичных средств для тушения пожаров

5.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

В данном разделе представлена оценка мер по обеспечению экологической безопасности технологического процесса изготовления детали проставка. Выявлены и проанализированы негативные экологические факторы реализуемого технического процесса, а так же меры по их снижению и/или устранению. Все данные анализа соответствуют нормативным документам РФ. Результаты анализа представлены в таблицах 8 и 9.

Таблица 8 – «Идентификация негативных экологических факторов технического объекта» [17]

«Наименование технического объекта, производственно-технологического процесса» [17]	«Структурные составляющие технического объекта, производственно-технологического процесса (производственного здания или сооружения по функциональному назначению, технологических операций, технического оборудования), энергетической установки, транспортного средства и т.п.» [17]	«Негативное экологическое воздействие технического объекта на атмосферу (выбросы в воздушную окружающую среду)» [17]	«Негативное экологическое воздействие технического объекта на гидросферу (образующие сточные воды, забор воды из источников водоснабжения)» [17]	«Негативное экологическое воздействие технического объекта на литосферу (почву, растительный покров, недра, образование отходов, выемка плодородного слоя почвы, отчуждение земель, нарушение и загрязнение растительного покрова и т.д.)» [17]
1	2	3	4	5
Технологический процесс изготовления детали проставка	Станок токарный SAMAT 400XC с ЧПУ; Токарный станок с автоматической загрузкой	Стальная пыль; частицы стружки; туман от СОЖ	Технические жидкости и масла; стружка; производственная пыль	Металлические отходы, технические масла и жидкости, ветошь, СОЖ

Продолжение таблицы 8

1	2	3	4	5
	Вертикально-фрезерный станок 6P82Ф3 с ЧПУ	Стальная пыль; частицы стружки; туман от СОЖ	Технические жидкости и масла; стружка; производственная пыль	Металлические отходы, технические масла и жидкости, ветошь, СОЖ

Таблица 9 – «Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия заданного технического объекта на окружающую среду». [17]

Наименование технического объекта	Технологический процесс изготовления детали проставка
1	2
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Использование для очистки воздуха циклоны-осадители с тангенциальным входом, с осевым входом, с групповым входом; мультициклоны параллельные, последовательные; пылеуловители
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу	Использование замкнутых и оборотных систем промышленного водопользования; многоступенчатая очистка воды
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Использование системы сортировки отходов; соблюдение правил хранения отходов и периодичности их вывоза; переработка металлических отходов

В данном разделе проведены исследование и анализ безопасности и экологичности производственного процесса изготовления детали проставка.

В ходе работы была проведена идентификация профессиональных рисков, возникающих в ходе выполнения производственного процесса, и предложены методы и средства по снижению воздействия вредных и/или опасных факторов.

Была проведена идентификация класса пожаров и других опасных факторов, которые могут возникнуть в процессе выполнения производственного процесса. Были разработаны организационно-технические мероприятия по обеспечению пожарной безопасности, а так же по предотвращению пожарообразования и экстренным мерам в ходе образования пожара. Разработанные противопожарные мероприятия полностью отвечают современным противопожарным стандартам РФ.

Была проведена идентификация вредных экологических факторов, при выполнении производственного процесса, а так же мер противодействия экологическому загрязнению. Были разработаны мероприятия по обеспечению экологической безопасности на производстве.

Разработаны организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия принятых в работе изменений технического объекта на окружающую среду. В них предложено использовать для очистки воздуха циклоны-осадители с тангенциальным входом, с осевым входом, с групповым входом; мультициклоны параллельные, последовательные; пылеуловители. Также предложено использование замкнутых и оборотных систем промышленного водопользования и многоступенчатая очистка воды.

6 Экономическая эффективность работы

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

Основанием для определения экономической эффективности служат предложенные изменения в технологическом процессе изготовления детали «Проставка». Эти изменения касаются двух операций: токарной и фрезерной. На токарной операции предложено в качестве оснастки использовать автоматизированное зажимное приспособление, вместо универсального. На фрезерной операции в качестве инструмента использовать фрезу из быстрорежущей стали с износостойким покрытием, вместо фрезы из быстрорежущей стали без покрытия.

Используя данное описание изменений, рассчитаем, необходимые для определения эффективности, параметры, такие как: себестоимость, капитальные вложения, прибыль, срок окупаемости и экономический эффект. Чтобы получить значения указанных параметров воспользуемся соответствующим учебно-методическим пособием [18] и программным обеспечением Microsoft Excel.

Для определения себестоимости, в частности технологической себестоимости, необходимы последовательно определить основную заработную плату, социальные отчисления и расходы на содержание и эксплуатацию оборудования. Значения этих параметров, по сравниваемым вариантам выполнения описанных операций показано на рисунке 7.

Как видно из рисунка 7, все параметры имеют тенденцию к снижению, то есть проектируемый вариант предполагает снижение технологической себестоимости изготовления детали «Проставка» на 2,11 руб., что составит 23,9 %.

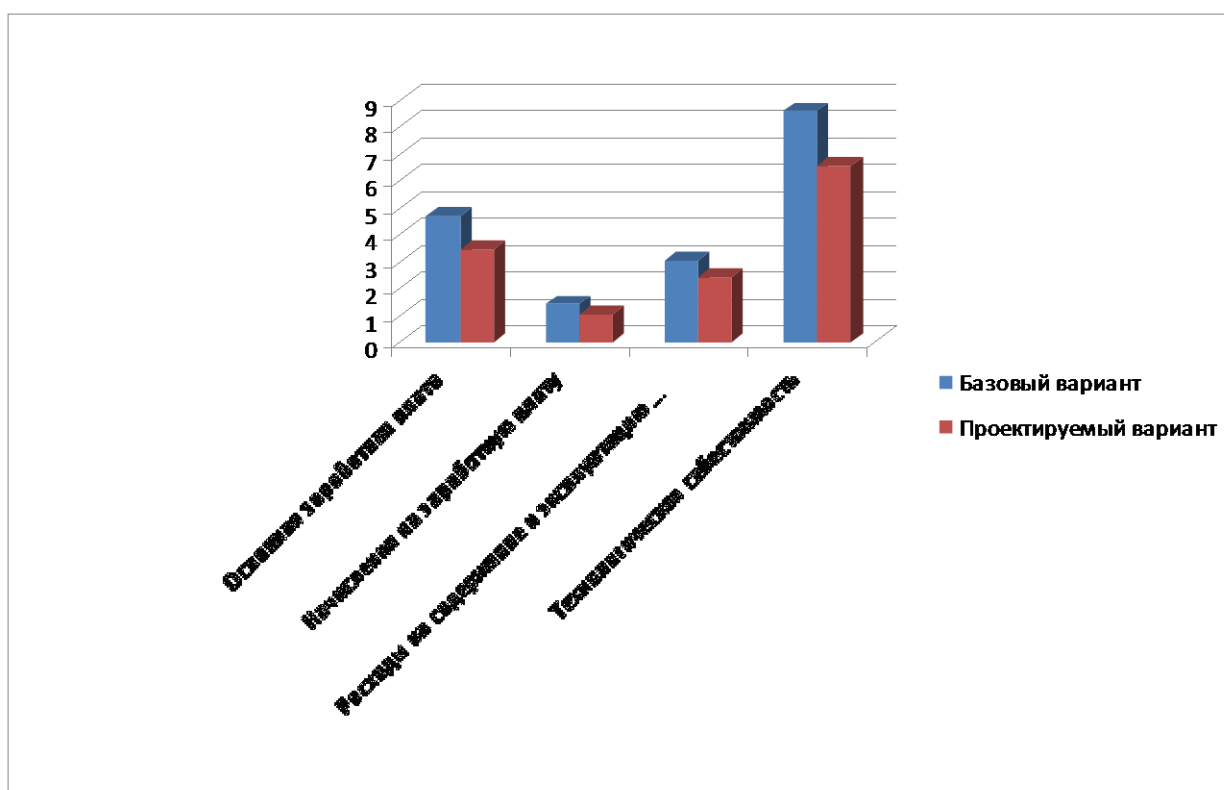


Рисунок 7 – Сравнительная характеристика параметров технологической себестоимости по вариантам, руб.

Полученные значения основной заработной платы и технологической себестоимости по сравниваемым вариантам служат необходимыми данными для определения такого параметра как полная себестоимость. В результате проведенных расчетов полная себестоимость для базового варианта составит 26,12 рублей, а для проектируемого – 19,55 рублей. По полученным значениям можно сделать вывод о том, что полная себестоимость проектируемом варианте меньше чем в базовом. Эта разница составляет 25,2% или 6,57 рублей.

Используя полученную разницу и годовую программу выпуска детали, определяем сначала ожидаемую прибыль, а затем, с учетом налоговой ставки для юридических лиц, чистую прибыль от внесенных изменений в технологический процесс, которая составит 31542 рублей.

Чтобы определить будут ли эффективны предложенные изменения, необходимо рассчитать инвестиции или капитальные вложение в проект. Учитывая то, что изменения технологического процесса изготовления детали

«Проставка» затрагивают замену инструмента и оснастки, то капитальные вложения будут складываться из затрат на инструмент, приспособление и затрат на проектирование нового технологического процесса, поэтому общая сумма инвестиций составит 40663,5 рублей. На рисунке 8 представлена структура капитальных вложений в долевом соотношении.

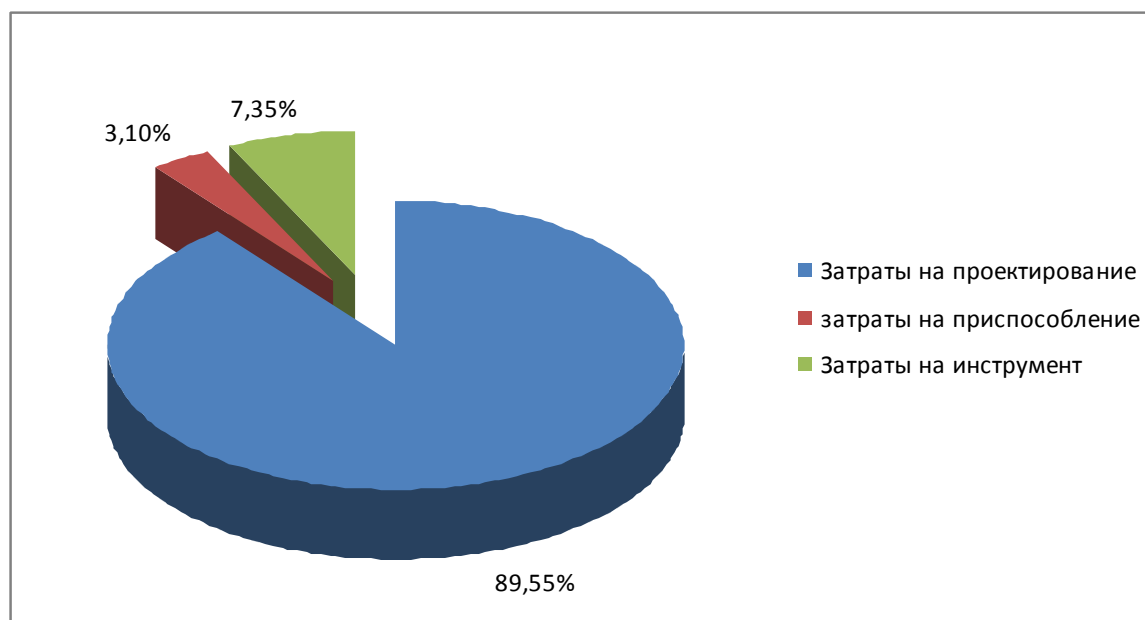


Рисунок 8 – Структура капитальных вложений в долях к общей величине

Анализируя структуру параметров инвестиций, представленную на рисунке 8, видно, что затраты на проектирование составляют большую долю в общей величине капитальных вложений, их величина равна 89,55 %.

Имея все необходимые параметры, можно обосновать эффективность предложенных изменений. Для этого необходимо определить: срок окупаемости, общий дисконтируемый доход, интегральный экономический эффект и в зависимости от величины эффекта либо индекс доходности, либо доход на капитал. Полученные значения всех перечисленных параметров представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Показатели экономической эффективности проекта

Наименование параметра	Величина параметра
Срок окупаемости, года	2
Общий дисконтируемый доход, руб.	45878,18
Интегральный экономический эффект, руб.	6814,91
Индекс доходности, руб. / руб.	1,15

Анализируя, представленные в таблице 10, данные можно сделать вывод о том, что проект является эффективным, так как интегральный экономический эффект является положительной величиной и составляет 6814,91 рублей, что является обязательным условием для экономического обоснования мероприятий. Так как эффект больше нуля, поэтому определяется индекс доходности, а не доход на капитал. Данный показатель дает понимание, какую прибыль может получить производитель с каждого вложенного в проект рубля, в нашем случае эта прибыль составит 0,15 рублей, что может обеспечить рентабельность в размере 15 %.

Заключение

В результате выполнения выпускной квалификационной работы нами спроектирован технологический процесс изготовления проставки трансмиссии гоночного автомобиля.

В ходе проектирования нами были проанализированы исходные данные, где проанализированы служебное назначение детали, выполнена классификация поверхностей и определены исполнительные поверхности, основные и вспомогательные конструкторские базы, а также выполнена анализ материала детали. Методом экономического сравнения выбран способ получения заготовки – штамповка. Далее, исходя из годовой программы выпуска деталей и массы проставки, выбран тип производства. По типу производства выбрана схема проектирования технологического процесса. Далее по форме и необходимого качества обработки выбраны методы обработки поверхностей детали. Исходя из этих методов, разработаны технологический маршрут и составлен план изготовления детали, который представлен в графической части.

Для закрепления заготовки на токарной операции 020 разработана конструкция автоматизированного токарного патрона. Внедрение этого приспособления взамен базового приспособления с ручным зажимом дает сокращение вспомогательного времени операции.

В качестве инструмента на фрезерной операции 030 проектируемым вариантом предлагается использовать концевую фрезу из быстрорежущей стали с износостойким покрытием взамен фрезы из быстрорежущей стали без покрытия. Это мероприятие увеличит период стойкости инструмента и снизит вспомогательное время операции, отводимое на замену инструмента.

В работе выполнен анализ безопасности и экологичности. Экономический расчет выполненных мероприятий показал положительный эффект.

Список используемой литературы

1. ГОСТ 4543-71. Прокат из легированной конструкционной стали. Технические условия. – 63 с.
2. Жуков В.А. Конструктивная прочность. Конструкционные стали и сплавы: учеб.пособие / В.А. Жуков. – М.: ИНФРА-М, 2019. - 264 с.
3. Галимов Э.Р. Современные конструкционные материалы для машиностроения : учебное пособие / Э.Р. Галимов, А.Л. Абдуллин. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2020. – 268 с.
4. Скворцов В.Ф. Основы технологии машиностроения : учеб.пособие / В.Ф. Скворцов. – 2-е изд. – М. : ИНФРА-М, 2019. – 330 с.
5. Мнацакян В.У. Основы технологии машиностроения : учеб. пособие / В.У. Мнацакян. – М. : Изд. дом НИТУ «МИСиС», 2018. – 221 с.
6. Козлов А.А. Разработка технологических процессов изготовления деталей машин: учеб.-методическое пособие по выполнению курсовых проектов по дисциплине «Основы технологии машиностроения»/ Сост. А.А.Козлов, И.В.Кузьмич. – Тольятти: ТГУ, 2008. – 152 с.
7. Таратынов О.В. Технология машиностроения. Основы проектирования на ЭВМ : учеб. пособие / О.В. Таратынов, В.В. Клепиков, Б.М. Базров. – М. : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2019. – 610 с.
8. Режимы резания металлов: Справочник/ Ю.В.Барановский, Л.А.Брахман, А.И.Гадалевич и др. – М.: НИИТавтопром, 1995. – 456 с.
9. ГОСТ 52781 – 2007. Круги шлифовальные и заточные. Технические условия. – 30 с.
10. Вереина Л. И. Абразивная обработка [Электронный ресурс] : справочник / Л. И. Вереина, М. М. Краснов, Е. И. Фрадкин ; под общ.ред. Л. И. Вереиной. - Москва : ИНФРА-М, 2017. - 304 с. - (Справочники ИНФРА-М). - Библиогр.: с. 299. - ISBN 978-5-16-010397-6.
11. Иванов И. С. Расчет и проектирование технологической оснастки в машиностроении [Электронный ресурс] : учеб.пособие / И. С. Иванов. -

Москва : ИНФРА-М, 2015. - 198 с. : ил. - (Высшее образование. Бакалавриат).
- ISBN 978-5-16-006705-6.

12. Зубарев Ю. М. Расчет и проектирование приспособлений в машиностроении [Электронный ресурс] : учебник / Ю. М. Зубарев. - Санкт-Петербург : Лань, 2015. - 320 с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - ISBN 978-5-8114-1803-9.

13. Зубарев Ю.М. Основы резания материалов и режущий инструмент : Учебник / Ю.М. Зубарев , Р.Н. Битюков. – Санкт-Петербург : Лань, 2019. – 228 с.

14. Патент 2664496 Российская Федерация МПК⁷ В 23 F 21/16. Червячная фреза с непостоянными полными высотами для нарезания зубьев зубчатого колеса / Москвитин А.А., Москвитин С.А., Колпаков А.Я., Маслов А.И., Губанов А.Е.; ООО «Сборные конструкции инструмента, фрезы Москвитина» (RU). –2019136291 заявл. 11.11.2019; опубл. 18.02.2020, Бюл. №5. – 16 с.

15. Логинов Н.Ю. Инженерно-исследовательские работы в технологии машиностроения : электронное учебно-методическое пособие / Н.Ю.Логинов, Д.А. Расторгуев. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2020, - 88 с.

16. Графкина М.В. Охрана труда : учебное пособие / М.В. Графкина. – 2-е изд. перераб. и доп. – Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2020. – 298 с.

17. Горина Л.Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта» : электрон. учеб.-метод. пособие / Л.Н. Горина, М.И. Фесина. - Тольятти : Изд-во ТГУ, 2018. – 41 с.

18. Краснопевцева И.В. Экономика и управление машиностроительным производством : электронное учеб.-методическое пособие / И.В.Краснопевцева, Н.В. Зубкова. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2014. – 183 с.

19. Чекмарев А.А. Справочник по машиностроительному черчению : справочник / А.А. Чекмарев, В.К. Осипов. – М. : ИНФРА-М, 2019. – 494 с.

20. Чекмарев А.А. Инженерная графика. Машиностроительное черчение : учебник / А.А. Чекмарев. – М. : ИНФРА-М, 2019. – 396 с.

21. ГОСТ 2.001-2013. Единая система конструкторской документации. Общие положения. – 47 с.

22. Карначев И.П. О концепции управления профессиональными рисками в сфере охраны здоровья и безопасности труда работников промышленных предприятий России / И.П. Карначев, С.П. Левашов, Р.В. Шкрабак, А.А. Челтыбашев // Горный журнал. – 2018. - №4. – С. 87-92.

23. Левашов С.П. Барьеры безопасности в системе управления профессиональными рисками работников сельскохозяйственного производства / С.П. Левашов, С.К. Белякин, Р.В. Шкрабак // Аграрный научный журнал. – 2017. - №2. – С. 53-59.

