

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 поршня двигателя

Обучающийся

Е.В. Терех

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент Д.Г. Левашкин

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

Консультанты

к.э.н., доцент О.М. Сярдова

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

к.т.н., доцент А.Н. Москалюк

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

Тольятти 2022

Аннотация

Цель выпускной квалификационной работы - разработка технологического процесса изготовления детали «поршень двигателя автомобиля».

В структуре работы выполнены ряд этапов в логике проектирования технологических процессов предприятий автомобилестроения. На этапе анализа был выбран типовой производственный процесс, который состоит из множества операций. Цикл производства детали соответствует производственной линии, которая постепенно изменяет тип и протяженность поверхности, пока не достигнет конфигурации геометрия которой задана комплексом конструкторских и технологических требований. На втором этапе в работе выполнена оценка технических параметров типового процесса, которые не соответствуют необходимым требованиям, предъявляемым к производственным операциям изготовления детали. На третьем этапе выполнена оценка потребителем, государственными постановлениями или некоторыми их комбинациями. Контроль каждого этапа необходим для подтверждения того, что поддерживается определенный уровень качества. Улучшение процессов означает выявление, анализ и улучшение существующих производственных процессов, чтобы соответствовать критериям новых стандартов качества, а также выполнение оптимизационные приемы для увеличения эффективности производства.

Решению этих вопросов посвящен четвертый этап работы, который был посвящен устранению выявленных недостатков путем проектирования технологического оснащения и станочного приспособления.

На пятом этапе выполнен расчет экономической эффективности техпроцесса. Определены мероприятия по обеспечению безопасности производства.

Работа включает приложения, 45 страниц пояснительной записки, и графическую часть в количестве 7 листов формата А1.

Содержание

Введение.....	4
1 Определение задач работы на базе анализа исходных данных	5
1.1 Анализ функционального назначения детали и условий эксплуатации .	5
1.2 Анализ технологических показателей детали	6
1.3 Анализ типа производства	7
1.4 Задачи работы	8
2 Разработка технологии изготовления	9
2.1 Обоснование выбора и разработка заготовки	9
2.2 Разработка плана изготовления детали	14
2.3 Выбор оборудования и технологической оснастки.....	16
2.4 Проектирование операций технологического процесса	17
3 Разработка специальной технологической оснастки.....	20
3.1 Разработка зажимного приспособления.....	20
3.2 Разработка режущего инструмента.....	25
4 Безопасность и экологичность технического объекта	30
4.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта.....	30
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	30
4.3 Методы и технические средства снижения рисков.....	31
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта	33
4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта	34
5 Экономическая эффективность работы.....	36
Заключение.....	39
Список используемых источников.....	40
Приложение А	44
Технологическая документация	44

Введение

Двигатели внутреннего сгорания, работающие на ископаемом топливе, обеспечивают около 25% мировой энергии, и при этом они производят около 10% мировой энергии. Сокращение расхода топлива и выбросов было целью исследователей и производителей двигателей в течение многих лет. Действительно, были достигнуты значительные успехи, сделавшие сегодняшний двигатель внутреннего сгорания технологическим чудом. Однако в последнее время репутации двигателей внутреннего сгорания был нанесен серьезный удар из-за скандалов с выбросами, которые угрожают способности этой технологии вносить значительный и дальнейший вклад в сокращение выбросов в транспортном секторе. В ответ были выдвинуты предложения заменить двигатели внутреннего сгорания транспортных средств на электроприводы с намеченными целями дальнейшего снижения расхода топлива и выбросов, а также сокращения выбросов парниковых газов автомобилями.

Подавляющее большинство инженеров-автомобилестроителей, признают важность двигателя внутреннего сгорания для удовлетворения мировых потребностей в мобильности и выработке электроэнергии. Безусловно, изучение новых и конкурирующих технологий двигателей, а также новых видов топлива важно для устойчивого развития. Очевидно, что в обозримом будущем дорожный и внедорожный транспорт будет характеризоваться сочетанием решений, включающих двигатели внутреннего сгорания, аккумуляторные и гибридные силовые агрегаты, а также обычные автомобили с двигателями внутреннего сгорания. двигатели.

Таким образом, в данной работе в качестве цели рассмотрена разработка прогрессивной технологии изготовления поршня двигателя, способной обеспечить выполнение всех технических требований по функциональному назначению поршня в двигателе автомобиля.

1 Определение задач работы на базе анализа исходных данных

1.1 Анализ функционального назначения детали и условий эксплуатации

Поршень воспринимает силу давления газов и передает ее через поршневой палец шатуну, рисунок 1. Кроме того, поршень является ползуном, обеспечивающим прямолинейное движение верхней головки качающегося шатуна [3].

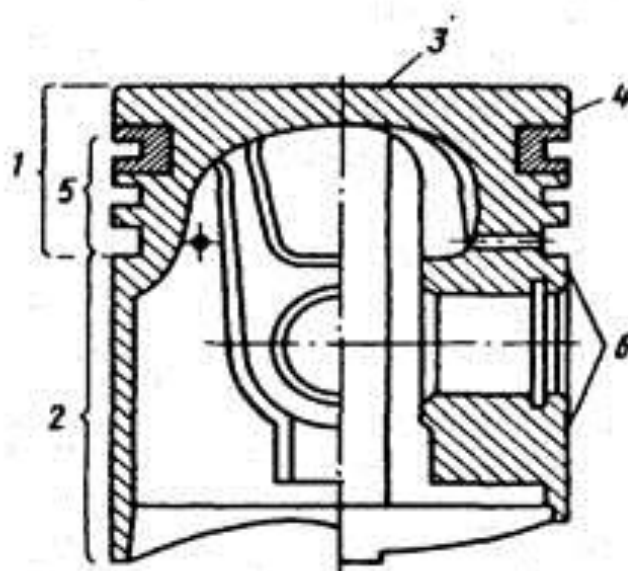


Рисунок – 1. Конструктивное исполнение детали «поршень»

Рассмотрим поверхности поршня двигателя. Выполним их классификацию по служебному назначению, представлено в таблице 1.

Таблица 1. - Классификация поверхностей

Вид поверхности	Номер поверхности
основная	4, 8
вспомогательная	1, 2, 3, 7, 13, 14, 15
исполнительная	4, 9, 10, 11

Исполнительными поверхностями детали будут поверхности. 4, 9, 10, 11, так как именно с помощью них осуществляется перемещение поршня в цилиндре, таблица 1. Остальные будут свободные. Основными поверхностями будут поверхности. 4, 8 при помощи которых поршень базируется в двигателе, и поверхности. 4, 8 являются основными базами. Вспомогательными базами выступают поверхности 7, 13, 14, 15. В конструкции поршня в сборе это палец поршневой, кольца: маслоъемные, нижнее и верхнее компрессионное, стопорные кольца [4].

1.2 Анализ технологических показателей детали

Механическая обработка требует большого количества переходов, применения специальной оснастки, специального дорогого инструмента. Применение ЧПУ во многом оправдано сложной конфигурацией детали. Для обработки овала юбки поршня требуется специальное оборудование с ЧПУ высокого быстродействия. Создание микрорельефа стенки поршня потребует применения специального инструмента с уникальной геометрией режущей части. Наибольшее применение при обработке алюминиевого сплава получили инструменты из алмазного или иного сверхтвердого материала [5].

Поршень изготавливается из материала 1X13 ГОСТ 4543-71, этот материал относится к конструкционным легированным сплавам. В таблицах 2 и 3 представлены «состав, характеристики и свойства сплава 1X13» [25].

Таблица 2 – Состав химических элементов в составе материала

Материал	Массовая доля элементов, %					
	C	Si	Mn	Cr,	S	Ni
1X13	0.4	0,17...0,37	0,5...0,8	0,25	0,004	0,035

Механические свойства справа представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Механические свойства

«Марка материала» [4]	«Термообработка» [4]	«Предел прочности при растяжении σ_B » [4]	Предел текучести σ_T	«Средний температурный коэффициент линейного расширения при температуре от 20 до 100°C $\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$ » [4]	«Относительное удлинение $\delta, \%$ » [4]	«Удельная теплоемкость $c, \text{ кал/см}^3 \cdot \text{°C}$ » [4]	«Твердость НВ, МПа» [4]
		кгс/мм ²					
1X13	улучшение	75	45	14,51	0,2	1,11	580-590

Учитывая, что при термоулучшения наблюдается повышение твердости материала, то в качестве методов получения заготовки следует рассмотреть литье по выплавляемым моделям или способ литья в металлические формы. Для удаления скопления газовых включений в днище поршня, необходимо изменить расположение литников и прибылей заготовки поршня.

1.3 Анализ типа производства

Согласно данным [14] тип производства определим, руководствуясь ГОСТ 14.004–83. Для детали при массе 1,6 кг и заданной программе выпуска 10000 штук тип производства является среднесерийным.

В базовом варианте обработка ведется на универсальных станках с ЧПУ, обрабатывающих центрах с ЧПУ. Ввиду особенности конфигурации детали и высоких требований к допускам данной детали, не соблюдается максимальной концентрации переходов. Деталь требует специального оборудования, инструмента и оснастки, для максимальной концентрации переходов и минимального количества базирования.

Таким образом, для обеспечения заданной производительности и наименьшего количества задействованного оборудования при производстве

поршня мы полностью изменим существующий технологический процесс. При проектировании нового технологического процесса мы будем руководствоваться принципом постоянства и единства баз.

1.4 Задачи работы

«Для достижения цели поставленной в данной работе необходимо решить задачи по разработке варианта технологии для обеспечения точности взаимного расположения ее поверхностей» [1].

Первой задачей является анализ структуры и производительности существующего процесса

Второй задачей является создание проектируемого варианта технологии с использованием рекомендаций для выбранного типа производства.

Третьей задачей является определение структуры и содержание стандартных операции, обеспечивающие сбалансированное производство с минимальными затратами труда.

Четвертая задача направлена на минимизацию потребности в рабочей силе и максимизацию производительности.

Осуществимость предложенного подхода продемонстрирована с использованием реального процесса изготовления поршня автомобильного двигателя.

Завершающей задачей является обеспечение экономических показателей варианта спроектированной технологии. «Это в совокупности охватывает вопросы обеспечения экологичности и безопасности технологических процессов» [6].

2 Разработка технологии изготовления

2.1 Обоснование выбора и разработка заготовки

«Из всех видов получения заготовки поршня наиболее предпочтительными в условиях серийного производства являются литье в кокиль» [8] и штамповка в закрытых штампах.

«Метод штамповки является одним из оптимальных с учетом свойств сплава и серийности производства, поэтому его также принимаем к сравнению» [4].

«Стоимость заготовки рассчитывается по формуле:

$$S_{\text{ЗАГ}} = (C_i \cdot Q \cdot k_T \cdot k_C \cdot k_B \cdot k_M \cdot k_{\text{П}}) - S_{\text{ОТХ}} \cdot (Q - q), \quad (1)$$

где C_i – базовая стоимость получения заготовок, руб.;

Q – масса заготовки, кг;

k_T – коэффициент точности;

k_C – коэффициент сложности;

k_B – коэффициент марки материала;

k_M – коэффициент массы заготовки;

$k_{\text{П}}$ – коэффициент объема производства;

$S_{\text{ОТХ}}$ – стоимость отходов механической обработки в виде стружки, руб.;

q – масса детали, кг» [4].

Массу заготовки согласно [4]:

$$\ll Q = q \cdot K_P, \quad (2)$$

где K_P – коэффициент метода получения заготовки» [4].

Масса отливки согласно [4]:

$$Q = 1,5 \cdot 1,2 = 1,8 \text{ кг.}$$

Масса штампованной заготовки согласно [4]

$$Q = 1,67 \cdot 1,2 = 2,0 \text{ кг.}$$

«Базовая стоимость получения заготовок и стоимость отходов механической обработки в виде стружки в формуле (1) принимаем по справочным данным и определив значения поправочных коэффициентов, выполняем расчет» [4].

Стоимость заготовки отливки равна.

$$S_{\text{ЗАГ}} = (56,11 \cdot 1,8 \cdot 1,0 \cdot 0,84 \cdot 1,14 \cdot 1,0 \cdot 0,8) - 1,82 \cdot (1,8 - 1,2) = 76,28 \text{ р.}$$

Стоимость штампованной заготовки равна.

$$S_{\text{ЗАГ}} = (70,3 \cdot 2,0 \cdot 1,0 \cdot 0,84 \cdot 1,14 \cdot 1,0 \cdot 0,8) - 1,82 \cdot (2,0 - 1,2) = 95,85 \text{ р.}$$

«Расчеты показали, что в данном случае более выгодна заготовка полученная методом литья» [7].

«Проектирование заготовки, получаемой литьем в металлические формы, проведем по рекомендациям и с использованием данных [9]. «Размеры заготовки получаемой методом литья приведены в таблице 4» [8].

Таблица 4 - Размеры заготовки отливки.

Номинальный диаметр, мм	Операционный размер, мм	Припуск, мм	Допуски, мм
71	$71,50^{+1,44}_{-1,2}$	0,50	$+1,44$ $-1,2$
68	$68,50^{+1,44}_{-1,2}$	0,50	$+1,44$ $-1,2$
56	$55,7^{+0,66}_{-0,55}$	0,30	$+0,66$ $-0,55$
35	$34,95^{+1,05}_{-0,7}$	0,05	$+1,05$ $-0,7$
54	$53,95^{+1,05}_{-0,7}$	0,05	$+1,05$ $-0,7$
62	$61,40^{+1,4}_{-0,8}$	0,60	$+1,4$ $-0,8$
50	$50,05^{+1,05}_{-0,7}$	0,05	$+1,05$ $-0,7$

«При формировании маршрута обработки на последовательность и

содержание операций влияет много факторов: диаметр детали, протяженность обрабатываемых поверхностей, точность размеров и форм, точность расположения поверхностей, материал, твердость поверхностного слоя, габаритные размеры заготовки и др. Результаты сведены в таблицу 5» [9].

Таблица 5 - Технологические маршруты обработки поверхностей

№ оп.	«Наименование и содержание операции» [8]	Квалитет	Шероховатость, Ra
00	Заготовительная	15	3.2
10	расточная переход 1: расточить пов. 1,2 (технологическая база) переход 2: сверлить пов. 12 (отверстий Ø6мм) переход 3: расточить пов. 4 (отверстия под поршневой палец) переход 4: фрезеровать пов. 5 (лыску в отв. под пор. палец) переход 5: расточить пов. 6 (уступ внутри в отв. под пор. палец) переход 6: расточить пов. 7 (канавку под стопорное кольцо)	11 8 6 8 12 10	0.63 2.5 0.63 2.5 2.5 2.5
20	расточная переход 1: точить пов. 8 (обработка овала юбки и днища) переход 2: точить пов. 9, 10, 11 (обработка днища поршня) переход 3: сверлить пов. 12 (обработка маслоканалов) переход 4: точить пов. 13, 14, 15 (предварительная обработка пазов под поршневые кольца) переход 5: точить пов. 13, 14 (окончательная обработка пазов под верхнее и нижнее компрессионные кольца) переход 6: точить пов. 15 (окончательная обработка пазов под маслосъемное кольцо) переход 7: точить окончательно пов. 8 (обработка овала юбки)	9 12 12 12 12 9 9 6	3,0 2,5 2,5 2,5 2,5 2,5 2,5 3,0
30	протяжная Переход 1: протянуть пов.4 (окончательная обработка отверстия под поршневой палец)	3	0,6
40	Моющая	-	-

Величина припуска на механическую обработку поверхности 2 должна быть необходимой и достаточной для реализации всех переходов механической обработки на данной поверхности детали [21].

«Определение минимального припуска для каждого перехода производится по формуле:

$$z_{imin} = a_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}, \quad (3)$$

где a – величина дефектного слоя, мм;

Δ – величина суммарных пространственных отклонений, мм;

ε – величина погрешности установки заготовки, мм;

i – индекс текущего перехода;

$i - 1$ – индекс предыдущего перехода» [21].

«Величина дефектного слоя определяется по формуле:

$$a = Rz + h, \quad (4)$$

где Rz – среднеарифметическая величина микронеровностей профиля поверхностного слоя, мм;

h – глубина дефектного слоя, образовавшегося от предыдущей обработки, мм» [21].

«Величина суммарных пространственных отклонений определяется по формуле:

$$\Delta = 0,25 \cdot Td, \quad (5)$$

где Td – поле допуска выполняемого размера, мм» [21].

«Определение максимального припуска для каждого перехода производится по формуле:

$$z_{i \max} = z_{i \min} + 0,5 \cdot (Td_{i-1} + Td_i), \quad (6)$$

где Td_i – поле допуска выполняемого размера, мм;

Td_{i-1} – поле допуска выполняемого размера на предыдущем переходе, мм» [21].

«Определение среднего припуска для каждого перехода производится по формуле:

$$z_{\text{ср}i} = 0,5 \cdot (z_{i \max} + z_{i \min}). \quad (7)$$

Проводим расчеты минимального, максимального и среднего припуска для каждого перехода» [21]. «Результаты расчетов припуска на поверхность 21 - отверстие размера $\varnothing 40H9$ (Ra 2,5) приведены в таблице 6» [19].

Таблица 6 - Расчет припуска

Этап механической обработки	Составляющие припуска					Размер, мм	Допуск, мм	Предельный размер, мм		Предельные размеры припусков, мкм		
	R _z	T	ρ	ε	Z _{i min}			d _{min}	d _{max}	Z _{i min}	Z _{i max}	
заготовительный	40	90	78			38,685	0,250	38,535	38,785	-	-	
черновая обработка	12,8	0	2,7	180	259	39,977	0,100	39,877	39,977	1092	1242	
чистовая обработка	10	0	0	9	22	41,021	0,062	41,000	41,062	64	82	
Итого									1156	1224		

«Распределение общего припуска по остальным операциям и переходам производим по таблицам в зависимости от методов и этапов обработки, геометрии, размеров и конструкции деталей» [19].

Расчет напусков ведем от размеров готовой детали к размерам исходной заготовки [7]. Технологические параметры заготовки, представлены на чертеже в графической части работы.

2.2 Разработка плана изготовления детали

Как показал анализ, «проектирование плана изготовления поршня, направлено на решение задачи обеспечения концентричности наружных поверхностей относительно установочного отверстия и перпендикулярности торцовых поверхностей к оси установочного отверстия» [13].

«Технологию механической обработки поршня проектируем согласно рекомендациям с применением обрабатывающего токарного станка ЧПУ за одну установку. Проектный вариант сводим в таблицу 7» [14].

Таблица 7 – Пооперационный маршрут изготовления поршня

№ оп.	Наименование и содержание операции	Квалитет	Шероховатость, Ra
00 заготовительная	Получение заготовки отливки поршня	15	3.2
10 расточная	переход 1: расточить пов. 1,2 (технологическая база) переход 2: сверлить пов. 12 (отверстий Ø6мм) переход 3: расточить пов. 4 (отверстия под поршневой палец) переход 4: фрезеровать пов. 5 (лыску в отв. под пор. палец) переход 5: расточить пов. 6 (уступ внутри в отв. под пор. палец) переход 6: расточить пов. 7 (канавку под стопорное кольцо)	11 8 6 8 12 10	0.63 2.5 0.63 2.5 2.5 2.5
20 расточная	переход 1: точить пов. 8 (обработка овала юбки и днища) переход 2: точить пов. 9, 10, 11 (обработка днища поршня) переход 3: сверлить пов. 12 (обработка маслоканалов) переход 4: точить пов. 13, 14, 15 (предварительная обработка пазов под поршневые кольца) переход 5: точить пов. 13, 14 (окончательная обработка пазов под верхнее и нижнее компрессионные кольца) переход 6: точить пов. 15 (окончательная обработка пазов под маслосъемное кольцо) переход 7: точить окончательно пов. 8 (обработка овала юбки)	9 12 12 12 9 9 6	3,0 2,5 2,5 2,5 2,5 2,5 3,0

Продолжение таблицы 7

№ оп.	Наименование и содержание операции	Квалитет	Шерохова- тость, Ra
30 протяжная	переход 1: протянуть пов.4 (окончательная обработка отверстия под поршневой палец)	3	0,6
40 моечная	очистка внутренней полости поршня перед сборкой	-	-

План обработки поршня представляет контурную расточную обработку внутренних отверстий и установочных баз. Технологической базой является наружная поверхность при закреплении поршня в патроне [18].

«При базировании заготовки на операциях необходимо соблюдать принципы базирования и использовать типовые схемы базирования» [18]. различных операциях ТП.

«На операции 010 расточной в качестве базы, соблюдая принцип единства баз» [18], в качестве технологической базы выбраны пов. 8, 9. От них ведется обработка поверхностей в отверстии под поршневой палец и растачивается внутренняя поверхность юбки поршня, которая в дальнейшем будет использоваться как база на следующей операции. Специальное зажимное приспособление на 20 операции обеспечивает точное расположение детали для выполнения овала юбки и сверления маслоканалов строго относительно оси поршневого пальца. Такая схема базирования является наиболее оптимальной. На 30 операции в качестве баз используем технологическую базу 1, 2, 3.

В графической части работы в виде чертежа представлен план изготовления поршня, его маршрут изготовления показан в маршрутной карте (приложение А).

2.3 Выбор оборудования и технологической оснастки

При выборе производственного оборудования и технологического оснащения необходимо совместно рассмотреть показатели гибкости и производительности. Рассматривая процесс изготовления поршня помимо программной или параметрической гибкости, необходимо обеспечить производительность обработки, за счет простоты изменения структуры производства, что обеспечивает большую адаптацию к изменяющимся условиям. и расширяет ассортимент выпускаемой продукции за счет использования агрегатных станков. Предложенный в работе подход обеспечивает прогрессивный рост коэффициента загрузки оборудования по мере движения поршня по производственной системе. [10], [14], [22].

Для операций 10, 20, 30 «расточная» поршня будем руководствоваться рекомендациями источника [14].

При выборе приспособления для сложной технологической системы исходными условиями являются требования к значениям основных показателей, которые оно должно обеспечивать в своей работе. Чем сложнее технологическая система, тем больше потери в ее реализации может быть осуществлена и, следовательно, более строго значения этих показателей должны быть [22, 23].

При выборе режущего инструмента руководствуемся рекомендациями [2], [23]. Учитываем протяженность технологии и ее операций, содержание для каждой операции. Для выбранного станочного оборудования при реализации технологии, учитываем параметры ее производительности, последовательности размещения и технологических взаимосвязей. Наконец, на параметрическом уровне определяем скорость и глубину реза, производительность, технологические режимы, реализованные на выбранном оборудовании

При выборе средств контроля с целью обеспечения повышения производительности обработки необходимо применять средства

автоматизированного контроля для увеличения коэффициента загрузки оборудования. Решение заключается в использовании гибких производственных систем контроля, которые могут выполнить измерение только путем применения программного управления ЧПУ.

Результаты выбора оборудования и технологической оснастки согласно рекомендациям [3] приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Результаты выбора оборудования и технологической оснастки

Наименование операции	Наименование режущего инструмента	Инструментальный материал	Тип станочного приспособления
10 расточная	оправка расточная φ=45 ГОСТ 19058-80	T5K10	самоцентрирующий патрон
	оправка расточная φ=120 ГОСТ 69078-89	MC2215	самоцентрирующий патрон
20 расточная	оправка расточная φ=90 ГОСТ 18871-73	T5K10	пневматический цанговый патрон
	оправка расточная φ=90 ГОСТ 18879-73	T5K10	
30 протяжная	протяжка круглая φ=90 ГОСТ 18871-73	P6M5K5	специальный патрон
	оправка призматическая ГОСТ 18879-73	Сталь 40X	

Результаты выбора технологического оснащения для спроектированного варианта технологии поршня вносим в маршрутные карты (приложение А).

2.4 Проектирование операций технологического процесса

«На этапе проектирования технологических операций выполняем расчет режимов резания» [16].

«Скорость резания определяют расчетным путем и по таблицам. Однако, действительная скорость резания всегда отличается от результата расчета. Табличный метод определения скорости резания значительно проще

расчетного. Сущность метода состоит в том, что скорость резания выбирают из таблиц в зависимости от глубины резания, подачи и других факторов, а затем, путем введения соответствующих коэффициентов» [16].

«Определяется скорость резания по формуле:

$$V = V_T \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (8)$$

где V_T – нормативная скорость резания, м/мин;

K_1 – коэффициент, зависящий от характеристик обрабатываемого материала;

K_2 – коэффициент, зависящий от характеристик инструментального материала;

K_3 – коэффициент, зависящий от вида обработки» [16].

Далее определяется частота вращения шпинделя используя формулу:

$$\langle n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d}, \quad (9)$$

где d – диаметр обрабатываемой поверхности или режущего инструмента, мм» [16].

Нормирование технологических операций и корректировку режимов резания на выполнение операций выполняем следуя современным достижениям техники и опыта работы производства [20]. «Согласно данной методике сначала рассчитывается длина рабочего хода инструмента на всю операцию по формуле:

$$L_{\text{р.х.}} = l_1 + l_{\text{рез}} + l_2, \quad (10)$$

где l_1 – длина врезания, мм.;

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

l_2 – длина перебега, мм» [20].

«Затем, определяется основное время на обработку по формуле:

$$T_o = \frac{L_{p.x.}}{S \cdot n}, \quad (11)$$

где S – подача, мм/об» [20].

«Результаты выполненных расчетов режимов сводим в таблицу 9» [20].

Таблица 9 – Результат нормирования технологических операций

Номер и наименование операции	V , м/мин	n , об/мин	S_o , мм/об	$S_{мин}$, мм/мин	T_o , мин	Номер инструмента	t , мм
10 расточная	80,5	712	0,4	285	0,207	1	1,4
	113	1054	0,45	475	0,073	2	1,0
	132	1260	0,45	567	0,03	3	0,35
	162	1260	0,65	700	0,03	4	0,15
20 расточная	120	950	0,2	191,49	0,239	1	1,4
	106	890	0,17	151,3	0,208	2	1,0
	108	1000	0,7	198,75	0,118	3	0,5
30 протяжная	120	950	0,3	202,89	0,180	1	1,2

Основным критерием выбора конструктивных параметров технологической системы является коэффициент загрузки оборудования, что, в свою очередь, предъявляет повышенные требования к гибкости системы.

Для обеспечения точности обработки поршня в данном разделе выполнены расчеты технологических режимов резания, припуски на обработку каждой обрабатываемой поверхности. Рассчитаны нормы времени на каждую операцию. Это позволило успешно решить задачу разработки технологии изготовления детали.

3 Разработка специальной технологической оснастки

3.1 Разработка зажимного приспособления

Анализ 20 операции показал, что «используемое на данной операции станочное приспособление не отвечает предъявляемым требованиям в условиях среднесерийного производства» [9]. «Приспособление в виде патрона не обеспечивает достаточную точность и виброустойчивость инструмента и детали при обработке внутренних пазов» [9, 26].

«Упругий гидропластмассовый элемент 1 имеет форму рабочей полости зажимного приспособления. В качестве материала упругого элемента применяют, например, дибутилфталат марки ДМ 88 ГОСТ 2102-81. При движении нажимного плунжера 2 происходит плавная передача усилия нажима зажимной втулке 3, при этом усилие зажима непрерывно растет до расчетного значения.» [9, 26]. В качестве исходной информации для расчета принимаем данные из раздела 2, параметры режущего инструмента, режимы резания для операции 20, рисунок 2.

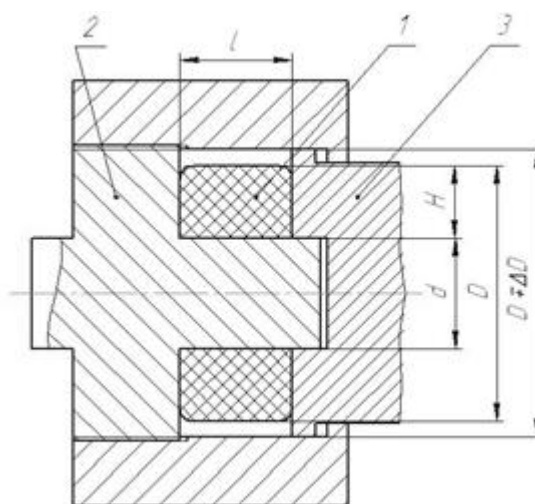


Рисунок 2 - Расчетная схема гидропластового патрона

При расчете учитываем «критическое значение продольной силы при продольном изгибе инструмента:

$$P_{кр} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot J}{L^2}, \quad (12)$$

где L – длина протяжки, мм;

E – модуль упругости материала стержня, МПа;

J – минимальный момент инерции поперечного сечения, мм⁴.

Для расчета момента инерции необходимо знать характеристики инструмента:

$$J = \frac{\pi \cdot d^4}{32}, \quad (13)$$

где $d=14$ мм – диаметр инструмента» [26].

«Максимальный зазор между поверхностью зажимной втулки и упругого гидропластмассового элемента при зажиме по внутренней поверхности:

$$\delta = D_{min} - D_{max} , \quad (14)$$

где δ - посадочный зазор втулки гидропластмассового элемента, мм;

D_{max} - максимальный диаметр зажимной втулки, мм;

D_{min} – минимальный диаметр зажимной втулки, мм.

Допуск ΔD на диаметр зажимной втулки определяем из диапазона:

$$\Delta D = 0,002 \div 0,0025 , \quad (15)$$

Далее рассчитываем усилие зажима гидропластмассовым элементом втулки относительно внутренней поверхности:

$$P = 100 \frac{2b}{D} \sqrt{\frac{2b}{D}} D_{нат} \quad (16)$$

где $D_{нат}$ - натяг при зажиме заготовки, мм;

b – толщина стенки зажимной втулки, мм;

D – диаметр втулки, мм.

Для определения полезного объема гидропластового элемента определяем высоту рабочей полости под заполнение гидропластмассой:

$$H = 2\sqrt[3]{D}, \quad (17)$$

Определяем величину усадки гидропластмассового зажимного элемента:

$$v = 0,002V, \quad (18)$$

где V – объем гидропластмассового зажимного элемента, мм³» [26].

«Величина захода плунжера, необходимая для зажима втулки:

$$m = \frac{4(\Delta V + v)}{\pi d^2}, \quad (19)$$

где d – диаметр нажимного плунжера, мм» [26].

Диаметр наружного плунжера определим из диапазона:

$$d = (0,5-0,8)\sqrt{D}, \quad (20)$$

Расчетные параметры спроектированной конструкции патрона сводим в таблицу 12.

Таблица 12 - Результаты расчета зажимной оправки

«Обозначение параметра» [26]	Наименование	«Расчетное значение параметра» [26]
δ_{\max}	«максимальный зазор между поверхностью зажимной втулки и упругим элементом» [26]	2 мм
D	«диаметр втулки» [26]	20 мм
ΔD	«допуск на диаметр зажимной втулки» [26]	0,002 мм
P	«усилие зажима» [26]	1200 Н
H	«высота рабочей полости» [26]	12 мм
v	«величина усадки гидропластмассового элемента» [26]	0,002 м ³
m	«величина перебега плунжера» [26]	5 мм
d	«диаметр нажимного цилиндра плунжера» [26]	до 20 мм

Конструкция спроектированной оправки обеспечивает выполнение требований гибкости, применяемой для изготовления поршня технологической оснастки. Поэтому характеристика диаметра нажимного плунжера принята в предельном значении, а именно до 30 мм. Конструктивное исполнение такой оправки приведено на рисунке 3.

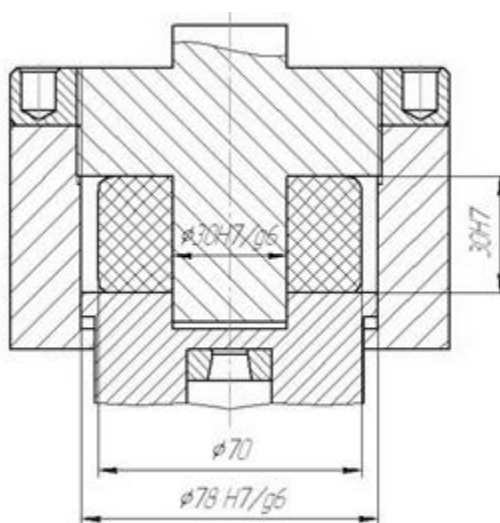


Рисунок 3 – Конструкция зажимной оправки и патрона протяжки в сборе

«Корпус патрона выполнен разъемным и состоит из втулки 1 и хвостовика 2. Хвостовик 2 служит для крепления патрона во вспомогательной каретке станка. Во втулке размещены поворотные кулачки 3, служащие для захвата заднего хвостовика протяжки, находящиеся в подпружиненном состоянии и срабатывающие при контакте с упором (не показано). Для уменьшения износа втулки в ней помещена упорная втулка 4 для контакта с торцом хвостовика протяжки» [26]. «С целью обеспечения центрирования втулки и хвостовика протяжки во втулке выполнен цилиндрический выступ. Перемещение втулки 1 ограничено гильзой 5, которая своим буртом контактирует с заплечиками втулки 1. Гильза 5 навинчивается на хвостовик 2. Между втулкой 1 и хвостовиком 2 помещен упругий гидропластмассовый элемент 19. Гильза фиксируется стопорной гайкой 16. Заготовка устанавливается в сменной втулке 10, посаженной в переходной планшайбе 11, закрепленной на планшайбе 12 вертикально-протяжного станка» [9].

«При включении рабочего хода протяжка под действием вспомогательного патрона для захвата начинает перемещаться до тех пор, пока она остановится под действием силы резания, которая возрастает по мере увеличения числа зубьев, находящихся одновременно в работе. При этом рабочей патрон 9 продолжает перемещение, выбирая зазор между рабочей поверхностью поворотных кулачков 8 рабочего патрона 8 и рабочим конусом шейки переднего хвостовика протяжки. Втулка 1 вспомогательного патрона для захвата под действием протяжки останавливается, хвостовик 2 продолжает движение синхронно с рабочим патроном 9, сжимая гидропластмассовый элемент 19 и создавая постоянно возрастающее усилие на задний торец протяжки» [26].

В данном разделе спроектировано приспособление согласно требованиям по точности установки. Задача проектирования выполнена. Конструкция представлена в графической части работы.

3.2 Разработка режущего инструмента

«С целью обеспечения оптимального качества обработки и максимальной износостойкости проведем проектирование протяжки для обработки внутреннего отверстия поршня под палец с использованием методики и справочных данных» [9, 17].

Согласно рекомендациям [17] выполняем «расчет величины припуска A под протягивание из диапазона:

$$A = 0.005 \cdot D_H + (0,1 \div 0,2) \cdot \sqrt{L}, \quad (21)$$

где D_H - наружный диаметр отверстия, мм;

L - длина обрабатываемого отверстия, мм.

$$A = 0,005 \cdot 40 + (0,1 \div 0,2) \cdot \sqrt{32} = (1,41 \div 2,32) \text{ мм}$$

Принимаем $A = 2$ мм» [17]. «Выбираем стандартный диаметр хвостовика $d_1=32$ мм. Площадь по сечению равна $F_X=1848.4$ мм². Шаг t_p режущих зубьев определим согласно:

$$t_p = (1,25 \div 1,5) \cdot \sqrt{L}, \quad (22)$$

где t_p - шаг режущих зубьев, мм;

L - длина обрабатываемого отверстия, мм.

$$t_p = (1,25 \div 1,5) \cdot \sqrt{32} = (7,3 \div 8,58) \text{ мм}$$

Учитывая, что конструкция протяжки является сборной, принимаем значение шага до ближайшего большего значения равным $t_p = 10$ мм. Тогда глубина канавки равна $h_k = 5$ мм, площадь канавки равна $F_k=19,6$ мм²» [17].

«Далее определяем максимальное число одновременно работающих зубьев Z_{max} :

$$Z_{max} = \frac{L}{t_p} + 1, \quad (23)$$

где t_p - шаг режущих зубьев, мм;

L - длина обрабатываемого отверстия, мм.

$$Z_{max} = \frac{32}{10} + 1 = 3,3 \text{ зуба}$$

Следовательно, при обработке отверстия длиной 32 мм, у данной протяжки одновременно будут работать 3 зуба. Коэффициент заполнения стружечной канавки $K=4$. Далее определяем допустимое напряжение на растяжение хвостовой части протяжки: $[\sigma_x] = 300$ МПа, режущей части $[\sigma_1]=400$ МПа» [17].

«Основываясь на этих данных выполняем расчёт усилий, которые действуют на протяжку и её конструктивные элементы. Наибольшее усилие, допустимое хвостовиком:

$$P_x = F_x \cdot [\sigma_x], \quad (24)$$

где F_x – усилие возникающее на режущих зубьях, Н;

σ_x - напряжение на растяжение хвостовой части протяжки, МПа.

$$P_x = 3848,4 \cdot 300 = 1154520 \text{ Н.}$$

Наибольшее усилие, допустимое протяжкой по прочности перед первым зубом определим согласно выражения:

$$P_1 = \frac{\pi \cdot (D_1 - 2 \cdot h_k)^2}{4} \cdot \sigma_1, \quad (25)$$

где D_1 – диаметр первого зуба протяжки, мм;

σ_1 - напряжение возникающее на режущем зубе МПа;

h_k – высота зуба, мм.

$$P_1 = \frac{3.14 \cdot (35 - 2 \cdot 5)^2}{4} \cdot 400 = 196250 \text{ Н}$$

В качестве расчётной силы резания P_p выбираем минимальную из P_x и P_1 :

$$P_p = P_x = 154520 \text{ Н.}$$

Исходя из этого условия, глубину канавок оставляем равной $h_k = 5$ мм и рассчитаем наибольшую ширину срезаемого слоя B_p :

$$B_p = (b_{\text{ш}} + 2 \cdot f + 0,5) \cdot n_z, \quad (26)$$

где $b_{\text{ш}}$ – ширина шлица, мм;

f – размер фаски, мм;

n_z – число шлицев, шт.

$$B_p = (10 + 2 \cdot 0,5 + 0,5) \cdot 11 = 126,5 \text{ мм.}$$

Величину подачи S_z назначаем по справочным данным [17]

$$S_z = S_{z_p} = 0,1 \text{ мм/зуб.}$$

Далее рассчитываем величину припуска снимаемый фасонными зубьями:

$$\Delta = d_{B_{\text{min}}} + 2 \cdot f + 0,3 - D_0, \quad (27)$$

где $d_{B_{\text{min}}}$ – ширина фасонного участка детали, мм;

f – размер фаски, мм;

$$\Delta = 36 + 2 \cdot 0,5 + 0,3 - 35 = 2,3 \text{ мм.}$$

Рассчитываем число фасонных зубьев Z_ϕ :

$$Z_\phi = \frac{\Delta}{2 \cdot S_{zK}} + 1, \quad (28)$$

где S_{zK} – величина подачи на зуб, мм/мин;

Δ – величина припуска снимаемый фасонными зубьями, мм;

$$Z_{\phi} = \frac{2,3}{2 \cdot 0,1} + 1 = 12,5 \text{ зуба}$$

Принимаем $Z_{\phi} = 13$ зубьев» [17].

«Протяжки работают на растяжение, поэтому их рассчитывают на прочность при растяжении от основной составляющей силы резания P_z , направленной вдоль оси протяжки. Условие прочности протяжки выполняется, согласно условию:

$$\sigma = \frac{Pz_{max}}{F_{min}} \leq [\sigma], \quad (29)$$

где σ - нормальные напряжения в опасном сечении протяжки, МПа;

Pz_{max} - наибольшая сила резания при протягивании, МПа

F_{min} - наименьшая площадь поперечного сечения, мм²;

$[\sigma]$ - допустимое напряжение на разрыв, МПа.

Наименьшая площадь поперечного сечения F_{min} рассчитываем согласно:

$$F_{min} = \frac{\pi \cdot (D - 2h)^2}{4}, \quad (30)$$

где D - диаметр внутреннего отверстия втулки, мм;

h - глубина канавки, мм.

Выполняем расчет нормальных напряжений:

$$F_{min} = \frac{3,14 \cdot (36 - 10)^2}{4} = 530,34 \text{ мм}^2$$

Выполняем проверку условия прочности протяжки. Условие прочности выполняется:

$$\sigma = \frac{154520}{530,34} = 218,75 \leq 400 \text{ МПа} \gg [17].$$

Сборная протяжка «содержит корпус 1 и хвостовик 2 с продольным шпоночным пазом на основании 5 и установленную на нем с помощью шестигранной шпонки 4 заднюю направляющую 5 и секции зубьев 3, стянутые в осевом направлении втулкой 6, рисунок 4.

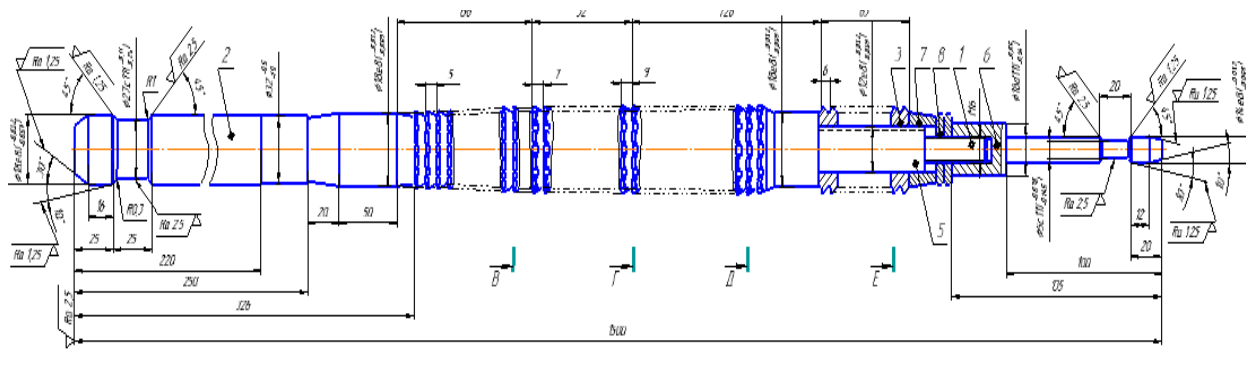


Рисунок 4 – Конструкция сборной протяжки

В корпусе 1 выполнена кольцевая канавка, в которой монтируются два опорно-предохранительных полукольца 8, а задняя направляющая 8 имеет кольцевую проточку на конце для удержания секции зубьев 3» [17].

Спроектированная конструкция сборной протяжки представлена в графической части работы.

4 Безопасность и экологичность технического объекта

Раздел посвящен анализу безопасности и экологичности технологического процесса изготовления поршня двигателя.

4.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта

Таблица 13 содержит характеристики выбранных операций.

Таблица 13 – Технологический паспорт технического объекта

«Технологический процесс» [6]	«Технологическая операция, вид выполняемых работ» [6]	«Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию» [6]	«Оборудование, техническое устройство, приспособление» [6]	«Материалы вещества» [6]
«изготовление поршня двигателя Lada Largus»	«расточивание» [6]	«оператор станков с ЧПУ» [6]	оправка расточная $\varphi=90$ ГОСТ 19045-80 оправка расточная $\varphi=90$ ГОСТ 18879-73 оправка расточная $\varphi=120$ ГОСТ 69078-89	Сплав 1X13

В качестве рассматриваемых операций выбраны операции растачивания, ввиду того что они являются лимитирующими.

4.2 Идентификация профессиональных рисков

«В таблицу 14 сведены данные о появляющихся при исполнении операций технологического процесса воспроизведения профессиональных рисках» [6].

Таблица 14 - Идентификация профессиональных рисков

«Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция» [6]	«Опасный и/или вредный производственный фактор» [6]	«Источник опасного и/или вредного производственного фактора» [6]
растачивание	«химическое отравление, поражение электрическим током при неправильной эксплуатации оборудования, шум, вибрации, загрязнение воздуха, стереотипные рабочие движения, применение поврежденного инструмента, нарушение организации рабочего места, искрообразование» [6]	«смазывающе-охлаждающая жидкость, оборудование, обрабатываемая заготовка, инструмент, станок, технологическое оснащение» [6]

«Анализ профессиональных рисков выявил источник возникновения опасных и вредных факторов технологического процесса поршня. Это рабочая зона, оборудование и средства производства, техническое оснащение» [6].

4.3 Методы и технические средства снижения рисков

«В данном подразделе содержится информация о методах и средствах подавления влияния опасных производственных факторов, приведенных в предыдущем подразделе, на исполнение операций технологического процесса изготовления детали» [6]. Методы и средства приведены в таблице 15.

На основе данных о факторах возникновения опасных ситуаций на производстве было предложено применять средства индивидуальной защиты персонала. Также предложено оборудовать производственный участок элементами пожаротушения, где будет реализован выпуск поршня. Наряду с этим особое внимание уделяется вопросам безопасности работающего оборудования и рассмотрены средства предотвращающие распространение вредных вибраций от оборудования. Применение автоматизированного

оборудования также предполагает применение средств защиты персонала для обеспечения электробезопасности.

Таблица 15 - Организационно-технические методы и технические средства устранения или снижения негативного воздействия опасных и вредных производственных факторов

Опасный и вредный производственный фактор	«Организационные методы, технические средства» [6]	Средства защиты
вибрации	«инструктажи по охране труда, устройства и приспособления, гасящие вибрации» [6]	«ботинки с амортизирующими подошвами, вибропоглощающие перчатки» [6]
«акустические колебания в производственной среде и характеризующиеся повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума» [6]	«инструктажи по охране труда, приспособления, поглощающие и снижающие уровень шума до предельно допустимых значений» [6]	«противошумные вкладыши или наушники» [6]
«поражение электрическим током» [6]	«инструктажи по охране труда, заземление оборудования, изоляция токоведущих частей» [6]	«резиновые напольные покрытия, перчатки с полимерным покрытием, спецодежда» [6]
«химическое отравление» [6]	«вентиляция, инструктажи по охране труда» [6]	спецодежда
«загрязнение воздуха» [6]	«вентиляция, инструктажи по охране труда» [6]	спецодежда
«стереотипные рабочие движения» [6]	«инструктажи по охране труда» [6]	-
«отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения» [6]	«инструктажи по охране труда, устройства местного освещения» [6]	-
«применение поврежденного инструмента» [6]	«инструктажи по охране труда» [6]	-
«нарушение организации рабочего места» [6]	«инструктажи по охране труда, устройства местного освещения» [6]	-
искрообразование	«инструктажи по охране труда, заземление оборудования, изоляция токоведущих частей, системы аварийного отключения» [6]	«резиновые напольные покрытия, перчатки с полимерным покрытием, спецодежда» [6]

Оснащение производственного участка предполагает использование также первичных средств защиты персонала, оснащения производственного оборудования.

4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

«Приведенные данные таблиц 16-17 содержат информацию об источниках пожарной безопасности и предназначенных для устранения угрозы пожара средствах» [6].

Таблица 16 - Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы при пожаре	Сопутствующие факторы при пожаре
«производственный участок» [6]	КТ-141, 7Б65, 5А122В, 2Р135Ф2 6Т83	Д	«неисправность электрооборудования, возгорание промасленной ветоши, искры и пламя» [6]	«взрывы, изменение местоположения напряжения на токопроводящие элементы оборудования» [6]

Результаты выполненной идентификации классов и факторов пожароопасности позволяют определиться средства пожаробезопасности.

Таблица 17 - Средства защиты и пожаротушения

«Первичные средства пожаротушения» [6]	«Мобильные средства пожаротушения» [6]	«Стационарные установки системы пожаротушения» [6]	«Оборудование» [6]	«Инструмент» [6]	«Средства индивидуальной защиты» [6]	«Пожарные сигнализация, связь, оповещение» [6]
«огнетушители, ящики с песком, ведра» [6]	«автомобили, передвижные огнетушители» [6]	«система пожаротушения автоматическая» [6]	рукава, гидранты	ведра, лопаты	«противогазы, спецодежда, пожарный щит» [6]	«звуковые автоматические оповещатели» [6]

В комплекс средств защиты также входят специальные мероприятия и инструктаж с персонала, задействованном на производстве, таблица 18» [6].

Таблица 18 - Средства по обеспечению пожарной безопасности

«Наименование технологического процесса» [6]	«Наименование видов реализуемых организационных мероприятий» [6]	«Предъявляемые нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности» [6]
«технологический процесс изготовления поршня двигателя Lada Largus» [6]	«разработка и реализация приказов и распоряжений по обеспечению пожарной безопасности объекта, разработка инструкций о мерах пожарной безопасности и действиях при возникновении пожара; обучение работников; применение средств наглядной агитации по пожарной безопасности» [6]	«пожарные инструктажи, наличие пожарной сигнализации, автоматической системы пожаротушения, первичных средств пожаротушения» [6]

«В комплекс средств защиты также входят специальные мероприятия и инструктаж с персонала, задействованном на производстве» [6].

4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

В качестве примера рассмотрена структура технологического процесса, его элементы и выполнена оценка воздействия на производственные условия. Результаты анализа приведены в таблице 19.

Таблица 19 - Определение экологически опасных факторов объекта

«Технологический процесс» [6]	«Структурные элементы техпроцесса» [6]	«Опасное воздействие на атмосферу» [6]	«Опасное воздействие на гидросферу» [6]	«Опасное воздействие на литосферу» [6]
поршня двигателя Lada Largus	агрегатный станок, средства контроля, технологическое приспособление	«стружка, пыль, токсические испарения» [6]	«стружка, пыль, технические жидкости, растворы» [6]	«стружка, пыль, технические жидкости, растворы, ветошь» [6]

«Далее определим характер воздействия опасных факторов на персонал производственных структур. Разработанные рекомендации приведены в таблице 20» [6].

Таблица 20 - Разработанные мероприятия для снижения антропогенного негативного воздействия

воздействие	«Технологический процесс изготовления поршня» [6]
на атмосферу	«фильтрационные системы для системы вентиляции участка» [6]
на гидросферу	«локальная многоступенчатая очистка сточных вод» [6]
на литосферу	«разделение, сортировка, утилизация на полигонах отходов» [6]

«Выполненный анализ исходных данных позволил произвести, исследования технологического процесса изготовления поршня. В результате были рассмотрены и проанализированы базовые технологические операции спроектированной технологии - токарная операция, протяжная операция, зубодолбежная операция, фрезерная операция, шлифовальная операция.

Определены основные производственные риски, носящие определяющий характер на исполнение технологического процесса изготовления поршня. Выполнены анализ опасных факторов и выбраны методы и средства для снижения их негативного влияния персонал. Далее был выполнен анализ используемых структурных элементов, перечислены угрозы, источники возможного очага возгорания на участке» [6]. Следовательно, можно считать цели данного раздела достигнутыми.

5 Экономическая эффективность работы

Целью раздела является «оценка технико-экономических показателей проектируемого технологического процесса и их сравнительный анализ с показателями базового варианта, для определения расчетным способом экономического эффекта от предложенных технических решений» [12].

«Исходными данными при расчёте являются следующие результаты самостоятельного проектирования: приспособление на горизонтально-протяжной операции 030; режимы горизонтально-протяжной операции 030, инструмент горизонтально-протяжной операции 030» [12].

«Необходимые значения технических параметров, такие как: основное и штучное время, модель оборудования, наименование инструмента и оснастки, применяемые на операции 030, были взяты из предыдущих разделов бакалаврской работы» [12].

«С применением 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 5, показаны величины, из которых складываются капитальные вложения» [12]. Их величина составляет 786362,53 рублей.

Анализируя, представленные на рисунке 5, данных, можно сделать вывод о том, что «самыми капиталоемкими затратами являются затраты с основное технологическое оборудование (K_{OB}), величина которых составляет 76,45 %, Все остальные затраты находятся в объеме менее 10 % от общей величины капитальных вложений» [12].

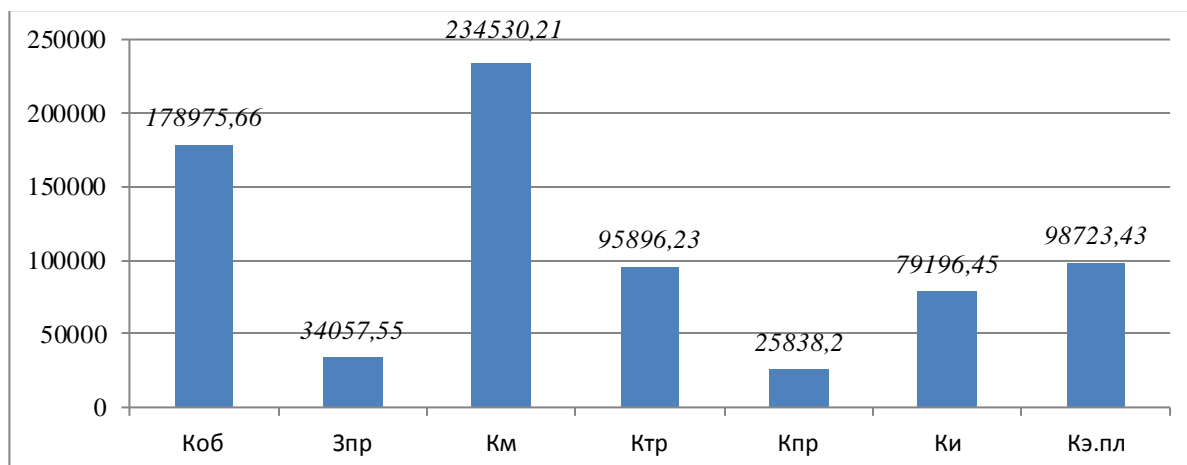


Рисунок 5 – Величина затрат, входящих в капитальные вложения, предложенного проекта, руб.

«На рисунке 6 представлены параметры, из которых складывается технологическая себестоимость детали поршень двигателя Lada Largus, по двум сравниваемым вариантам технологического процесса» [12].

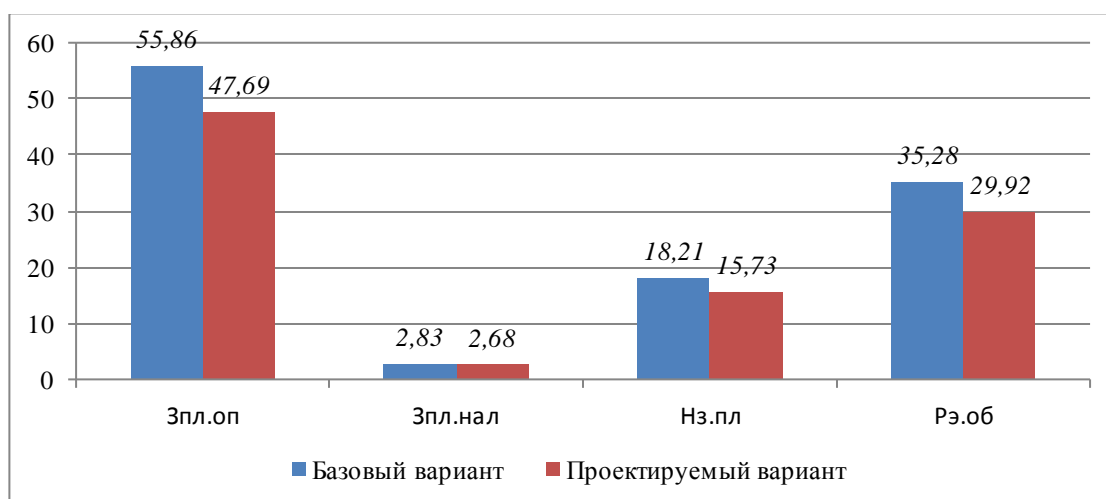


Рисунок 6 – Слагаемые технологической себестоимости изготовления детали, по вариантам, руб.

Анализируя диаграмму на рисунке 6, видно, что «две величины имеют максимальные доли в общей величине технологической себестоимости. Первая это заработная плата оператора (Зпл.оп), необходимая на оплату труда рабочих операторов, занятых на перечисленных выше операциях, доля

которой составляет 55,25 % для базового варианта и 51,08 % для проектируемого варианта, в размере технологической себестоимости. Вторая это расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, с объемом величины 34,31 % для базового варианта и 30,54 % для проектируемого варианта, от всего значения технологической себестоимости» [12].

«Данные параметры позволили сформировать значение полной себестоимости. Результаты калькуляции себестоимости обработки детали по всем операциям процесса, представлены на рисунке 7» [12].

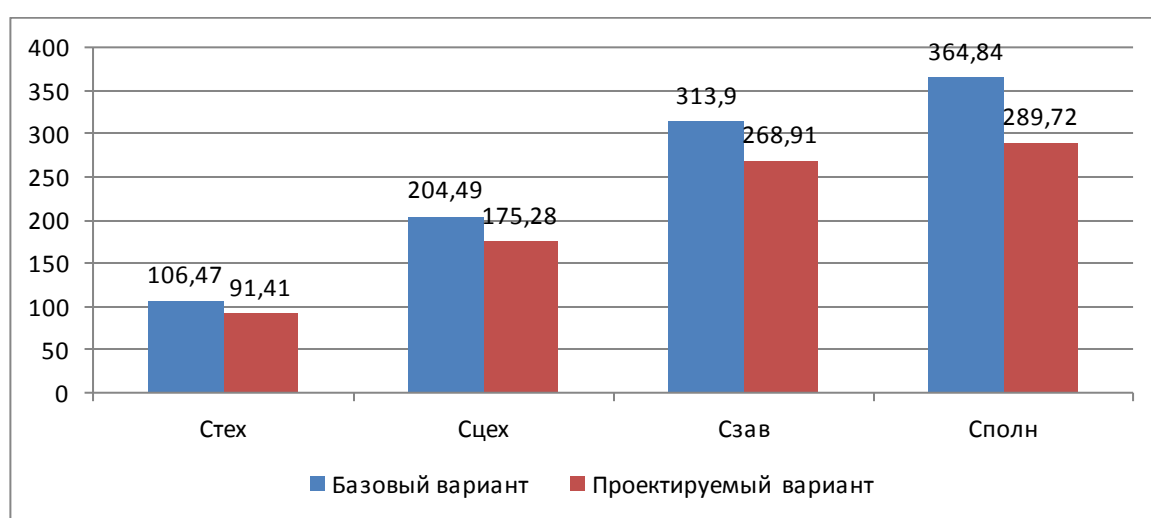


Рисунок 7 – Калькуляция себестоимости, по вариантам технологического процесса, руб.

Из данных рисунка 7, значение полной себестоимости ($C_{полн}$) для базового варианта составило 364,84 рубля, а для проектируемого варианта – 289,72 рубля.

«Дальнейшие расчеты показали, что капитальные вложения, в размере 2264566,75 рублей, окупятся в течение 3-х лет. Такой срок является максимально допустимым для совершенствования технологического процесса. Проанализируем такой экономический параметр как интегральный экономический эффект или чистый дисконтируемый доход. Величина данного показателя составляет 363233,16 рубля» [12]. Значит, на каждый вложенный рубль будет получен доход 1,36 рублей.

Заключение

В работе приведены результаты разработки процесса производства поршня. Выполнен анализ технологичности детали с точки зрения конструктивных особенностей и технических требований на основе изучения данных о служебном назначении детали. Выполнено проектирование заготовки, методом, обеспечивающим минимальную себестоимость производства заданной программы изготовления деталей.

На основе анализа типового технологического процесса предложен новый технологический маршрут обработки поршня, который учитывает последние достижения в области технологии автоматической обработки деталей в серийном производстве. Применение автоматизированного оборудования позволило повысить концентрацию технологических переходов операций обработки коренных шеек поршня под установку опорных колец.

Проработано содержание технологических операций, выбрано их технологическое оснащение. Кроме того, спроектировано автоматизированное приспособление, добавлен новый режущий инструмент для достижения высокого уровня автоматизации, эти устройства сконструированы в третьей части работы.

Расчет норм времени подтверждает снижение трудоёмкости и повышение производительности обработки детали. Оно составляет 3,594 часа, что на 2,5 часа меньше времени на обработку одной детали согласно базовому варианту технологии. Расчеты технико-экономических показателей и оценка их факторов безопасности показали, что, выбор структуры и содержания технологических операций сделан верно. Таким образом, задачи, поставленные в работе, были достигнуты.

Цель данной выпускной квалификационной работы по разработке технологического процесса изготовления поршня двигателя Lada Largus в условиях среднесерийного производства можно считать достигнутой.

Список используемых источников

1. Безъязычный, В. Ф. Метод подобия в технологии машиностроения : монография / В. Ф. Безъязычный. — 2-е изд. — Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. — 356 с. — ISBN 978-5-9729-0766-3. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/115137.html> (дата обращения: 23.09.2022).

2. Обеспечение качества изделий в технологических комплексах / С. А. Чижик, П. А. Витязь, М. Л. Хейфец [и др.]; под редакцией М. Л. Хейфеца. — Минск : Белорусская наука, 2019. — 249 с. — ISBN 978-985-08-2442-4. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/95463.html> (дата обращения: 23. 09.2022).

3. Антимонов А. М. Технология машиностроения: учебник для СПО / А. М. Антимонов ; под редакцией О. Г. Залазинского. — 2-е изд. — Саратов : Профобразование, 2021. — 173 с. — ISBN 978-5-4488-1116-6. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/104916.html> (дата обращения: 18. 09.2022).

4. Воронов Д.Ю. Проектирование и производство заготовок изделий машиностроительного производства : учебно-методическое пособие / Д.Ю. Воронов, В.М. Боровков, И.В. Кузьмич. — Тольятти : ТГУ, 2018. — 203 с. [Электронный ресурс]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/140032> (дата обращения: 15. 09.2022).

5. Горбацевич А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие для вузов / А.Ф. Горбацевич, В.А. Шкред. М. : ООО ИД «Альянс», 2007 — 256 с.

6. Горина Л.Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта» : электрон. учеб.-метод. пособие / Л.Н. Горина, М.И. Фесина. — Тольятти. : Изд-во ТГУ, 2018. — 41 с. [Электронный ресурс]. — URL: <http://hdl.handle.net/123456789/8767> (дата обращения: 10.10.2022).

7. ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – Введ. 1990-01-07. – М. : Изд-во стандартов, 1990. – 83 с.

8. Звонцов И.Ф. Проектирование и изготовление заготовок деталей общего и специального машиностроения : учебное пособие / И.Ф. Звонцов, К.М. Иванов, П.П. Серебrenицкий. – Санкт-Петербург : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2015. – 179 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/75160> (дата обращения: 16. 09.2022).

9. Клименков С. С. Инновационные технологии в машиностроении : учебное пособие / С. С. Клименков, В. В. Рубаник. — Минск : Белорусская наука, 2021. — 405 с. — ISBN 978-985-08-2760-9. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/119232.html> (дата обращения: 18.10.2022).

10. Зубарев Ю.М. Расчет и проектирование приспособлений в машиностроении : учебник / Ю.М. Зубарев. – Санкт-Петербург : Лань, 2015. – 320 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/61360> (дата обращения: 19.10.2022).

11. Каталог продукции «Инвест-станок». [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.investstanok.ru> (дата обращения: 05.10.2022).

12. Копылов Ю.Р. Технология машиностроения : учебное пособие / Ю.Р. Копылов. – Санкт-Петербург : Лань, 2020. – 252 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/142335> (дата обращения: 16. 09.2022).

13. Краснопевцева И.В. Экономика и управление машиностроительным производством: электрон. учеб.-метод. пособие / И.В. Краснопевцева, Н.В. Зубкова. – Тольятти. : ТГУ, 2014. – 183 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://hdl.handle.net/123456789/13> (дата обращения: 12.10.2022).

14. Мартыновская, С. Н. Технология машиностроения. Ч.1 : учебное пособие / С. Н. Мартыновская, В. И. Садовников. — Красноярск : Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, 2020. — 148 с. — Текст : электронный // Цифровой

образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/107227.html> (дата обращения: 19. 09.2022).

15. Маталин А.А. Технология машиностроения : учебник для во / А.А. Маталин. – 5-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2020. – 512 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/143709> (дата обращения: 19. 09.2022).

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

17. Назначение рациональных режимов резания при механической обработке: учебное пособие / В.М. Кишуров, М.В. Кишуров, П.П. Черников, Н. В. Юрасова. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2019. – 216 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/121986> (дата обращения: 09.10.2022).

18. Проектирование металлообрабатывающих инструментов : учебное пособие / А.Г. Схиртладзе, В.А. Гречишников, С.Н. Григорьев, И.А. Коротков. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2015. – 256 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/64341> (дата обращения: 23.10.2022).

19. Расторгуев Д.А. Технологическая часть выпускной квалификационной работы машиностроительного направления: электронное учеб.-метод. пособие / Д.А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". – ТГУ. – Тольятти. : ТГУ, 2017. – 34 с. [Электронный ресурс] – URL: <http://hdl.handle.net/123456789/6204> (дата обращения: 13. 09.2022).

20. Расчет припусков и межпереходных размеров в машиностроении: Учеб. пособ. Для машиностроит. спец. вузов / Я.М. Радкевич, В.А. Тимирязев, А.Г. Схиртладзе, М.С. Островский; Под ред. В.А. Тимирязева. – 2-е изд. – М.:

Высш. шк., 2007. – 272 с.

21. Режимы резания металлов : справочник / Ю. В. Барановский [и др.] ; под ред. А. Д. Корчемкина. – 4-е изд., перераб. и доп. - Москва : НИИТавтопром, 1995. – 456 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/60989> (дата обращения: 07.10.2022).

22. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 1 / А.М. Дальский [и др.] ; под ред. А. М. Дальского [и др.]. – 5-е изд., испр. – Москва.: Машиностроение-1, 2003. – 910 с.

23. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 2 / А.М. Дальский [и др.] ; под ред. А. М. Дальского [и др.]. – 5-е изд., испр. – Москва.: Машиностроение-1, 2003. – 941 с.

24. Станочные приспособления: справочник. В 2 т. Т. 1 / А.И. Астахов [и др.]. – Москва. : Машиностроение, 1984. – 591 с.

25. Схиртладзе А.Г. Проектирование режущих инструментов: учебное пособие / А.Г. Схиртладзе, В.А. Иванов, В.К. Перевозников. – Пермь : ПНИПУ, 2006. – 208 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/160688> (дата обращения: 26.10.2022).

26. Химический состав и физико-механические свойства стали 40X [Электронный ресурс]. – URL: http://metallicheskiy-portal.ru/marki_metallov/stk/40X (дата обращения: 06.09.2022).

27. 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. 09.2022).

Приложение А

Технологическая документация

Таблица А.1 – Технологическая документация

<i>Дудл.</i>																				
<i>Взам.</i>																				
<i>Подп.</i>																				
<i>Разраб.</i>	<i>Терех</i>																			
<i>Провер.</i>	<i>Левашкин</i>																			
<i>Утв.</i>																				
<i>Исполн.</i>																				
<i>Технологический процесс изготовления поршня</i>																				
ДП 6 1																				
<i>М01</i>	<i>Алюминий АК9Т ГОСТ 1583-93</i>																			
	<i>Код</i>	<i>ЕВ</i>	<i>МД</i>	<i>ЕН</i>	<i>Нрасх.</i>	<i>КИМ</i>	<i>Код заготовки</i>	<i>Профиль и размеры</i>				<i>КД</i>	<i>МЗ</i>							
<i>М02</i>	12	166	0,285	1		0,7	24	194x27.4 мм				1	0,3							
<i>А</i>	<i>Цех</i>	<i>Уч</i>	<i>РМ</i>	<i>Опер.</i>	<i>Код, наименование оборудования</i>															
<i>Б</i>	<i>Код и наименование оборудования</i>						<i>СМ</i>	<i>Проф.</i>	<i>Р</i>	<i>УТ</i>	<i>КР</i>	<i>КОИД</i>	<i>ЕН</i>	<i>ОП</i>	<i>Кшт</i>	<i>Тпз</i>	<i>Тшт</i>			
<i>А03</i>	000 Заготовительная																			
<i>Б04</i>	Литье в кокиль																			
<i>05</i>																				
<i>А06</i>	010 Расточная																			
<i>Б07</i>	Обработка центр с ЧПУ HAAS 50																			
<i>Б8</i>	Vertor C1 2 18225322 1Н 1 1 1 1 90 2.382																			
<i>09</i>	Точить технологическую базу в размер 50 ±0,3 и 78 ±1 и 2 фрезеровать технологические отверстия в																			
<i>Т10</i>	размер 6 φ ±0,018 / +0,03, ±0,03, ±0,03. Расточить предварительно отв. 19,3 ±0,01 в размер 30,7 ±0,3, φ 9 ±0,03 и резеровать паз в																			
<i>Т11</i>	размер R3, пов. 5. Точить торцы в размер 27 ±0,4, пов. 6. Точить канавку в размер 63,6 ±0,2, пов. 7.																			
<i>12</i>	396110 3х кулачковый самоцентрирующий патрон, 396110 позиционер, 392104 Резец расточной ВК6 ГОСТ 3882-74,																			
<i>А13</i>	391210 Сверла 6мм ВК6, ГОСТ 3882-74, 391210 Сверла сборные с т/с пластинами ВК6, ГОСТ 3882-74																			
<i>Б14</i>	396310 Фреза канцевая 3мм ВК6, ГОСТ 3882-74, 396110 Резец канавочный ВК6, ГОСТ 3882-74,																			
<i>15</i>	396110 Резец канавочный, с вставкой ПКА																			
<i>МК</i>																				

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

Изм.		Лист		N докум.		Подпись		Дата		Изм.		Лист		N докум.		Подпись		Дата		
Изм.	Лист	N докум.	Подпись	Дата	Изм.	Лист	N докум.	Подпись	Дата	Изм.	Лист	N докум.	Подпись	Дата	Изм.	Лист	N докум.	Подпись	Дата	
А	Цех	Уч	Рм	Опер.	Код	наименование оборудования	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кит	Тпз	Тшт			
Наименование детали, сд. единицы или материала							Обозначение, код													
							ОП	ЕВ	ЕН	КМ	КН	Нраск.								
А03	393120	Штангенциркуль ШЦ1-125, 393120 Нутрамер 0-6, 393120 Нутрамер 12-25,																		
Б04																				
05																				
А06					020	Расточная														
Б07					Обработка центр с ЧПУ DMG Mori															
Б8					Vector	С1	2	18225322	1Н	1	1	1	1	90	3.866					
09	Точить юбку поршня предварительно в размер 825 ± 0.05, пов. 8. ф. чить ± 1 поршня в размер 49.5 ± 0.025, пов. 9.																			
Т10	Сверлить отверстия 3 ± 0.05, ф. ± эр 32.5 ± 0.1, пов. 12. Точить ± эки предварительно в размер 12 ± 0.05, 1 ± 0.05, 2.5 ± 0.05, пов. 13, 14, 15.																			
Т11	Точить окончательно канавки в размеры 15 ± 0.01, 12 ± 0.01, пов. ± 14. Точить ± канавку окончательно в размер 3 ± 0.01, пов. 15.																			
12	Точить окончательно овал юбки поршня пов. 8.																			
А13	396110 Специальный зажимной патрон, 392104 Резец проходной ВК6 с покрытием, ГОСТ 3882-74,																			
	392104 Резец подрезной ВК6, ГОСТ 3882-74, Сверло 3мм ВК6, ГОСТ 3882-74,																			
	392104 Резец канавочный с вставками из т/с, ВК6, ГОСТ 3882-74, 392104 Резцы канавочные, ВК6, ПКА																			
	392104 Резец канавочный ПКА, Резцовая головка с пластинами из т/с, ВК6, ГОСТ 3882-74,																			
	393120 Контрольное приспособление спец, 393120 Микраметр МК25, 393120 Микраметр МК50																			
МК	1																			