

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 кафедры)

15.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Технологии, оборудование и автоматизация машиностроительных производств

(направленность (профиль)/ специализация)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему Технологический процесс изготовления шатуна

Студент(ка)	<u>А.С. Дмитриев</u>	_____
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)
Руководитель	<u>Д.Ю. Воронов</u>	_____
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)
Консультанты	<u>А.Г. Егоров</u>	_____
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)
	<u>Н.В. Зубкова</u>	_____
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)
	<u>П.А. Корчагин</u>	_____
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой к.т.н., доцент Н.Ю. Логинов

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

_____ (личная подпись)

« _____ » _____ 2019 г.

Тольятти 2019

АННОТАЦИЯ

Дмитриев Александр Сергеевич. Технологический процесс изготовления шатуна. Бакалаврская работа. Тольятти. Тольяттинский государственный университет, 2019.

В бакалаврской работе представлена технология изготовления шатуна для условий среднесерийного производства.

Ключевые слова: данные для проектирования, заготовка, статистические данные по дефектам, маршрут обработки, план обработки, технологическое оснащение, режимы обработки, приспособление, инструмент, безопасность и экологичность проекта, экономическая эффективность.

При выполнении бакалаврской работы достигнуты следующие результаты:

- по разделу «Введение» - исследована актуальность и сформулирована цель данной работы;
- по первому разделу - проанализировано поведение узлов автомобиля в течение гарантийного срока эксплуатации;
- по второму разделу – проведена разработка технологического процесса;
- по третьему разделу – обосновано изменение конструкции шатуна;
- по четвертому разделу - исследованы мероприятия по безопасности и экологичности проекта;
- по пятому разделу – исследована величина экономической эффективности разработанной технологии;
- по разделу «Заключение» представлены достижения и выводы по данной работе.

Бакалаврская работа содержит пояснительную записку в размере 68 страниц, содержащую 14 таблиц, 7 рисунков, и графическую часть, содержащую 7 листов.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 Описание исходных данных.....	6
1.1 Анализ поведения узлов автомобиля в течение гарантийного срока эксплуатации.....	6
1.2 Анализ факторов, влияющих на работу двигателя.....	10
1.3 Выбор детали двигателя.....	11
1.4 Служебное назначение детали и предъявляемые к ней требования.....	12
1.5 Задачи работы.....	13
2 Технологическая часть работы.....	14
2.1 Определение типа производства.....	15
2.2 Описание заготовки.....	15
2.3 Предлагаемый технологический процесс.....	16
2.4 Разработка технологических операций.....	17
3. Изменение конструкции шатуна.....	27
3.1 Анализ конструкции шатуна ВАЗ 21123.....	27
3.2 Предложения по изменению конструкции.....	27
3.3 Расчет поршневой головки.....	28
3.4 Расчет кривошипной головки.....	37
3.5 Расчет стержня шатуна.....	38
4 Безопасность и экологичность технического объекта.....	43
4.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристики рассматриваемого технического объекта.....	43
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	43
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	44
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта.....	46
4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта.....	48
4.6 Заключение по разделу.....	49
5 Экономическая эффективность работы.....	51

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	54
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	55
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	58
ПРИЛОЖЕНИЕ Б	65

ВВЕДЕНИЕ.

Одним из ведущих машиностроительных предприятий России является ПАО «АВТОВАЗ». Важнейшим узлом современного автомобиля, определяющим качество его работы, является двигатель внутреннего сгорания (ДВС). Современный ДВС в своей конструкции сочетает все передовые достижения науки и техники, имеет сложную конструкцию и требует тщательной организации процесса сборки. Причем к качеству сборки с каждым днем предъявляются все более и более жесткие требования.

Для реализации данных требования необходимо более широко применять новые технологии в области автоматизации сборки и способах организации технологического процесса ТП, основанного на статистических данных процесса, обеспечивающего без дефектное производство, что является неким трендом в современном производстве. Поэтому, тема данной бакалаврской работы, направленная на решение данной актуальной проблемы является актуальной.

Целью настоящей бакалаврской работы является рассмотрение статистических методик, позволяющих улучшить технологические процессы, повысить управляемость производства, снизить издержки за счет эффективного использования информации при производстве шатуна.

1 Описание исходных данных

1.1 Анализ поведения узлов автомобиля в течение гарантийного срока эксплуатации

Для выбора направления исследования воспользуемся методикой Парето для анализа поведения основных узлов автомобилей, производящихся на ВАЗе, в течение срока гарантийной эксплуатации, и выявим наиболее проблемную позицию, приносящую наибольшие убытки.

Построим диаграмму Парето и определим степень влияния узлов с точки зрения количества встречающихся дефектов.

Наиболее часто встречающиеся узлы: двигатель в сборе, подвеска автомобиля, привод передних колес, рулевой механизм, и т.д.

Проведем анализ в двух направлениях: во-первых, рассмотрим поведение узлов за период 2009 и 2010 года, во-вторых, будем учитывать не только количество дефектов, но и затраты по ним.

Таблица 1.1 - Количество дефектов за 2009 год

Узлы автомобиля	Число дефектов	Накопленная сумма	% числа дефектов к общей сумме	Накопленный процент
Двигатель	21 584	21 584	23.14	23.14
Подвеска	14 377	35.961	15.41	38.55
Топливная система	10 551	46 512	11.31	49.86
Кузов в сборе	10 368	56 880	11.11	60.97
Коробка перемены передач	8 626	65 506	9.25	70.23
Привод передних колес	5 192	70 698	5.57	75.8
Ступица и колесо	4 729	75 427	5.07	80.87
Сцепление	4 358	79 785	4.68	85.54
Рулевое управление	3 786	83 571	4.06	89.6
Прочие	9 705	93 276	10.4	100.0
Итого	93 276		100.0	

Таблица 1.2 - Количество дефектов за 2010 год

Узлы автомобиля	Число дефектов	Накопленная сумма	% числа дефектов к общей сумме	Накопленный процент
Двигатель	34 195	34195	29.2	29.2
Подвеска	22 740	56 935	19.42	48.62
Коробка перемены передач	10 749	67 684	9.18	57.8
Кузов в сборе	9 358	77 042	7.99	65.79
Топливная система	9 001	86 043	7.69	73.48
Ступица и колесо	7 589	93 632	6.48	79.96
Привод передних колес	6 217	99 849	5.31	85.27
Рулевое управление	3 866	103 715	3.30	88.57
Сцепление	3 854	107 569	3.29	91.86
Прочие	9 533	117 102	8.14	100.0
Итого	117 102		100.0	

Таблица 1.3 - Затраты по дефектам за 2009 год

Узлы автомобиля	Число дефектов	Накопленная сумма	% числа дефектов к общей сумме	Накопленный процент
Двигатель	7 674 229	7 674 229	32.14	32.14
Коробка перемены передач	5 047 687	12 721 916	21.14	53.28
Подвеска автомобиля	3 658 326	16 380 242	15.32	68.6
Сцепление	3 110 162	19 490 404	13.03	81.63
Рулевое управление	1 004 957	20 495 361	4.21	85.84
Коленчатый вал и маховик	968 951	21 464 312	4.06	89.9
Амортизаторы	608 575	22 072 887	2.55	92.45
Кузов в сборе	567 046	22 639 933	2.38	94.83
Крышки редуктора	454 096	23 094 029	1.9	96.73
Внутренняя обивка кузова	163 521	23 257 550	0.68	97.41
Панель приборов	122 757	23 380 307	0.51	97.82
Прочие	494 023	23 874 330	2.18	100.0
Итого	23 874 330		100.0	

Таблица 1.4 - Затраты по дефектам за 2010 год

Узлы автомобиля	Число дефектов	Накопленная сумма	% числа дефектов к общей сумме	Накопленный процент
Двигатель	12 754 063	12 754 063	35.12	35.12
Коробка перемены передач	6 832 531	19 586 594	18.82	53.94
Привод передних колес	5 505 020	25 091 614	15.16	69.1
Уплотнители	2 034 915	27 126 529	5.6	74.7
Подшипники, сальники	1 753 325	28 879 854	4.83	79.53
Рулевой механизм	1 340 596	30 220 450	3.69	83.22
Механизм переключения передач	875 328	31 095 778	2.41	85.63
Крышки редукторов	697 152	31 792 930	1.92	87.55
Распределительный вал	528 450	32 321 380	1.45	89
Кузов в сборе	524 353	32 845 733	1.44	90.44
Прочие	3 465 264	36 310 997	9.56	100.0
Итого	36 310 997		100.0	

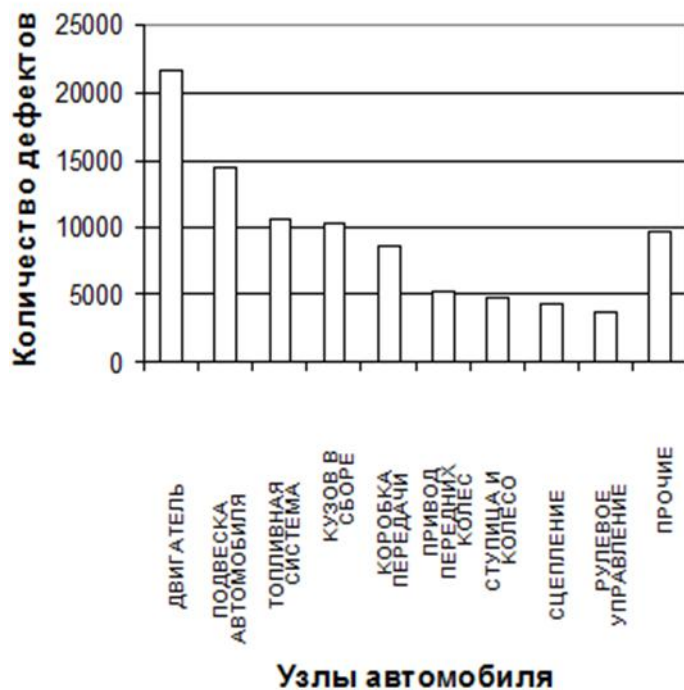


Рисунок 1.1 – Количество дефектов за 2009 год

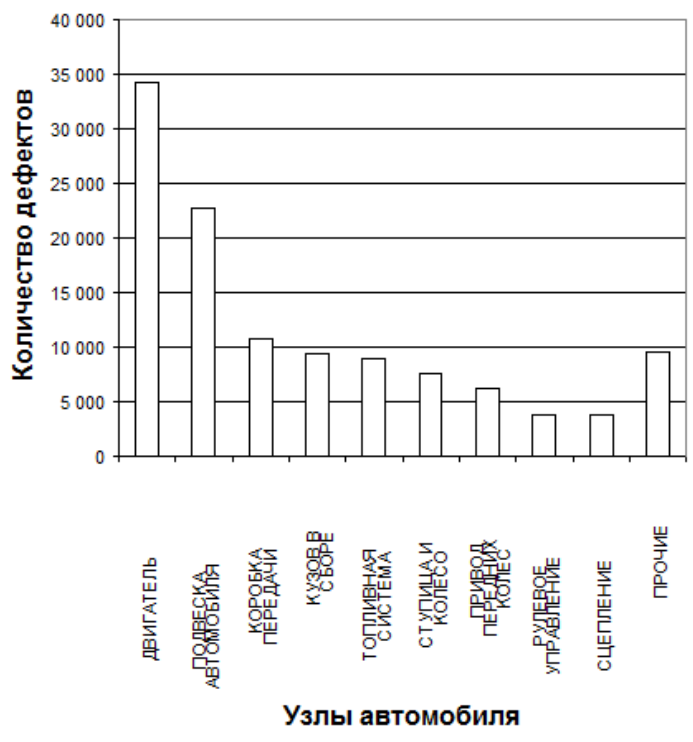


Рисунок 1.2 – Количество дефектов за 2010 год

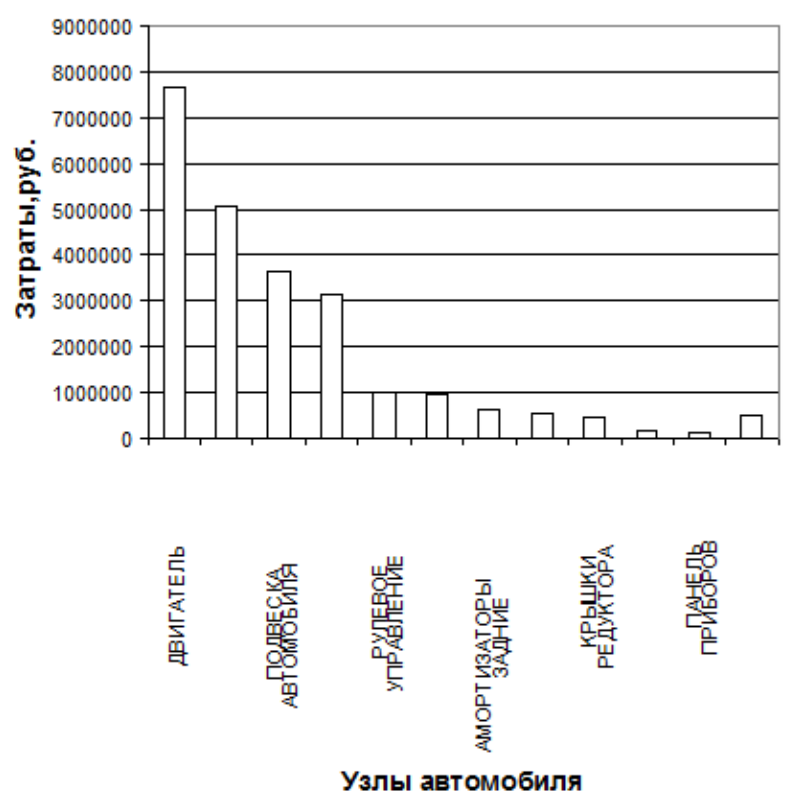


Рисунок 1.3 – Затраты за 2009 год

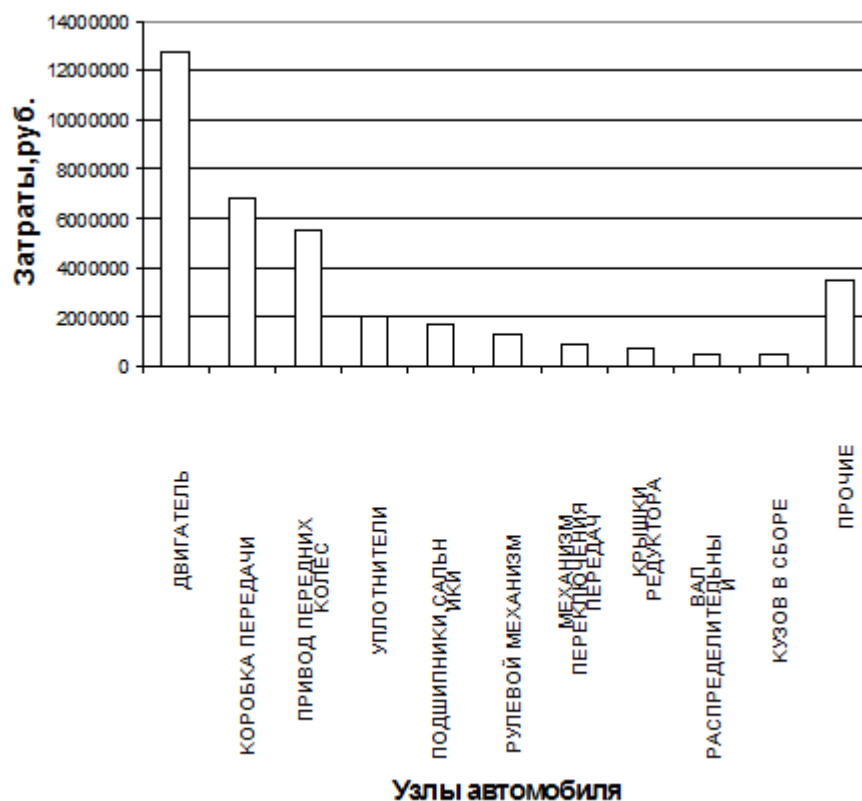


Рисунок 1.4 – Затраты за 2010 год

Из диаграмм видно, что в первую очередь надо сосредоточить внимание на двигателе, так как из-за него возникает больше всего проблем. Значит, если устранить или существенно уменьшить эти проблемы, то можно снизить уровень отказов автомобилей в течение срока гарантийной эксплуатации.

1.2. Анализ факторов, влияющих на работу двигателя

Построение причинно-следственной диаграммы сводится к следующему: выявляют наиболее существенные факторы, влияющие на показатель качества (главные причины или причины первого порядка). Каждый из этих факторов необходимо раскрыть, т.е. выделить причины, влияющие на эти факторы (причины второго, третьего и последующих порядков).

Выделим наиболее существенные факторы, влияющие на качество работы двигателя: конструкция двигателя, детали двигателя, технология изготовления, сборочный процесс.

1.3. Выбор детали двигателя

Выделим основные узлы двигателя:

1. Блок цилиндров и головка блока цилиндров
2. Кривошипно-шатунный механизм
3. Механизм газораспределения
4. Масляная система
5. Топливная система
6. Система охлаждения

Был проведен опрос специалистов, которым предстояло ответить на вопрос: «Какой из узлов в настоящее время наиболее сильно влияет на качество работы двигателя?» Ответы распределились следующим образом:

- КШМ – 48%;
- ГРМ – 25%;
- блок цилиндров и головка блока – 11%;
- топливная система – 8%;
- масляная система – 4%;
- система охлаждения – 4%;

В свою очередь кривошипно-шатунный механизм состоит из следующих деталей:

- коленчатый вал
- детали поршневой группы
- детали шатунной группы
- маховик

Далее обозначим круг вопросов в соответствии с которыми будем проводить дальнейший анализ:

- влияние на мощность двигателя;
- влияние на надежность двигателя;
- влияние на плавность работы двигателя;
- деталь, для которой возможно изменение конструкции при минимальном влиянии на конструкцию узла;

-деталь, для которой реальна возможность повышения качества при минимальном повышении цены;

Был получен следующий результат:

-коленчатый вал – 35%;

-шатунная группа – 32%;

-поршневая группа – 18%;

-маховик – 15%;

Учитывая, что коленчатый вал реально отбалансировать «в ноль» на имеющемся оборудовании, то в качестве проблемной детали выбираем шатун, потому что эта он среди прочих деталей имеет самый большой разброс по массе.

1.4 Служебное назначение детали и предъявляемые к ней требования

Деталь – шатун с крышкой (в сборе) для двигателей автомобилей семейства ВАЗ 2110.

Шатун является звеном кривошипно-шатунного механизма, где он связывает поршень с коленчатым валом, передавая усилия на последний.

Основные требования, предъявляемые к конструкции: прочность и надежность элементов шатуна, а также работоспособность подшипников.

Важно также правильно выбрать материал детали, который должен отвечать следующим требованиям:

-низкая склонность к коррозии и химическому разрушению;

-низкая склонность к температурным деформациям;

-низкая склонность к усталостному разрушению;

Поэтому в качестве материала для изготовления шатунов наиболее часто применяют углеродистую или легированную сталь. Шатуны большей частью изготавливают горячей ковкой в штампах с последующей термической и механической обработкой. Шатуны быстроходных двигателей в отдельных случаях изготавливают из легких алюминиевых или магниевых сплавов.

1.5 Задачи работы

Для достижения цели бакалаврской работы, ранее сформулированной в введении данной работы, необходимо решить следующие задачи:

- 1) Рассмотреть возможность отказа от использования в качестве базирующих плоскостей весовых бобышек шатуна;
- 2) Рассмотреть возможность длину поршневой и кривошипной головок сделать меньше;
- 3) Рассмотреть вопрос о максимальном облегчении шатуна;
- 4) В связи с ужесточением условий работы шатуна необходимо улучшить попадание смазки в поршневую головку шатуна;
- 5) Рассмотреть возможность под двигатель объемом 1,6 л из конструктивных соображений увеличить межцентровое расстояние между поршневой и кривошипной головками;
- 6) Рассмотреть возможность размеры стержня шатуна не изменять в связи с увеличением мощности и количества оборотов;
- 7) Рассмотреть мероприятия по охране труда при изготовлении шатуна;
- 8) Определить экономический эффект работы.

2 Технологическая часть работы

Рассмотрим базовый вариант изготовления шатуна с крышкой в сборе для ВА321123. Технологический процесс изготовления включает в себя 22 операции, таких как шлифование, протягивание, точение, сверление, фрезерование, хонингование.

Заготовку для шатуна получают горячей штамповкой с последующей дробеметной очисткой.

Обработка ведется в следующем порядке.

Обрабатываются технологические базы для базирования и крепления заготовки при последующей обработке (черновое шлифование торцов верхней и нижней головок). Деталь обрабатывается двумя шлифовальными кругами одновременно, при этом заготовка располагается горизонтально, что сказывается на точности обработки из-за разных масс верхней и нижней головок и перекоса детали вследствие сил тяжести.

Обрабатываются опорные плоскости под крепежные изделия, и отрезается крышка шатуна (операция 30).

Производится обработка плоскостей разъема, изготовление отверстий под крепежные изделия отдельно на крышке и шатуне и сборка шатуна (операции 40-80). При обработке крышки возникают большие трудности с базированием и закреплением, приходится применять дорогостоящее приспособление.

Окончательная обработка шатуна проводится уже в собранном виде.

Производится балансировка шатуна, при этом большое количество металла уходит в стружку.

Технология предусматривает операции по удалению заусенцев – это механическое и электрохимическое удаление заусенцев.

Проведенный анализ базового варианта технологического процесса позволяет сделать вывод, что процесс изготовления шатуна неплохо отлажен. Однако следует отметить, что существует 9 классов шатуна по

массе с разницей первого и последнего в 20 грамм, а это достаточно много. Надо стремиться к тому, чтобы процесс изготовления шатунов был стабилен во времени, тогда бы не было такого большого разброса по массе.

Но в данной работе преследуются другие цели, поэтому возможно внесение доработок в конструкцию шатуна и введение принципиально новых подходов к процессу изготовления шатунов форсированных двигателей.

2.1 Определение типа производства

В машиностроении в зависимости от производственной программы и характера выпускаемой продукции различают три основных вида производства: единичное, серийное и массовое.

Тип производства определяем исходя из годового объема выпуска и массы детали.

Годовой объем выпуска $Q=4000$ шт; масса детали $M=0.550$ кг. По таблице 3.1 [3, с 24] тип производства – серийный.

Серийное производство характеризуется постоянством, большой номенклатурой выпускаемых изделий, часть которых выпускается постоянно. Выпуск и обработка изделий осуществляется партиями, которые разбиваются на отдельные транспортные или передаточные партии. Станки располагаются по ходу технологического процесса. Средний уровень ручных и пригоночных работ. Рабочие средней и высокой квалификации.

2.2 Описание заготовки

Заготовку для шатуна получают горячей штамповкой с последующей дробеметной очисткой.

Технологический процесс производства заготовки предлагаемого шатуна не требует значительных изменений по сравнению с производством заготовок шатуна ВА321123. Но увеличение расстояния между осями поршневой и кривошипных головок до 129 мм требует изменения конфигурации заготовки.

2.3 Предлагаемый технологический процесс

Предлагаемый технологический процесс содержит 200 операций, такие как шлифовальная, фрезерная, расточная, хонинговальная.

Выделим следующие этапы технологического процесса.

В связи с тем, что уменьшились длины поршневой и кривошипной головок шатуна необходимо на первой операции фрезеровать торцы шатуна.

Далее уже следует предварительное шлифование торцов шатуна. Шлифование предлагается производить на плоскошлифовальном станке с вертикальной осью вращения.

На 30 операции выполняется отверстие в малой головке и растачивается отверстие в большой головке шатуна.

На 40 операции обрабатывается наружный контур шатуна.

После отделения крышки шатуна непосредственно от самого шатуна происходит обработка отверстий под шатунные болты, фрезерование паза под вкладыш и фрезерование плоскостей разъема.

Дальнейшая обработка сводится к тому, чтобы обеспечить требуемые параметры качества торцов шатуна и отверстий поршневой и кривошипной головки.

Все поверхности детали условно классифицируются по 4 видам: исполнительные поверхности (ИП), основные конструкторские базы (ОКБ), вспомогательные конструкторские базы (ВКБ) и свободные поверхности (СП).

Анализ поверхностей проводим в соответствии с рисунком 1.1, а результаты для удобства сведем в таблицу 2.1.

Согласно чертежу шатуна, базовыми поверхностями являются отверстие в нижней головке и торец. Поэтому, при обработке шатуна с крышкой в сборе или на стадиях, когда они являются единым целым, можно выполнить принцип постоянства баз и совмещение технологических и измерительных баз. На стадиях отдельной обработки это сделать невозможно. При отдельной обработке на операциях шлифования и

сверления возникают трудности с базированием и закреплением деталей, что вызывает необходимость применения специальных приспособлений и увеличение стоимости детали.

Таблица 2.1 - Служебное назначение поверхностей детали и технические требования, предъявляемые к ним

Наименование поверхностей	Номера поверхностей	Размер	Ra
Основные конструкторские базы	1	$\varnothing 51.33^{+0.016}$	1.25
	4	23 _{-0.1}	2.5
Вспомогательные конструкторские базы	2	$\varnothing 19.984 \pm 0.002$	0.4
	3		2.5
	5	23 _{-0.1}	2.5
	6, 7	4.7 ^{+0.1}	5
	8		20
	9		4
	11	$\varnothing 9.2^{+0.02}$	2.5
	12	$\varnothing 9.2^{+0.02}_{+0.01}$	2.5
13	$\varnothing 9.5^{+0.2}$	5	
Исполнительные	1	$\varnothing 51.33^{+0.016}$	1.25
	2	$\varnothing 19.984 \pm 0.002$	0.4
Свободные	Оставшиеся не указанные поверхности		

2.4 Разработка технологических операций

Разработка операции 050 – фрезерной

На этой операции происходит отделение крышки шатуна непосредственно от самого шатуна. Расчет режимов резания проводим в соответствии с методикой, изложенной в [5].

Скорость резания вычисляется по формуле:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q \cdot K_v}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \quad (2.1)$$

где: $C_v=68,5$ - коэффициент;

$D=100$ mm - диаметр фрезы;

K_v - общий поправочный коэффициент на скорость резания, равный

$$K_v = K_m \cdot K_u \cdot K_n, \quad (2.2)$$

где: K_m - коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала, определяемый по формуле:

$$K_m = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} \quad (2.3)$$

где: $K_r=0,85$ - коэффициент, характеризующий группу стали по обрабатываемости;

$\sigma_B=900$ МПа - предел прочности обрабатываемого материала;

$n_v=1.45$ - показатель степени.

Приведенные выше данные подставим в формулу (2.3)

$$K_m = 0.85 \cdot \left(\frac{750}{900} \right)^{1.45} = 0.653 ;$$

$K_u=1$ - коэффициент, учитывающий влияние инструментального материала;

$K_n = 1$ - коэффициент, учитывающий влияние состояния поверхности заготовки. Тогда,

$$K_v = 0.653 \cdot 1 \cdot 1 = 0.653 ;$$

$T=120$ мин - стойкость фрезы;

$q=0,25$; $m=0,2$; $x=0,3$; $y=0,2$; $u=0,1$; $p=0,1$ - показатели степени. Тогда скорость

$$V = \frac{68.5 \cdot 100^{0.25} \cdot 0.653}{120^{0.2} \cdot 24.2^{0.3} \cdot 0.08^{0.2} \cdot 6^{0.1} \cdot 20^{0.1}} = 21.4 \text{ м / мин} ;$$

Определим частоту вращения фрезы по формуле

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 21.4}{3.14 \cdot 100} = 68 \text{ об / мин} ; \quad (2.4)$$

По паспорту станка $n=63$ об/мин;

Тогда действительная скорость резания определим как:

$$V_o = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3.14 \cdot 100 \cdot 63}{1000} = 19.8 \text{ м / мин}; \quad (2.5)$$

Минутная подача $S_M=100,8$ мм/мин;

Длина рабочего хода 175 мм;

Основное время

$$T_o = \frac{L}{S_M} = 175 / 100.8 = 0.32 \text{ мин} = 1.74 \text{ мин}$$

Разработка операции 150 - шлифовальной

На операции обрабатываются торцы шатуна в размер $23_{-0,1}$ с шероховатостью Ra 2.5.

Разработку режима резания при шлифовании начинают с установления характеристики инструмента.

Выбираем абразивный круг по [5] 24А40СМ17Б. По [4] определяем скорость вращательного движения стола $V_3 = 2-3$ м/мин.

-глубина шлифования 0,005 мм/об;

-подача 0,005 мм/об;

-скорость круга 30 м/с;

Частоту вращения круга определим по формуле (2.6):

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 1800}{3.14 \cdot 650} = 882 \text{ об / мин};$$

По паспорту станка принимаем 1000 об/мин

Основное время

$$T_o = \frac{L}{S_o \cdot n} = \frac{0.3}{0.005 \cdot 1000} = 0.06 \text{ мин};$$

Разработка операции 070 - фрезерной

Операция включает в себя 8 переходов:

-переход 1: сверлить $\varnothing 8.2$ мм на глубину 25.3 мм;

-переход 2: зенкеровать $\varnothing 9.6 \pm 0.25$ мм;

-переход 3: зенкеровать $\varnothing 8.9 \pm 0.25$ на глубину 25.3 мм;

-переход 4: развернуть $\varnothing 9.2^{+0.02}_{+0.01}$ на глубину 5.3 мм;

-переход 5: зенкеровать $\varnothing 10^{+0.2}_{-0.4}$ мм;

-переход 6: зенкеровать $\varnothing 9.5 + 0.2$ на глубину 20 мм;

-переход 7: фрезеровать паз под вкладыш;

-переход 8: фрезеровать плоскость разъема крышки с шероховатостью

Ra 2.5;

Определим режимы резания для каждого перехода. Расчет режимов резания ведем по методике, изложенной в [5].

Переход 1:

-материал сверла Р6М5;

-глубина сверления 4,1 мм;

-подача 0,14 мм/об.

Скорость резания, м/мин, при сверлении определим по зависимости

(2.7)

$$V_1 = \frac{C_v D^q}{T^m \cdot S^y} K_v; \quad (2.7)$$

где: $C_v=77$ - коэффициент;

$D=8,2$ mm - диаметр отверстия;

K_v - общий поправочный коэффициент на скорость резания, равный

$$K_v = K_m \cdot K_u \cdot K_l; \quad (2.8)$$

где: $K_r=0,85$ - коэффициент, характеризующий группу стали по обрабатываемости;

$\sigma_B=900$ МПа - предел прочности обрабатываемого материала;

$n_v=0,9$ - показатель степени.

Приведенные выше данные подставим в формулу (2.3)

$$K_m = 0.85 \cdot \left(\frac{750}{900}\right)^{0.9} = 0.721;$$

$K_u=1$ - коэффициент, учитывающий влияние инструментального материала;

$K_n=1$ - коэффициент, учитывающий влияние состояния поверхности заготовки. Тогда,

$$K_v = 0.721 \cdot 1 \cdot 1 = 0.721 ;$$

$T=25$ мин - стойкость сверла;

$q=0,4$; $m=0,2$; $y=0,7$ - показатели степени. Тогда скорость

$$V_1 = \frac{7.0 \cdot 8.2^{0.4} \cdot 0.721}{25^{0.2} \cdot 0.14^{0.7}} = 24.3 \text{ м/мин} ;$$

Определим частоту вращения сверла по формуле

$$n = \frac{1000 \cdot V_1}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 24.3}{3.14 \cdot 8.2} = 946 \text{ об/мин} ;$$

Тогда, по паспорту станка $n=800$ об/мин. Отсюда, основное время обработки рассчитывается по формуле (2.9)

$$T_o = \frac{L_{P.X}}{n \cdot S} ; \tag{2.9}$$

$$T_{o1} = \frac{29}{800 \cdot 0.14} = 0.26 \text{ мин.}$$

Переход 2, 3, 5, 6:

-материал зенкеров Р6М5

-глубина зенкерования $t_2=0,7$ мм, $t_3=0,35$ мм, $t_5=0,9$ мм, $t_6=0,65$ мм.

-подача 0,42 мм/об.

Скорость резания, м/мин, при зенкеровании

$$V = \frac{C_v D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} K_v ;$$

где: $C_v=16,3$ - коэффициент;

$D_2=9,6$ мм, $D_3=8,9$ мм, $D_5=10$ мм, $D_6=9,5$ мм, - диаметры отверстий;

$K_v=0,721$ - общий поправочный коэффициент на скорость резания;

$T=25$ мин - стойкость зенкера;

$q=0,3$; $m=0,3$; $y=0,3$ - показатели степени. Тогда скорость

$$V_2 = \frac{16.3 \cdot 9.6^{0.3} \cdot 0.721}{25^{0.3} \cdot 0.7^{0.2} \cdot 0.42^{0.5}} = 14.6 \text{ м / мин} ;$$

$$V_3 = \frac{16.3 \cdot 8.9^{0.3} \cdot 0.721}{25^{0.3} \cdot 0.35^{0.2} \cdot 0.42^{0.5}} = 16.4 \text{ м / мин} ;$$

$$V_5 = \frac{16.3 \cdot 10^{0.3} \cdot 0.721}{25^{0.3} \cdot 0.9^{0.2} \cdot 0.42^{0.5}} = 14.0 \text{ м / мин} ;$$

$$V_6 = \frac{16.3 \cdot 9.5^{0.3} \cdot 0.721}{25^{0.3} \cdot 0.65^{0.2} \cdot 0.42^{0.5}} = 14.8 \text{ м / мин} ;$$

Определим частоту вращения зенкеров по формуле

$$n_2 = \frac{1000 \cdot V_2}{\pi \cdot D_2} = \frac{1000 \cdot 14.6}{3.14 \cdot 9.6} = 484 \text{ об / мин} ;$$

$$n_3 = \frac{1000 \cdot V_3}{\pi \cdot D_3} = \frac{1000 \cdot 16.4}{3.14 \cdot 8.9} = 586 \text{ об/мин} ;$$

$$n_5 = \frac{1000 \cdot V_5}{\pi \cdot D_5} = \frac{1000 \cdot 14.0}{3.14 \cdot 10.0} = 445 \text{ об/мин} ;$$

$$n_6 = \frac{1000 \cdot V_6}{\pi \cdot D_6} = \frac{1000 \cdot 14.8}{3.14 \cdot 9.5} = 496 \text{ об/мин} ;$$

Определяем ближайшее значение по паспорту станка - $n=500$ об/мин
 Действительные скорости резания:

$$V_2 = \frac{\pi \cdot D_2 \cdot n}{1000} = \frac{3.14 \cdot 9.6 \cdot 500}{1000} = 15 \text{ м/мин} ;$$

$$V_3 = \frac{\pi \cdot D_3 \cdot n}{1000} = \frac{3.14 \cdot 8.9 \cdot 500}{1000} = 13.9 \text{ м/мин} ;$$

$$V_5 = \frac{\pi \cdot D_5 \cdot n}{1000} = \frac{3.14 \cdot 10.0 \cdot 500}{1000} = 15.7 \text{ м/мин} ;$$

$$V_6 = \frac{\pi \cdot D_6 \cdot n}{1000} = \frac{3.14 \cdot 9.5 \cdot 500}{1000} = 14.9 \text{ м/мин} ;$$

Основное время обработки:

$$T_{o2} = \frac{2.8}{500 \cdot 0.42} = 0.013 \text{ мин} ;$$

$$T_{o3} = \frac{27.3}{500 \cdot 0.42} = 0.13 \text{ мин} ;$$

$$T_{o5} = \frac{2.5}{500 \cdot 0.42} = 0.012 \text{ мин} ;$$

$$T_{o6} = \frac{21}{500 \cdot 0.42} = 0.1 \text{ мин} ;$$

Переход 4:

- материал развертки Р6М5;
- глубина развертывания 0,15 мм;
- подача 0,64 мм/об.

Скорость резания, м/мин, при развертывании:

$$V = \frac{10.5 \cdot 9.2^{0.3} \cdot 0.721}{25^{0.4} \cdot 0.15^{0.2} \cdot 0.64^{0.65}} = 7.9 \text{ м/мин};$$

Определим частоту вращения развертки по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 7.9}{3.14 \cdot 9.2} = 274 \text{ об/мин};$$

Определяем ближайшее значение по паспорту станка - $n=250$ об/мин

Действительная скорость резания

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3.14 \cdot 9.2 \cdot 250}{1000} = 7.2 \text{ м/мин};$$

Основное время обработки:

$$T_o = \frac{7}{250 \cdot 0.64} = 0.043 \text{ мин};$$

Переход 7:

- материал фрезы Р6М5;
- глубина фрезерования 1,6 мм;
- ширина фрезерования 4,7 мм;
- подача на зуб 0,12 мм/зуб;
- число зубьев фрезы – 14.

Скорость резания, м/мин, при фрезеровании

$$V = \frac{68.5 \cdot 50^{0.25} \cdot 0.653}{90^{0.2} \cdot 1.6^{0.3} \cdot 0.12^{0.2} \cdot 4.7^{0.1} \cdot 14^{0.1}} = 42.1 \text{ м / мин} ;$$

Определим частоту вращения фрезы по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 42.1}{3.14 \cdot 50} = 268 \text{ об / мин} ;$$

По паспорту станка - $n=250$ об/мин;

Действительная скорость резания

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3.14 \cdot 50 \cdot 250}{1000} = 39.2 \text{ м / мин} ;$$

Минутная подача 420 мм/мин;

Длина рабочего хода 9,3 мм;

Основное технологическое время

$$T_o = \frac{L}{S_m} = 9.3 / 420 = 0.02 \text{ мин} ;$$

Переход 8:

-материал фрезы Т15К6

-глубина фрезерования 0,3 мм;

-ширина фрезерования 24,2 мм;

-подача 0,6 мм/об;

-число зубьев фрезы 10;

-подача на зуб 0,06 мм/зуб.

Скорость резания, м/мин, при фрезеровании:

$$V = \frac{332 \cdot 100^{0.2} \cdot 0.653}{180^{0.2} \cdot 0.3^{0.1} \cdot 0.4^{0.4} \cdot 24.2^{0.2} \cdot 10^0} = 353.9 \text{ м / мин} ;$$

Определим частоту вращения фрезы по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 353.9}{3.14 \cdot 100} = 1127 \text{об/мин};$$

По паспорту станка - $n=1100$ об/мин;

Действительная скорость резания

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3.14 \cdot 100 \cdot 1100}{1000} = 345.4 \text{м/мин};$$

Минутная подача 660 мм/мин;

Длина рабочего хода 185 мм;

Основное технологическое время:

$$T_o = \frac{L}{S_m} = 185 / 660 = 0.28 \text{мин};$$

3. Изменение конструкции шатуна

3.1 Анализ конструкции шатуна ВАЗ 21123

Анализ конструкции шатуна ВАЗ 21123 показал, что последний имеет ряд недостатков.

Но достаточно долгая эксплуатация двигателей ВАЗ 21123, ВАЗ 2111 и ВАЗ 2112 показала, что для определенных условий работы шатун ВАЗ 21123 – вполне надежная и не требующая доработок деталь двигателя. Однако, принимая во внимание цели настоящего диплома, требуется изготовить облегченный шатун, который будет выдерживать высокие давления и силы, действующие в форсированном двигателе. При анализе конструкции необходимо учитывать не только ее конструктивные недостатки, но и недостатки, проявляющиеся в процессе эксплуатации. Следует отметить, что частым дефектом высокофорсированных двигателей является разрыв стержня шатуна.

3.2 Предложения по изменению конструкции

Принимая во внимание цели и задачи диплома необходимо внедрять принципиально новые подходы в конструирование и производство форсированных двигателей.

Учитывая прочностные расчеты и анализ возможных способов обработки, предлагаю следующее:

- 1) Рассмотреть возможность отказа от использования в качестве базирующих плоскостей весовых бобышек шатуна;
- 2) Длину поршневой и кривошипной головок сделать меньше в отличие от шатуна ВАЗ 21123;
- 3) Рассмотреть вопрос о максимальном облегчении шатуна;
- 4) В связи с ужесточением условий работы шатуна необходимо улучшить попадание смазки в поршневую головку шатуна;
- 5) Под двигатель объемом 1,6 л из конструктивных соображений увеличить межцентровое расстояние между поршневой и кривошипной

головками.

б) Размеры стержня шатуна не изменять в связи с увеличением мощности и количества оборотов.

3.3 Расчет поршневой головки

Радиальная толщина стенки втулки составляет 0,055-0,085 d. Между пальцем и поверхностью втулки предусматривается зазор 0.0004-0.0015 d.

Для подвода смазочного материала в поршневой головке шатуна выполняются специальные отверстия. В современных форсированных двигателях плавающие пальцы нередко смазываются принудительно, для чего масло подается под давлением по каналу в стержне шатуна. Это же масло может отводить теплоту от днища поршня, для чего в верхней части головки устанавливается форсунка. Между торцами поршневой головки шатуна и бобышек поршня должен быть осевой зазор, необходимость которого обуславливается наличием допусков расстояний между осями цилиндров и размеров коленчатого вала при нагревании.

Таблица 3.1 - Механические характеристики и химический состав стали 40Х

Основные механические характеристики									
σ_B	σ_T	σ_{-1}	σ_{-1p}	τ_T	τ_{-1}				
750-1050	650-950	320-480	240-340	420	210-260				
Химический состав									
C	S _i	Mn	S	P	C _r	N _i	C _u		
0.37-0.45	0.17-0.37	0.50-0.80	≤ 0.04	≤ 0.04	≤ 0.25	≤ 0.25	≤ 0.25		

Расчетная схема шатуна представлена ниже на рисунке 3.1

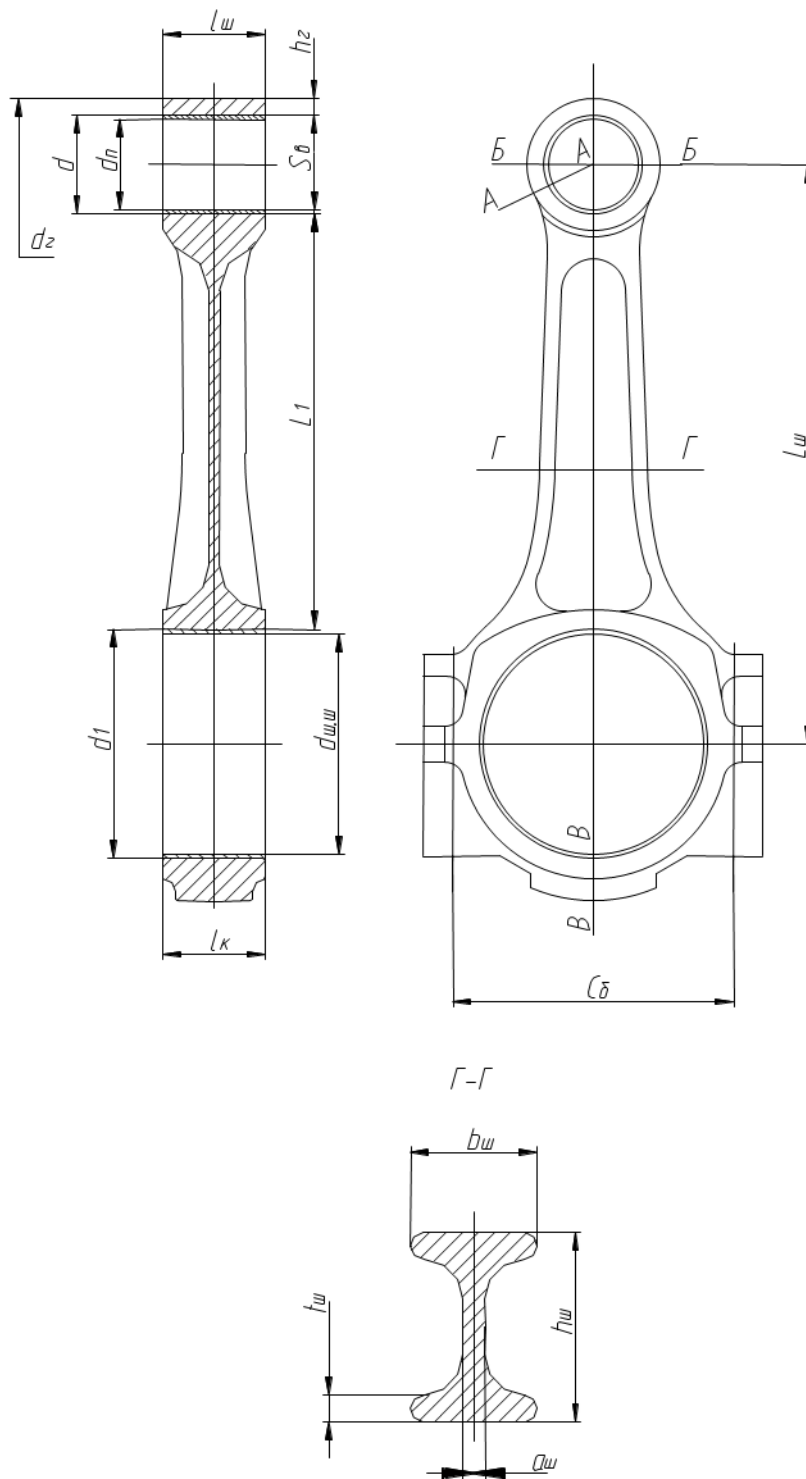


Рисунок 3.1 – Расчетная схема шатуна

По формулам (3.1) и (3.2) определим нагрузки сечения Б-Б

$$P_j = -(m_n + m_{g,z}) \cdot \omega_{x,x,\max}^2 \cdot R \cdot (\cos\varphi + \lambda \cdot \cos 2\varphi) \quad (3.1)$$

$$\sigma_{\max} = \frac{(m_n + m_{e,z}) \cdot \omega_{x,x,\max}^2 \cdot R \cdot (1 + \lambda)}{2 \cdot h_z \cdot l_{iu}}, \quad (3.2)$$

Для нахождения угловой скорости используем зависимость (3.3)

$$\omega_{x,x,\max} = \frac{\pi \cdot n_{x,x}}{30} = \frac{3.14 \cdot 9500}{30} = 994.83 \text{ рад/с} \quad (3.3)$$

По зависимостям (3.4) и (3.5) находятся напряжение и амплитуда напряжений

$$\sigma_{m0} = \sigma_{a0} = \frac{\sigma_{\max}}{2} = \frac{121.56}{2} = 60.782 \text{ МПа} \quad (3.4)$$

$$\sigma_{ak0} = \frac{\sigma_{a0} \cdot k_{\sigma}}{\varepsilon_m \cdot \varepsilon_n}, \quad (3.5)$$

Коэффициент концентрации напряжений находим ниже

$$k_{\sigma} = 1.2 + 1.8 \cdot 10^{-4} \cdot (\sigma_{\sigma} - 400) = 1.2 + 1.8 \cdot 10^{-4} \cdot (900 - 400) = 1.29 \quad (3.6)$$

Запас по прочности в данном сечении находим как:

$$n_{\sigma} = \frac{\sigma_{-1p}}{\sigma_{ak0} + \alpha'_{\sigma} \cdot \sigma_{m0}} = \frac{300}{103.71 + 0.15 \cdot 60.782} = 2.65 \quad (3.7)$$

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta + \Delta_t, \quad (3.8)$$

Тогда, температурный натяг, определим как, мм;

$$\Delta_t = d \cdot (\alpha_{\sigma} - \alpha_z) \cdot \Delta T \quad (3.9)$$

$$\Delta_t = 22 \cdot (1.8 \cdot 10^{-5} - 1 \cdot 10^{-5}) \cdot 110 = 0.01936 \text{ мм}$$

$$\Delta_{\Sigma} = 0.04 + 0.01936 = 0.05936 \text{ мм}$$

Суммарное удельное давление выразим через (3.10)

$$P = \frac{\Delta_{\Sigma}}{d \cdot \left(\frac{(d_z^2 + d^2)/(d_z^2 - d^2) + \mu}{E_u} + \frac{(d_n^2 + d^2)/(-d_n^2 + d^2) - \mu}{E_B} \right)}, \quad (3.10)$$

$$P = \frac{0.05936}{d \cdot \left(\frac{(29.5^2 + 22^2)/(29.5^2 - 22^2) + 0.3}{2.2 \cdot 10^5} + \frac{(20^2 + 22^2)/(-20^2 + 22^2) - 0.3}{1.15 \cdot 10^5} \right)} = 25.4 \text{ МПа}$$

Далее, используя данные зависимости (3.10) определим напряжения, от суммарного натяга внешней и внутренней поверхностях поршневой головки:

$$\sigma'_a = p \cdot \frac{2 \cdot d^2}{d_z^2 - d^2} = 25.4 \cdot \frac{2 \cdot 22^2}{29.5^2 - 22^2} = 63.67 \text{ МПа} \quad (3.11)$$

$$\sigma'_i = p \cdot \frac{d_z^2 + d^2}{d_z^2 - d^2} = 25.4 \cdot \frac{29.5^2 + 22^2}{29.5^2 - 22^2} = 89.07 \text{ МПа} \quad (3.12)$$

На этом расчёт сечения Б-Б окончен, переходим к расчету для сечения А-А, рисунки 3.1, 3.2.

Суммарная сила, растягивающая головку:

$$P_{jn} = -m_n \cdot R \cdot \omega^2 \cdot (1 + \lambda) \quad (3.13)$$

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} = \frac{3.14 \cdot 8470}{30} = 886.976 \text{ рад/с}$$

$$P_{jn} = -0.4 \cdot 0.03787 \cdot 886.976^2 \cdot (1 + 0.293) = -15416.6 \text{ Н}$$

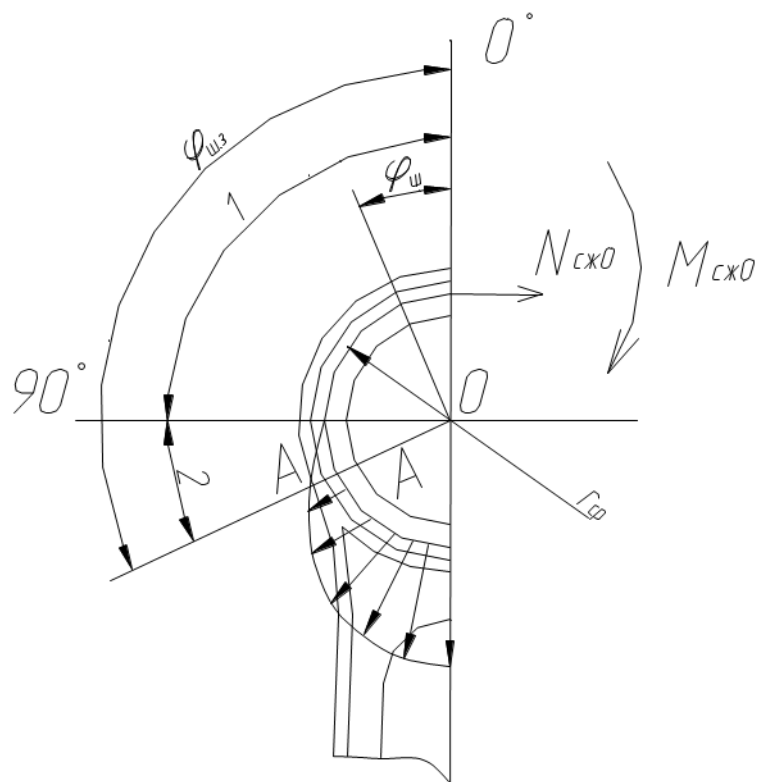
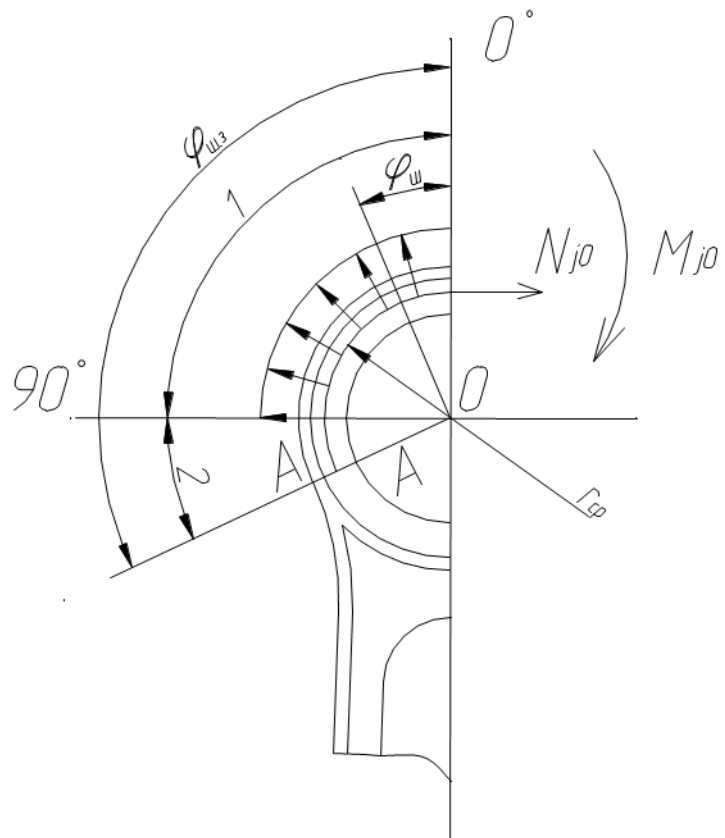


Рисунок 3.2 – Распределение нагрузок

Изгибающий момент определим как

$$N_{j_0} = -P_{jn} \cdot (0.572 - 0.0008 \cdot \varphi_{u.3}) \quad (3.14)$$

$$M_{j_0} = -P_{jn} \cdot r_{cp} \cdot (0.00033 \cdot \varphi_{u.3} - 0.0297) \quad (3.15)$$

$$N_{j_0} = 15416.6 \cdot (0.572 - 0.0008 \cdot 115) = 7399.97 H$$

$$M_{j_0} = 15416.6 \cdot 0.01288 \cdot (0.00033 \cdot 115 - 0.0297) = 1.637 H \cdot м$$

Причем, на участке 1

$$N_{j_1} = N_{j_0} \cdot \cos \varphi_{u_1} - 0.5 \cdot P_{jn} \cdot (1 - \cos \varphi_{u_1}) \quad (3.16)$$

$$M_{j_1} = M_{j_0} + N_{j_0} \cdot r_{cp} \cdot (1 - \cos \varphi_{u_1}) + 0.5 \cdot P_{jn} \cdot r_{cp} \cdot (1 - \cos \varphi_{u_1}) \quad (3.17)$$

А на участке 2

$$N_{j_2} = N_{j_0} \cdot \cos \varphi_{u_2} - 0.5 \cdot P_{jn} \cdot (\sin \varphi_{u_2} - \cos \varphi_{u_2}) \quad (3.18)$$

$$M_{j_2} = M_{j_0} + N_{j_0} \cdot r_{cp} \cdot (1 - \cos \varphi_{u_2}) + 0.5 \cdot P_{jn} \cdot r_{cp} \cdot (\sin \varphi_{u_2} - \cos \varphi_{u_2}) \quad (3.19)$$

Тогда учитывая (3.18) и (3.19), получим.

$$N_{j_{\varphi_{u.3}}} = 7399.97 \cdot \cos 115 - 0.5 \cdot (-15416.6) \cdot (\sin 115 - \cos 115) = 7116.4 H$$

$$M_{j_{\varphi_{u.3}}} = 1.637 + 7399.97 \cdot 0.01288 \cdot (1 - \cos 115) + 0.5 \cdot (-15416.6) \cdot 0.01288 \times \\ \times (\sin 115 - \cos 115) = 5.288 H \cdot м$$

-на ВНЕШНЕМ ВОЛОКНЕ

$$\sigma_{aj} = [2 \cdot M_{j\varphi_{u.3}} \cdot \frac{6 \cdot r_{cp} + h_2}{h_2 \cdot (2 \cdot r_{cp} + h_2)} + N_{j\varphi_{u.3}}] \cdot \frac{10^{-6}}{l_u \cdot h_2}$$

на внутреннем волокне

$$\sigma_{ij} = [-2 \cdot M_{j\varphi_{u.3}} \cdot \frac{6 \cdot r_{cp} + h_2}{h_2 \cdot (2 \cdot r_{cp} - h_2)} + N_{j\varphi_{u.3}}] \cdot \frac{10^{-6}}{l_u \cdot h_2}$$

Напряжение на внешнем волокне составят

$$\sigma_{aj} = [2 \cdot M_{j\varphi_{u.3}} \cdot \frac{6 \cdot r_{cp} + h_2}{h_2 \cdot (2 \cdot r_{cp} + h_2)} + KN_{j\varphi_{u.3}}] \cdot \frac{10^{-6}}{l_u \cdot h_2} \quad (3.20)$$

где: К - коэффициент, равный

$$K = \frac{E_u \cdot F_\Gamma}{E_u \cdot F_\Gamma + E_\delta \cdot F_\delta} \quad (3.21)$$

$$K = \frac{E_u \cdot F_\Gamma}{E_u \cdot F_\Gamma + E_\delta \cdot F_\delta} = \frac{2.2 \cdot 10^5 \cdot 172.5}{2.2 \cdot 10^5 \cdot 172.5 + 1.15 \cdot 10^5 \cdot 46.368} = 0.877$$

Тогда, напряжение

$$\begin{aligned} \sigma_{aj} &= [2 \cdot 5.288 \cdot \frac{6 \cdot 0.01288 + 0.00375}{0.00375 \cdot (2 \cdot 0.01288 + 0.00375)} + 0.877 \cdot 7116.4] \times \\ &\times \frac{10^{-6}}{0.023 \cdot 0.00375} = 162.2 \text{ МПа} \end{aligned}$$

Напряжение для внутреннего волокна

$$\sigma_{ij} = [-2 \cdot M_{j\varphi_{u.3}} \cdot \frac{6 \cdot r_{cp} + h_2}{h_2 \cdot (2 \cdot r_{cp} - h_2)} + KN_{j\varphi_{u.3}}] \cdot \frac{10^{-6}}{l_u \cdot h_2} \quad (3.22)$$

$$\sigma_{ij} = [-2 \cdot 5.288 \cdot \frac{6 \cdot 0.01288 + 0.00375}{0.00375 \cdot (2 \cdot 0.01288 - 0.00375)} + 0.877 \cdot 7116.4] \times$$

$$\times \frac{10^{-6}}{0.023 \cdot 0.00375} = -47.98 \text{ МПа}$$

Суммарная сила, сжимающая головку, определяется как

$$P_{сж} = (P_{z,0} - P_0) \cdot F_n - m_n \cdot R \cdot \omega^2 \cdot (\cos \varphi + \lambda \cdot \cos 2\varphi) \quad (3.23)$$

$$P_{сж} = (7.0 - 0.1) \cdot 5281 - 0.4 \cdot 0.0378 \cdot 886.976^2 \times$$

$$\times (\cos 370 + 0.293 \cdot \cos 740) = 21414.5 \text{ Н}$$

Тогда силы и изгибающий момент для сечения А-А определим по формулам:

$$N_{сж\varphi_{ш.з}} = P_{сж} \cdot [\frac{N_{сж0}}{P_{сж}} + (\frac{\sin \varphi_{ш.з}}{2} - \frac{\varphi_{ш.з}}{\pi} \cdot \sin \varphi_{ш.з} - \frac{1}{\pi} \cos \varphi_{ш.з})] \quad (3.24)$$

$$M_{сж\varphi_{ш.з}} = P_{сж} \cdot r_{ср} \cdot [\frac{M_{сж0}}{P_{сж} \cdot r_{ср}} + \frac{N_{сж0}}{P_{сж}} \cdot (1 - \cos \varphi_{ш.з}) -$$

$$- (\frac{\sin \varphi_{ш.з}}{2} - \frac{\varphi_{ш.з}}{\pi} \cdot \sin \varphi_{ш.з} - \frac{1}{\pi} \cos \varphi_{ш.з})] \quad (3.25)$$

$$N_{сж\varphi_{ш.з}} = 21414.5 \cdot [0.0018 + (\frac{\sin 115}{2} - \frac{\varphi_{ш.з}}{\pi} \cdot \frac{\pi}{180} \cdot \sin 115 - \frac{1}{\pi} \cos 115)] = 223.72 \text{ Н}$$

$$M_{сж\varphi_{ш.з}} = 21414.5 \cdot 0.001288 \cdot [0.0006 + 0.0018 \cdot (1 - \cos 115) -$$

$$- (\frac{\sin 115}{2} - \frac{\varphi_{ш.з}}{\pi} \cdot \frac{\pi}{180} \cdot \sin 115 - \frac{1}{\pi} \cos 115)] = -1.512 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

-на ВНЕШНЕМ ВОЛОКНЕ

$$\sigma_{асж} = [2 \cdot M_{сжфш.з} \cdot \frac{6 \cdot r_{cp} + h_2}{h_2 \cdot (2 \cdot r_{cp} + h_2)} + K \cdot N_{сжфш.з}] \cdot \frac{10^{-6}}{l_{ш} \cdot h_2} \quad (3.26)$$

$$\begin{aligned} \sigma_{асж} &= [2 \cdot (-1.512) \cdot \frac{6 \cdot 0.01288 + 0.00375}{0.00375 \cdot (2 \cdot 0.01288 + 0.00375)} + 0.877 \cdot 223.72] \times \\ &\times \frac{10^{-6}}{0.023 \cdot 0.00375} = -23.408 \text{ МПа} \end{aligned}$$

на внутреннем волокне

$$\sigma_{асж} = [-2 \cdot M_{сжфш.з} \cdot \frac{6 \cdot r_{cp} + h_2}{h_2 \cdot (2 \cdot r_{cp} - h_2)} + K \cdot N_{сжфш.з}] \cdot \frac{10^{-6}}{l_{ш} \cdot h_2} \quad (3.27)$$

$$\begin{aligned} \sigma_{асж} &= [-2 \cdot (-1.512) \cdot \frac{6 \cdot 0.01288 + 0.00375}{0.00375 \cdot (2 \cdot 0.01288 - 0.00375)} + 0.877 \cdot 223.72] \times \\ &\times \frac{10^{-6}}{0.023 \cdot 0.00375} = 36.717 \text{ МПа} \end{aligned}$$

Тогда,

$$\sigma_{\max} = \sigma'_a + \sigma_{aj} = 63.67 + 162.2 = 225.87 \text{ МПа} \quad (3.28)$$

$$\sigma_{\min} = \sigma'_a + \sigma_{асж} = 63.67 + (-23.408) = 40.262 \text{ МПа} \quad (3.29)$$

Напряжения и амплитуды напряжения определяются по формулам (3.30), (3.31), (3.32).

$$\sigma_m = \frac{(\sigma_{\max} + \sigma_{\min})}{2} \quad (3.30)$$

$$\sigma_a = \frac{(\sigma_{\max} - \sigma_{\min})}{2} \quad (3.31)$$

$$\sigma_{ak} = \frac{\sigma_a \cdot k_{\sigma}}{\varepsilon_m \cdot \varepsilon_n} \quad (3.32)$$

$$\sigma_m = \frac{(\sigma_{\max} + \sigma_{\min})}{2} = \frac{225.87 + 40.262}{2} = 133.066 \text{ МПа}$$

$$\sigma_a = \frac{(\sigma_{\max} - \sigma_{\min})}{2} = \frac{225.87 - 40.262}{2} = 92.804 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{ak} = \frac{\sigma_a \cdot k_\sigma}{\varepsilon_m \cdot \varepsilon_n} = \frac{92.804 \cdot 1.29}{0.84 \cdot 0.9} = 158.36 \text{ МПа}$$

Запас прочности в сечении А-А определяется по пределу усталости:

$$n_\sigma = \frac{\sigma_{-1}}{\sigma_{ak} + \alpha_\sigma \cdot \sigma_m} \quad (3.33)$$

$$n_\sigma = \frac{\sigma_{-1}}{\sigma_{ak} + \alpha_\sigma \cdot \sigma_m} = \frac{400}{158.36 + 0.19 \cdot 133.066} = 2.178$$

3.4 Расчет кривошипной головки

Для уменьшения габаритных размеров и массы кривошипной головки шатунные болты стремятся приблизить к оси шейки.

Крышки кривошипных головок для предупреждения смещения в поперечном направлении фиксируют призонными болтами, выступами в крышке или теле шатуна, треугольными шлицами.

В кривошипную головку шатуна устанавливается подшипник в виде двух тонкостенных вкладышей, толщина антифрикционного слоя которых 0.2...0.7 мм.

Для предупреждения проворачивания и осевых перемещений тонкостенные вкладыши фиксируются усиками, выдавленными у стыков и располагающимися в соответствующих канавках, выфрезерованных в шатуне и крышке. С той же целью иногда применяется штифтовая фиксация.

Максимальная сила инерции

$$P_{jn} = -\omega_{x.x.\max}^2 \cdot R \cdot ((m_n + m_{u.n}) \cdot (1 + \lambda) + (m_{u.k} - m_{kp})) \cdot 10^{-6} \quad (3.34)$$

$$P_{jn} = -994.83^2 \cdot 0.0378 \cdot ((0.4 + 0.11)(1 + 0.293) + (0.44 - 0.11)) \cdot 10^{-6} = 0.0371 \text{ МН}$$

Момент сопротивления определим как

$$W_{из} = \frac{l_{\kappa} \cdot (0.5 \cdot C_{\sigma} - r1)^2}{6} \quad (3.35)$$

$$W_{из} = \frac{0.023 \cdot (0.5 \cdot 0.0625 - 0.0256)^2}{6} = 1.198 \cdot 10^{-7} \text{ м}^3$$

Тогда, моменты инерции вкладыша и крышки найдем по (3.36) и (3.37)

$$J_{\sigma} = l_{\kappa} \cdot t_{\sigma}^3 \cdot 10^{-12} = 23 \cdot 1.74^3 \cdot 10^{-12} = 1.211 \cdot 10^{-10} \text{ м}^4 \quad (3.36)$$

$$J = l_{\kappa} \cdot (0.5 \cdot C_{\sigma} - r1)^3 \cdot 10^{-12} = 23 \cdot (0.5 \cdot 0.0625 - 0.0256)^3 = 4.017 \cdot 10^{-9} \text{ м}^4 \quad (3.37)$$

Отсюда, напряжение крышки и вкладыша найдем как

$$\sigma_{из} = P_{jn} \cdot \left(\frac{0.023 \cdot C_{\sigma}}{\left(1 + \frac{J_{\sigma}}{J}\right) \cdot W_{из}} + \frac{0.4}{F_{\Gamma}} \right) \quad (3.38)$$

$$\sigma_{из} = 0.0371 \cdot \left(\frac{0.023 \cdot 0.0625}{\left(1 + \frac{1.211 \cdot 10^{-10}}{4.017 \cdot 10^{-9}}\right) \cdot 1.197 \cdot 10^{-7}} + \frac{0.4}{1.685 \cdot 10^{-4}} \right) = 520.16 \text{ МПа}$$

3.5 Расчет стержня шатуна

Наиболее распространенными сечениями стержня шатуна являются: двутавровое, усложненное двутавровое, круглое, Н-образное, прямоугольное крестообразное.

Стержни шатунов автомобильных двигателей обычно имеют двутавровое сечение (средняя плоскость стенки которого совпадает с плоскостью движения шатуна).

Тогда сила, сжимающая шатун, будет определена как

$$P_{сж} = (F_n \cdot (P_{зд} - P_0) - (m_n + m_{ш.н}) \cdot R \cdot \omega^2 \cdot (\cos\varphi + \lambda \cdot \cos 2\varphi)) \cdot 10^{-6} \quad (3.39)$$

$$P_{сж} = (5281 \cdot (7 - 0.1) - (0.4 + 0.11) \cdot 0.0378 \cdot 886.976^2 \times \\ \times (\cos 370 + 0.293 \cdot \cos 740)) \cdot 10^{-6} = 0.01728 \text{ МН}$$

А сила, растягивающая шатун, будет определена как

$$P_p = (F_n \cdot p_r - (m_n + m_{ш.н}) \cdot R \cdot \omega^2 \cdot (1 + \lambda)) \cdot 10^{-6} \quad (3.40)$$

$$P_p = (52.81 \cdot 1.25 - (0.4 + 0.11) \cdot 0.378 \cdot 886.976^2 \cdot (1 + 0.293)) \cdot 10^{-6} = -0.019 \text{ МН}$$

Максимальные напряжения сжатия и продольного изгиба определяются как:

- в плоскости качания шатуна

$$\sigma_{\max x} = K_x \cdot \frac{P_{сж}}{F_{ср}} \quad (3.41)$$

где: K - коэффициент, учитывающий влияние продольного изгиба шатуна в плоскости качания шатуна;

$$K_x = 1 + \frac{\sigma_e \cdot L_{ш}^2 \cdot F_{ср}}{\pi^2 \cdot E_{ш} \cdot J_x} \quad (3.42)$$

- в перпендикулярной плоскости качания шатуна

$$J_x = \frac{b_{ш} \cdot h_{ш}^3 - (b_{ш} - a_{ш}) \cdot (h_{ш} - 2 \cdot t_{ш})^3}{12} \quad (3.43)$$

$$J_x = \frac{14 \cdot 22^3 - (14 - 2.5) \cdot (22 - 2 \cdot 3)^3}{12} \cdot 10^{-12} = 8.497 \cdot 10^{-9} \text{ м}^4$$

Причем, площадь сечения шатуна определим по (3.44)

$$F_{cp} = h_{uu} \cdot b_{uu} - (b_{uu} - a_{uu}) \cdot (h_{uu} - 2 \cdot t_{uu}) \quad (3.44)$$

$$F_{cp} = (22 \cdot 14 - (14 - 2.5) \cdot (22 - 2 \cdot 3)) \cdot 10^{-6} = 1.24 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

$$K_x = 1 + \frac{900 \cdot 129^2 \cdot 124}{\pi^2 \cdot 2.2 \cdot 10^5 \cdot 8497} = 1.10066$$

$$\sigma_{\max x} = 1.10066 \cdot \frac{0.01728}{124 \cdot 10^{-6}} = 153.4 \text{ МПа}$$

-в плоскости, перпендикулярной плоскости качания

$$\sigma_{\max y} = K_y \cdot \frac{P_{с.жс}}{F_{cp}} \quad (3.45)$$

где: К - коэффициент, учитывающий влияние продольного изгиба

$$K_y = 1 + \frac{\sigma_e \cdot L_1^2 \cdot F_{cp}}{4 \cdot \pi^2 \cdot E_{uu} \cdot J_y} \quad (3.46)$$

$$J_y = \frac{h_{uu} \cdot b_{uu}^3 - (b_{uu} - a_{uu})^3 \cdot (h_{uu} - 2 \cdot t_{uu})}{12} \quad (3.47)$$

$$J_y = \frac{22 \cdot 14^3 - (14 - 2.5)^3 \cdot (22 - 2 \cdot 3)}{12} = 3.002 \cdot 10^{-9} \text{ м}^4$$

$$K_y = 1 + \frac{900 \cdot 92.34^2 \cdot 124}{4 \cdot \pi^2 \cdot 2.2 \cdot 10^5 \cdot 3002} = 1.0365$$

$$\sigma_{\max y} = 1.0365 \cdot \frac{0.01728}{124 \cdot 10^{-6}} = 144.46 \text{ МПа}$$

Минимальное напряжение, в сечении Г – Г, определяется как:

$$\sigma_{\min} = \frac{P_p}{F_{cp}} \quad (3.48)$$

$$\sigma_{\min} = \frac{-0.019}{124 \cdot 10^{-6}} = -153.83 \text{ МПа}$$

Средние напряжения и амплитуды цикла:

$$\sigma_{mx} = \frac{\sigma_{\max x} + \sigma_{\min}}{2} = \frac{153.4 - 153.83}{2} = -0.21 \text{ МПа} \quad (3.49)$$

$$\sigma_{my} = \frac{\sigma_{\max y} + \sigma_{\min}}{2} = \frac{144.46 - 153.83}{2} = -4.68 \text{ МПа} \quad (3.50)$$

$$\sigma_{ax} = \frac{\sigma_{\max x} - \sigma_{\min}}{2} = \frac{153.4 + 153.83}{2} = 153.619 \text{ МПа} \quad (3.51)$$

$$\sigma_{ay} = \frac{\sigma_{\max y} - \sigma_{\min}}{2} = \frac{144.46 + 153.83}{2} = 149.147 \text{ МПа} \quad (3.52)$$

$$\sigma_{akx} = \frac{\sigma_{ax} \cdot k_{\sigma}}{\varepsilon_M \cdot \varepsilon_n} \quad (3.53)$$

$$\sigma_{aky} = \frac{\sigma_{ay} \cdot k_{\sigma}}{\varepsilon_M \cdot \varepsilon_n} \quad (3.54)$$

$$\sigma_{akx} = \frac{153.619 \cdot 1.29}{0.87 \cdot 1.5} = 151.85 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{aky} = \frac{149.147 \cdot 1.29}{0.87 \cdot 1.5} = 147.43 \text{ МПа}$$

Так как $\frac{\sigma_{akx}}{\sigma_{mx}} = \frac{151.85}{0.21} > \frac{\beta_{\sigma} - \alpha_{\sigma}}{1 - \beta_{\sigma}} = 0.62$ и $\frac{\sigma_{aky}}{\sigma_{my}} = \frac{147.43}{4.37} > 0.6$, то запасы прочности в сечении Г – Г определяются по пределу усталости:

$$n_{\alpha x} = \frac{\sigma_{-1p}}{\sigma_{akx} + \alpha_{\sigma} \cdot \sigma_{mx}} \quad (3.55)$$

$$n_{\alpha y} = \frac{\sigma_{-1p}}{\sigma_{aky} + \alpha_{\sigma} \cdot \sigma_{my}} \quad (3.56)$$

$$n_{\alpha x} = \frac{300}{151.85 + 0.15 \cdot 0.1} = 1.976$$

$$n_{\alpha y} = \frac{300}{147.43 + 0.15 \cdot 4.37} = 2.044$$

Вывод

Расчет элементов шатуна проводился для двигателя ВАЗ 21123 мощностью 130 кВт. Оказалось, что предлагаемый шатун выдерживает все нагрузки, хотя еще и остались запасы для дальнейшей форсировки. Однако планировалось, что данный шатун будет устанавливаться на двигателях мощностью не более 104 кВт, поэтому можно утверждать, что все элементы шатуна выдержат нагрузку.

4 Безопасность и экологичность технического объекта

Анализ безопасности и экологичности технического объекта для наглядности представим в виде таблиц 4.1 – 4.8.

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

Характеристики рассматриваемого технического объекта приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Технологический паспорт технического объекта

Технологическая операция, вид выполняемых работ	Технологический процесс	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Материалы, вещества	Оборудование, техническое устройство, приспособление
Фрезерная	Фрезерование поверхности	Фрезеровщик	Охлаждающая эмульсия, стружка	Приспособление специальное

4.2 Идентификация профессиональных рисков

Таблица 4.2 содержит результаты проведения идентификации профессиональных рисков.

Таблица 4.2 – Идентификация профессиональных рисков

Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и/или вредный производственный фактор	Источник опасного и/или вредного производственного фактора
1	2	3
Фрезерная операция	Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях	Обрабатываемая заготовка,

Продолжение таблицы 4.2

1	2	3
	заготовок, инструментов и оборудования; движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки; опасные и вредные производственные факторы, вызванные высокой температурой, которая может вызвать ожоги тканей организма человека; опасные и вредные производственные факторы, связанные с повышенным уровнем общей вибрации; опасные и вредные производственные факторы, характеризующиеся повышенным уровнем шума; опасные и вредные производственные факторы, электрического тока; динамические нагрузки, вызванные монотонностью	металлорежущий станок, смазочно-охлаждающая жидкость, станочное приспособление, режущий инструмент

4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Результаты данного раздела приведены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Организационно-технические методы и технические средства (технические устройства) устранения (снижения) негативного воздействия опасных и вредных производственных факторов

Опасный и/или вредный производственный фактор	Организационно-технические методы и технические средства защиты, частичного снижения, полного устранения опасного и/или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работающего
1	2	3

Продолжение таблицы 4.3

1	2	3
Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования	Инструктажи по охране труда, удаление острых кромок и заусенцев на слесарных переходах	Перчатки с покрытием из полимера
Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки	Инструктажи по охране труда, применение защитных кожухов, экранов, ограждений	Спецодежда, защитные очки
Опасные и вредные производственные факторы, вызванные высокой температурой, которая может вызвать ожоги тканей организма человека	Инструктажи по охране труда, применение защитных кожухов, экранов, ограждений	Спецодежда, перчатки с покрытием из полимера
Опасные и вредные производственные факторы, связанные с повышенным уровнем общей вибрации	Инструктажи по охране труда, установка оборудования на виброгасящие опоры, сокращение времени контакта с поверхностями подверженными вибрации	Резиновые виброгасящие коврики
Опасные и вредные производственные факторы, характеризующиеся повышенным уровнем шума	Инструктажи по охране труда, изоляция звукопоглощающими материалами наиболее акустически активных	Применение наушников или вкладышей
Опасные и вредные производственные факторы, электрического тока	Инструктажи по охране труда, заземление оборудования, изоляция токоведущих частей, применение предохранителей	Спецодежда

Продолжение таблицы 4.3

1	2	3
Динамические нагрузки, вызванные монотонностью	Соблюдение периодичности и продолжительности регламентированных перерывов	

4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

В таблицах 4.4 – 4.6 представлен комплекс мер по обеспечению пожарной безопасности технического объекта.

Таблица 4.4 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
Механическая обработка шатуна	Фрезерный станок	Пожары класса В	Пламя и искры; тепловой поток; повышенная температура окружающей среды; повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения; пониженная концентрация кислорода; снижение видимости в дыму	Осколки, части разрушившихся оборудования, изделий и иного имущества; вынос высокого напряжения на токопроводящие части оборудования, изделий и иного имущества; воздействие огнетушащих веществ

Таблица 4.5 – Технические средства пожарной безопасности

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки систем пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)
1	2	3	4	5	6	7
Пенные огнетушители, ящики с песком, боты, ломы	Автомобили пожарные мотопомпы	Система пожаротушения аэрозолью	Извещатели пожарные; приборы приемно-контрольные пожарные; приборы управления пожарные; технические средства оповещения и управления эвакуацией пожарные	Пожарные рукава, арматура, гидранты	Респираторы, противогазы	Комплект универсального пожарного инструмента

Таблица 4.6 – Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

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

Продолжение таблицы 4.6

1	2	3
Технологический процесс изготовления шатуна	Применение смазочно-охлаждающих жидкостей на базе негорючих составов, хранение ветоши в негоряемом ящике, соблюдение правил электробезопасности	Наличие пожарной сигнализации, автоматической системы пожаротушения, первичных средств пожаротушения, проведение пожарных инструктажей

4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

Результаты данного анализа представлены в таблицах 4.7, 4.8.

Таблица 4.7 – Идентификация негативных экологических факторов технического объекта

1	2	3	4	5
Наименование технического объекта, производственно-технологического процесса	Структурные составляющие объекта производственно-технологического процесса (производственного здания или сооружения по функциональному назначению, технологических, технического оборудования), энергетической установки, транспортного средства и т.п.	Негативное экологическое воздействие технического объекта на атмосферу (выбросы в воздушную окружающую среду)	Негативное экологическое воздействие технического объекта на гидросферу (образование сточных вод, забор воды из источников водоснабжения)	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.)

Продолжение таблицы 4.7

1	2	3	4	5
Технологический процесс изготовления шатуна	Станок фрезерный	Масляный туман, пыль	Нефтепродукты, смазочно-охлаждающая жидкость, растворы технических жидкостей	Стружка, ветошь, металлолом, нефтепродукты, смазочно-охлаждающая жидкость, растворы технических жидкостей

Таблица 4.8 – Разработанные (дополнительные и/или альтернативные) организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия заданного технического объекта на окружающую среду

Наименование технического объекта	Технологический процесс изготовления шатуна
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Оснащение системы производственной вентиляции фильтрующими элементами.
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу	Применение многоступенчатой системы очистки сточных вод
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Разделение жидких и твердых отходов. Утилизация отходов на специальных полигонах

4.6 Заключение по разделу

Выявлены наиболее значимые опасные и вредные факторы, возникающие в процессе изготовления шатуна, разработаны мероприятия по их устранению и снижению их влияния на работника. Проведен анализ пожарной безопасности на участке по изготовлению детали и выбор средств

пожаротушения. Приведены результаты анализа по обеспечению экологической безопасности технического объекта.

5. 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.

На фрезерной операции 070 применяется:

- горизонтальный обрабатывающий центр с ЧПУ, модель МРА50В;
- приспособление специальное;
- сверло спиральное Р6М5 Ø8,2 мм; зенкер Р6М5 Ø11,5 и 8,9 мм; развертка Р6М5 Ø9,2 мм; фреза торцевая Т15К6 Ø100 мм и фреза дисковая Р6М5 Ø50 мм.

Совершенствование данной операции позволило сократить основное и штучное время ее выполнения. При данных условиях основное время операции составляет 0,875 мин., а штучное – 3,25 мин.

Используя методику определения капитальных вложений [10] была определена сумма инвестиций, которая составила 101130,46 руб.

Используя методику расчета технологической себестоимости [10], была определена величина данного показателя по сравниваемым вариантам. Итоговое значение было получено путем суммирования таких значений, как:

- основная заработная плата рабочих;
- начисления на заработную плату;
- расходы на содержание и эксплуатацию оборудования.

Значения описанных параметров по сравниваемым вариантам выполнения операции 070 представлены на рисунке 5.1.

Анализируя представленные значения, можно сделать вывод о том, что они все имеют тенденцию к уменьшению, что положительно сказывается на итоговой величине технологической себестоимости, которая снижается на 18,3% и в проектируемом варианте технологического процесса изготовления шатуна составит 19,68 руб.

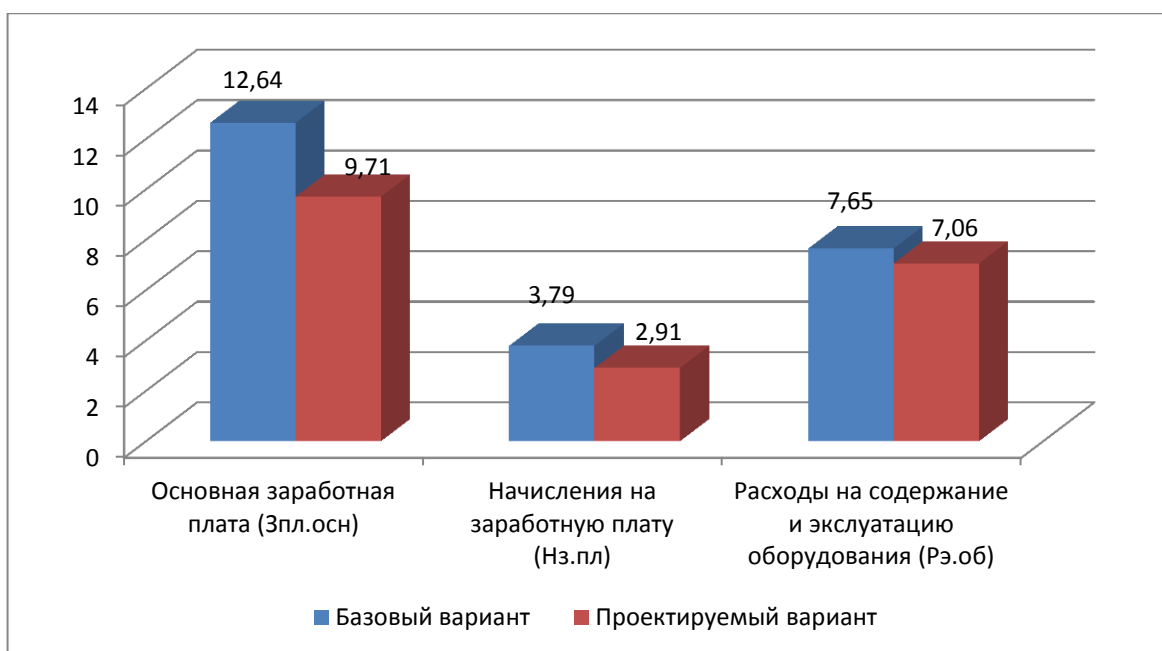


Рисунок 5.1 – Показатели, входящие в технологическую себестоимость детали «Шатун», по сравниваемым вариантам, руб.

Учитывая полученные значения технологической себестоимости, по методике калькулирования себестоимости [10] была определена полная себестоимость выполнения операции 070 (рисунок 5.2).

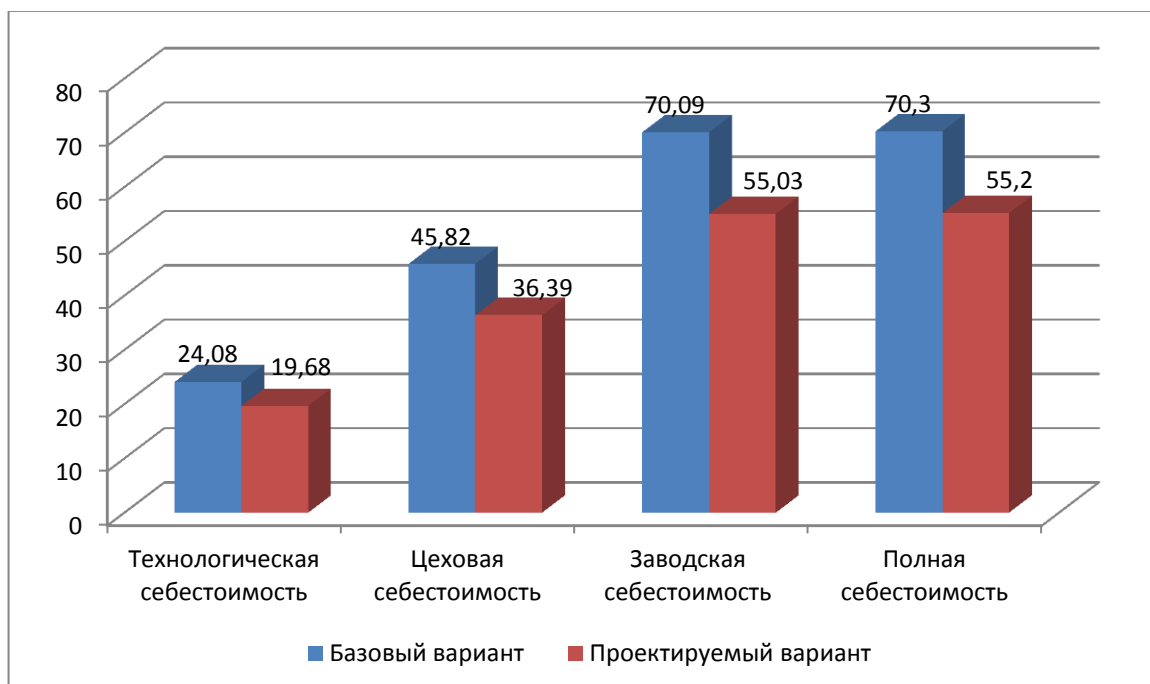


Рисунок 5.2 – Калькуляция себестоимости по вариантам технологического процесса выполнения операции 070, руб.

Как видно из рисунка, полная себестоимость составила в базовом варианте – 70,3 руб., а в проектном – 55,2 руб. Изменения по данному параметру составит 21,5%.

Благодаря такой разнице, предприятие может получить чистую прибыль в размере 48320 руб., что окупит предполагаемые инвестиции, в объеме 101130,46 руб., в течение 3-х лет. Данное значение срока окупаемости является основанием для того, чтобы предлагаемые совершенствования считать эффективными. Но для полноты формулируемых выводов, были проведены расчеты по определению величины чистого дисконтируемого дохода (интегрального экономического эффекта), который составляет 120123,52 рублей. «Так как значение ЧДД (Эинт) > 0, то проект считается эффективным и поэтому определяется индекс доходности» [10]. Его величина составила 1,19 рублей на каждый вложенный рубль.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе бакалаврской работы выполнены все необходимые проектные и конструкторские расчеты, проведены необходимые исследования и т.д. Более подробно, по разделам, достигнуты следующие результаты:

- по разделу «Введение» - исследована актуальность и сформулирована цель данной работы;
- по первом разделу - проанализировано поведение узлов автомобиля в течение гарантийного срока эксплуатации;
- по второму разделу – проведена разработка технологического процесса;
- по третьему разделу – обосновано изменение конструкции шатуна;
- по четвертому разделу - исследованы мероприятия по безопасности и экологичности проекта;
- по пятому разделу – исследована величина экономической эффективности разработанной технологии; величина чистого дисконтируемого дохода (интегрального экономического эффекта), составляет 120123,52 рублей

Таким образом, можно сказать, что цель настоящей бакалаврской работы - рассмотрение статистических методик, позволяющих улучшить технологические процессы, повысить управляемость производства, снизить издержки за счет эффективного использования информации достигнута.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Барановский, Ю.В. Режимы резания металлов. Справочник / Ю.В. Барановский. - Изд. 3-е, перераб. и доп. - М., Машиностроение, 1995 г., 320 с.

2 Белоусов, А.П. Проектирование станочных приспособлений: Учеб. пособие для учащихся техникумов. / А.П. Белоусов.; 3-е изд., перераб. И доп.– М.: Высш.школа, 1980, 240 с.

3 Боровков, В.М. Разработка и проектирование чертежа штамповки. Метод. Указания / В.М. Боровков, ТолПИ, 1990., 25 с.

4 Боровков, В.М. Экономическое обоснование выбора заготовки при проектировании технологического процесса. Метод. Указания / В.М. Боровков, ТолПИ, 1990., 45 с.

5 Горбацевич, А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учеб. Пособие для вузов. / А.Ф.Горбацевич, В.А. Шкред; 5-е издание, стереотипное. Перепечатка с 4-го издания. – М: ООО ИД «Альянс», 2007.- 256 с.

6 Гордеев, А.В. Выбор метода получения заготовки. Метод, указания / А.В. Гордеев, - Тольятти, ТГУ, 2004.-9 с.

7 Горина, Л.Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве. Учеб. Пособие. / Л.Н. Горина, - Тольятти, 2016, 68 с.

8 ГОСТ Р 53464-2009. Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку [Текст]. – Взамен ГОСТ 26645-85; введ. 2010-24-08. – М.: Стандартинформ, 2010. – 35 с.

9 Добрыднев, И.С. Курсовое проектирование по предмету "Технология машиностроения" / И.С. Добрыднев, - М: Машиностроение 1985, 184 с.

10 Зубкова, Н.В. Методическое указание к экономическому обоснованию курсовых и дипломных работ по совершенствованию технологических процессов механической обработки деталей (для студентов специальностей 120100 / Н.В. Зубкова, – Тольятти: ТГУ, 2015, 46 с.

11 Михайлов, А.В. Методические указания для студентов по выполнению курсового проекта по специальности 1201 Технология машиностроения по дисциплине «Технология машиностроения» / А.В. Михайлов, – Тольятти, ТГУ, 2005. - 75 с.

12 Нефедов, Н.А. Дипломное проектирование в машиностроительных техникумах: Учеб. Пособие для техникумов 2-е изд. перераб. и доп./ Н.А. Нефедов, 76 - М.: Высш. Школа, 1986-239 с.

13 Нефедов, Н.А. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту Учеб. Пособие для техникумов по предмету "Основы учения о резании металлов и режущий инструмент" 4-е изд. перераб. и доп. / Н.А. Нефедов, - М., Машиностроение, 1984 г.- 400 с.

14 Справочник технолога - машиностроителя. В 2-х кн. Кн. 1/ А.Г. Косилова [и др.]; под ред. А.М. Дальского [и др.]; - 5-е изд., перераб. и доп. - М: Машиностроение-1, 2001 г., 912 с.

15 Справочник технолога - машиностроителя. В 2-х кн. Кн. 2/ А.Г. Косилова [и др.]; под ред. А.М. Дальского [и др.]; - 5-е изд., перераб. и доп. - М: Машиностроение-1, 2001 г., 944 с.

16 Станочные приспособления: Справочник. В 2-х кн. Кн. 1./ Б.Н. Вардашкин; под ред. Б.Н. Вардашкина [и др.]; - М.: Машиностроение, 1984.

17 Таймингс, Р. Машиностроение. Режущий инструмент. Карманный справочник. Пер. с англ. 2-е изд. Стер./ Р. Таймингс, – М.: Додэка-XXI, 2008, - 336 с.

18 Ткачук, К.Н. Безопасность труда в промышленности / К.Н. Ткачук [и др.] – К. Техника, 1982, 231 с.

19 Davim, J.P. Modern Machining Technology. A practice guide Woodhead Publishing, 2011. — 412 p. — (English).

20 Davim, J.P. (ed.) Sustainable Machining. Springer, 2017. — 82 p.

21 Davim, J. Paulo (editor). Machining. Fundamentals and Recent Advances. London: Springer, 2008, - 361 pages.

22 Jackson, Mark. Machining with AbrasivesSpringer, New York, 2011. 439 p. ISBN 978-1-4419-7301-6;

23 Klocke, F. Manufacturing Processes 2: Grinding, Honing, Lapping. Vol. 2Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2009. XXIV, 433 p. 35 illus. — ISBN 978-3-540-92258-2, e-ISBN 978-3-540-92259-9, DOI 10.1007/978-3-540-92259-9.

24 Linke, B. Life Cycle and Sustainability of Abrasive ToolsSpringer, 2016. — XVII, 265 p. — ISBN 978-3-319-28345-6; ISBN 978-3-319-28346-3 (eBook).

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Маршрутная карта

Дубл.																				
Взам																				
Лист																				
Разработал	ТГУ кафедры ОТМП																			
Проверил	Шатун																			
Учб.																				
Н.контраль																				
№0.1	Сталь 40Х																			
	Код	ЕВ	МД	ЕН	Нраск	КИМ	Код заготовки	Профиль и размеры	КД	МЗ										
№0.2	12	0.550кз	1	0.95	24	178 x 75.5 x 23	1	1060кз												
А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код наименования операции		СМ	проф	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тшт				
Б	Код наименования оборудования																			
А03	XX	XX	XX	000	Заготовительная															
Б04	Горизонтально-кобачная машина фирмы "Оимко"																			
05																				
А06	XX	XX	XX	010	4.261	Фрезерная	18632	1	1	1	1	1	1	1	100	1				
Б07	Широкоуниверсальный фрезерный станок 6Р83Ш																			
08	396171 Приспособление специальное																			
009	Фрезеровать поверхности 4, 5 в размер 25%%1320.1																			
010	391802 Фреза торцовая Т15К6 @100 ГОСТ 94.73-80																			
11																				
А12	XX	XX	XX	020	4.133	Шлифовальная	18873	1	1	1	1	1	1	100	1					
Б13	Плоскошлифовальный с вертикальным шпинделем ЗМ758																			
Т14	396151 Стол магнитный																			
015	Шлифовать поверхности 4, 5 в размер 24.2%%1320.05																			
016	398110 Круг шлифовальный 24.440СМ175 @650 ГОСТ 17123-79																			
МК																				

А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код наименования операции				Обозначения документа							
					СЧ	парф	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кит	Тит		
Б	Код наименования оборудования															
А17	XX	XX	XX	030	4110	Распачная	18235	1	1	1	1	1	1	100	1	
Б18	Горизонтальный обрабатывающий центр															
Т19	396171 Приспособление специальное															
020	Выполнить отверстие 2 в малой головке @22+0.021 и два полупрострелия 1 в большой головке@48+0.025															
021	с межцентровым расстоянием 129.2%%1320.02, 135.2%%1320.02															
Т22	391210 Сверла спиральные @17.75, @17.5 ГОСТ10902-77, 392104 борштанги расточные Т5К10															
23																
А24	XX	XX	XX	040	4261	Фрезерная	18632	1	1	1	1	1	1	100	1	
Б25	Координатно-фрезерный станок															
Т26	396171 Приспособление специальное															
027	Фрезеровать наружный контур шатуна согласно чертежу. Фрезеровать поверхность 15 для дэзы, выдерживая размер 75.5+0.02															
Т28	391802 Фрезы концевые @6, @10 ВК6 ГОСТ 18372-73															
29																
А30	XX	XX	XX	050	4261	Фрезерная	18632	1	1	1	1	1	1	100	1	
Б31	Горизонтальный универсальный фрезерный 6Р83Г															
Т32	396171 Приспособление специальное															
033	Разрезать шатун с крышкой, выдерживая размер 129.6%%1320.3															
Т34	391802 Фреза дисковая @100 Р6М5 ГОСТ 3755-78															
35																
А36	XX	XX	XX	060	4261	Фрезерная	18632	1	1	1	1	1	1	100	1	
Б37	Горизонтальный обрабатывающий центр МРА50В															
Т38	396171 Приспособление специальное															
039	Цековать поверхности 14, выдерживая размеры @15.5%%1320.3 и 109%%1320.1															
МК																

А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначения документа											
						СМ	проф	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кит	Троз	Тшт	
Б					Код, наименование изделия												
T40					391690 Цековка @15.5 Р6М5												
041					Сверлить два отверстия 11 в размер @8.2+0.15 на длину 20.6												
T42					391210 Сверло спиральное @8.2 Р6М5 ГОСТ 10902-77												
043					Снять фаски с двух сторон в отверстиях 11, выдерживая размеры @10 ^{+0.2} _{-0.4} @9.6%%1320.25												
T44					391610 Зенкер Р6М5 @115 ГОСТ 12489-71												
045					Зенкеровать два отверстия 11 в размер @8.9+0.058 на длину 20.6												
T46					391610 Зенкер Р6М5 @8.9 ГОСТ 12489-71												
047					Развернуть два отверстия 11 в размер @9.2+0.02 на длину 20.6												
T48					391720 Развертка Р6М5 @9.2 ГОСТ 16086-70												
049					Фрезеровать замок на шпуне, выдерживая размеры 10.5%%1320.1, 12.2%%1320.1, 10.5+0.1, 4.7+0.1, 7+4, 16+0.4												
T50					391802 Фреза дисковая @50 Р6М5 ГОСТ 3755-78												
051					Фрезеровать плоскость разъема шатуна 3, выдерживая размер 129%%1320.05												
T52					391801 Фреза торцовая @100 Т15К6 ГОСТ 9473-80												
53																	
A54	XX	XX	XX	070	4261 Фрезерная		18632	1	1	1	1	1	1	100	1		
B55					Горизонтальный обрабатывающий центр МРА50В												
T56					396171 Приспособление специальное												
057					Сверлить два отверстия 12 в размер @8.2+0.15 на длину 25.6												
T58					391210 Сверло спиральное @8.2 Р6М5 ГОСТ 10902-77												
059					Снять фаски в отверстиях 12 @9.6%%1320.25, выдерживая размер 23.7%%1320.1												
T60					391610 Зенкер Р6М5 @115 ГОСТ 12489-71												
061					Зенкеровать два отверстия 12 в размер @8.9+0.058 на длину 25.6												
T62					391610 Зенкер Р6М5 @8.9 ГОСТ 12489-71												
МК																	

А	Цех	Чл	РМ	Опер	Код наименования операции				Обозначения документа				
					СМ	проф	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кит
Б	Код наименования операции										Тип		
063	Развернуть два отверстия 12 в размер @9.2+0.02 на длину 5.6												
Т64	391720 Развертка Р6М5 @9.2 ГОСТ 16086-70												
065	Снять фаски в отверстиях 12, выдерживая размеры @10 ^{+0.2} на, выдерживая размер 0.9%%1320.1												
Т66	391610 Зенкер Р6М5 @11.5 ГОСТ 12489-71												
067	Зенкеровать поверхность 13 в размер @9.5+0.2 на длину 20%%1320.1												
Т68	391610 Зенкер Р6М5 @9.5 ГОСТ 12489-71												
069	Фрезеровать замок на крышке, выдерживая размеры 10.5%%1320.1, 18%%1320.25, 10.5+0.1, 4.7+0.1, 7+4, 16+0.4												
Т70	391802 Фреза дисковая @50 Р6М5 ГОСТ 3755-78												
071	Фрезеровать плоскость разъема крышки 3, выдерживая размер 25%%1320.05												
Т72	391801 Фреза торцовая @100 Т15К6 ГОСТ 9473-80												
Т3													
А74	XX	XX	XX	080	0190	Слесарная	17474	1	1	1	1	100	1
Т75	Стал слесарный												
076	Произвести сборку шатуна, затянуть моментом												
Т77	392659 Ключи специальные												
Т8													
А79	XX	XX	XX	090	4133	Шлифовальная	18873	1	1	1	1	100	1
Б80	Плоскошлифовальный с вертикальным шпинделем 3М758												
Т81	396151 Стал магнитный												
082	Шлифовать поверхности 4, 5 в размер 2.3.6%%1320.02												
Т83	398110 Круг шлифовальный 24440СМ17Б @650 ГОСТ 17123-79												
Б4													
А85	XX	XX	XX	100	4110	Расстояная	18235	1	1	1	1	100	1
МК													

А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код наименования операции				Обозначения документа				
					СЧ	проф	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кит
Б	Код наименования оборудования				Горизонтальный обрабатывающий центр								
Б86	396171 Приспособление специальное												
Т87	Выполнить расточку отверстия 2 в малой головке @21.6+0.02 и отверстия 1 в большой головке @4.95+0.02												
088	с межцентровым расстоянием 129 ^{+0.01} _{-0.05}												
Т90	392104 Борштанги расточные Т5К10												
91													
А92	XX	XX	XX	110	4.261 Фрезерная	18632	1	1	1	1	1	100	1
Б93	Координатно-фрезерный станок												
Т94	396171 Приспособление специальное												
095	Фрезеровать весовую добавку 16 на большой головке R35 и R30 на большой головке шатуна												
Т96	391802 Фрезы концевые @6, @10 ВК6 ГОСТ 18372-73												
100													
А101	XX	XX	XX	120	Термообработка								
102													
А103	XX	XX	XX	130	4110 Расточная	18235	1	1	1	1	1	100	1
Б104	Горизонтальный обрабатывающий центр												
Т105	396171 Приспособление специальное												
0106	Выполнить расточку отверстия 2 в малой головке окончательно под втулку @22 ^{+0.05} _{-0.05} отверстия 1 в большой головке @50.5+0.02												
0107	с межцентровым расстоянием 129 ^{+0.01} _{-0.05} Выполнить фаски 1х30°%139 с двух сторон в отверстиях малой головки.												
Т108	392104 Борштанги расточные Т5К6												
109													
А110	XX	XX	XX	140	0190 Слесарная	17474	1	1	1	1	1	100	1
Т111	Стоп слесарный												
МК													

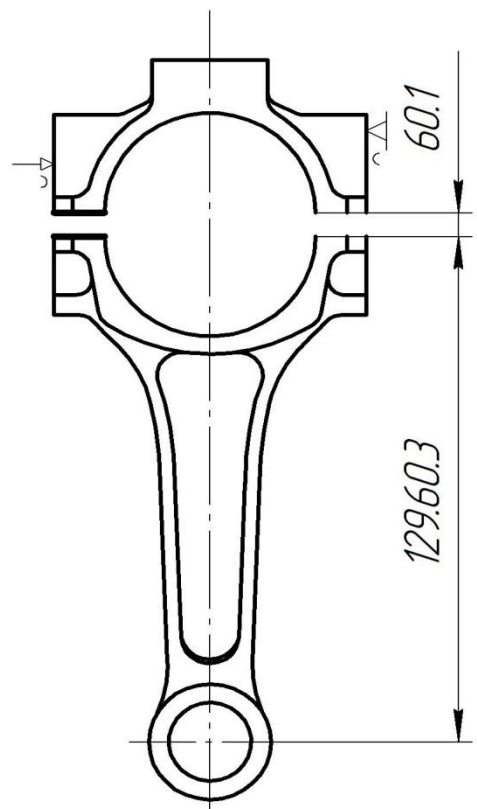
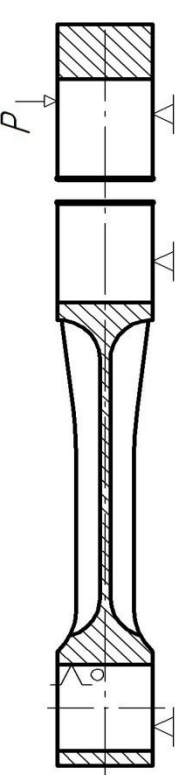
A	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции		Обозначения документа						
							СИ	пофр	Р	УГ	КР	КОИД	ЕЧ
B	Запрессовать втулку в малой головке												
012													
113													
A114	XX	XX	XX	150	4133 Шлифовальная	18873	1	1	1	1	1	1	100
B115	Плоскошлифовальный с вертикальным шлифделем ЗМ758												
T116	396151 Стол магнитный												
0117	Шлифовать поверхности 4, 5 окончательно в размер 23-01												
T118	398110 Круг шлифовальный 24440СМ17Б @650 ГОСТ 17123-79												
119													
A120	XX	XX	XX	160	4110 Расточная	18235	1	1	1	1	1	1	100
B121	Горизонтальный обрабатывающий центр												
T122	396171 Приспособление специальное												
0123	Выполнить расточку отверстия 2 в малой головке @19.95% %1320.004 и отверстия 1 в большой головке @51.3+0.016,												
0124	-001 -016												
0125	в малой головке R18 шириной 2.5. Сверлить отверстие @4 под смазку в малой головке. Снять фаску 1.5х4.5% %139.												
T126	391210 Сверло спиральное @4 ГОСТ10902-77, 392104 борштанги расточные 15К10, 392110 резец канавочный												
127													
A128	XX	XX	XX	160	4192 Хонинговальная	15887	1	1	1	1	1	1	100
B129	Вертикальный хонинговальный станок фирмы "Геринг"												
T130	396171 Приспособление специальное												
0131	Хонинговать отверстие малой головки в размер @19.984% %1320.002 и отверстие большой головки в размер @51.33+0.016												
	398150 Хан 63СМ40СМ1Б7												
МК													

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
Операционные карты

Дубл.																				
Взам.																				
Подп.																				

Разраб.	Дмитриев					ТГУ кафедра ОТМП												
Проверил.	Вороноб																	
Утв.	Логина					Шплицы												
Н.контр.оль.	Егорова																	

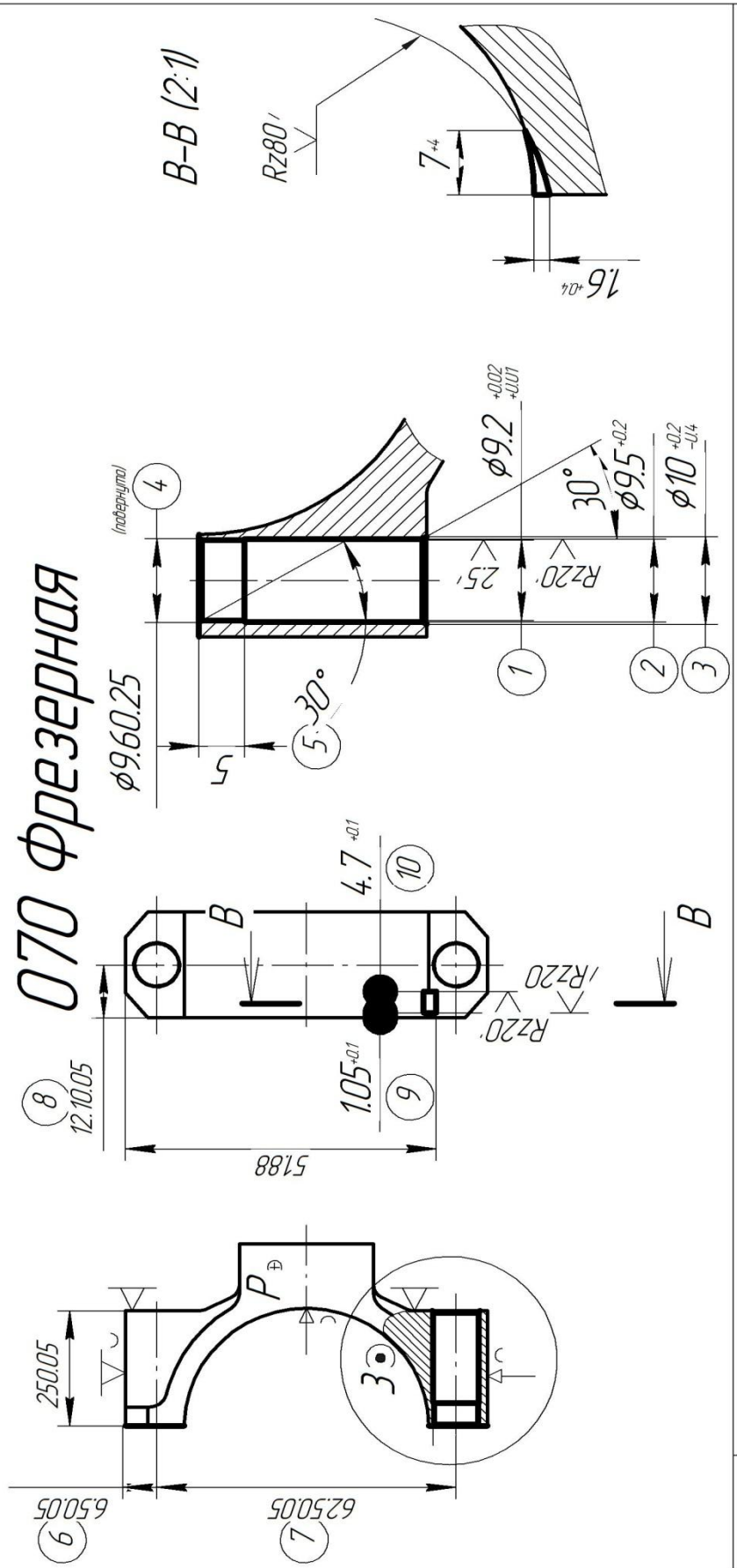
050 Фрезерная



КЭ

Дубл.					
Взам.					
Подп.					
Разраб.	Дмитриев				
Проверил.	Воронов				
Утв.	Логинов				
Н.контр.оль.	Егорев				

ТГУ кафедра ОТМП	Штапун	070
------------------	--------	-----

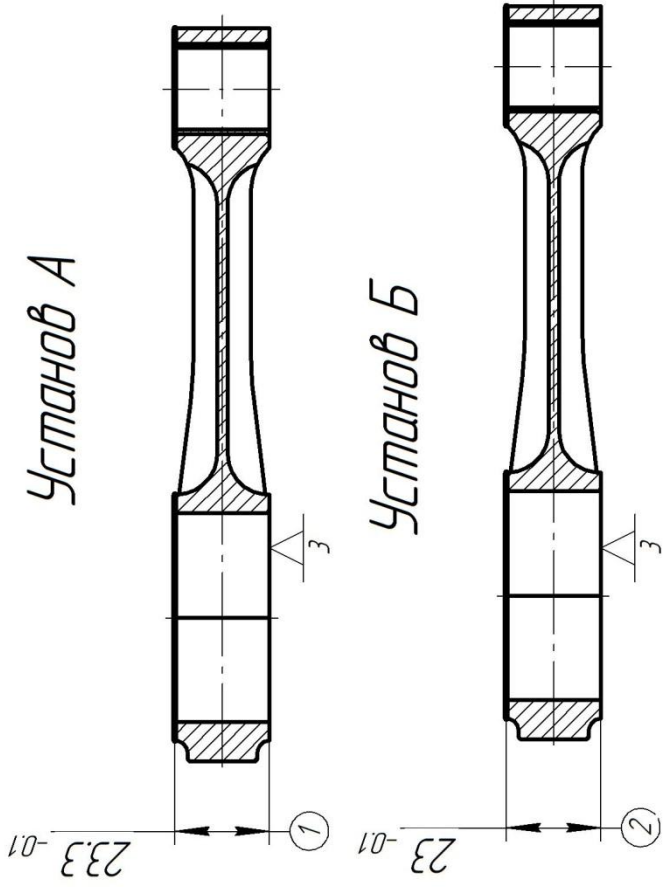


КЭ

Дубл.											
Взам.											
Подп.											

Разраб.	Дмитриев					
Проверил.	Воронин				ТГУ кафедра ОТМП	
Чтв.	Ласинов				Штуцн	150
Н.контр.оль.	Егоров					

150 Шлифовальная



КЭ