

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 «Разработка технологического процесса изготовления корпуса лобового двухпоточного вариатора»

Студент	<u>С.А. Горбачев</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Руководитель	<u>к.т.н., доцент Д.А. Расторгуев</u> (ученая степень, звание, И.О. Фамилия)	_____	
Консультанты	<u>к.э.н. Н.В. Зубкова</u> (ученая степень, звание, И.О. Фамилия)	_____	
	<u>к.т.н., доцент А.В. Краснов</u> (ученая степень, звание, И.О. Фамилия)	_____	

Тольятти 2020

Аннотация

Горбачев Сергей Андреевич, Разработка технологического процесса изготовления корпуса лобового двухпоточного вариатора. Кафедра: «Оборудование и технологии машиностроительного производства». ТГУ: Тольятти, 2020, – 78с.

Разработка технологического процесса изготовления сложной и ответственной детали – корпуса лобового двухпоточного вариатора с использованием современных методов обработки и оборудования. В работе также использованы такие прогрессивные технологии, как литьё по выплавляемым моделям и сухая технология обработки, кроме того, были максимально концентрированы переходы: вся механическая обработка выполняется на одной операции с одного станова, что нивелирует погрешность базирования, экономит время и значительно снижает затраты на транспортировку заготовок.

В работе учтены особенности производства: редкое мелкосерийное производство может позволить себе приобрести и содержать обрабатывающий центр с ЧПУ, кроме того, нужно нанимать инженера-технолога для написания программ и оператора. Учитывая эти факторы, для обработки выбран распространённый и недорогой во всех смыслах этого слова горизонтально-расточной станок, который может позволить себе любое мелкосерийное производство.

Ключевые слова: литьё чугуна, литьё по выплавляемым моделям, припуски, напуски, горизонтально-расточной станок, растачивание, фрезерование, сверление, зенкерование, развёртывание, нарезание резьбы, сухая технология обработки.

Содержание

Введение.....	4
Перечень сокращений и обозначений.....	6
1 Анализ исходных данных.....	7
1.1 Анализ служебного назначения и условий работы детали	7
1.2 Систематизация поверхностей детали.....	7
1.3 Анализ технологичности детали	9
1.4 Задачи технологической части работы.....	9
2 Разработка технологической части работы.....	11
2.1 Определение типа производства	11
2.2 Определение характеристик производства	12
2.3 Классификация заготовки, выбор классов	12
2.4 Расчёт количества удаляемого металла для разных способов обработки.....	14
2.5 Расчёт стоимости заготовок.....	15
2.6 Коэффициенты использования материала	16
2.7 Анализ полученных данных. Выбор метода получения заготовки	17
2.8 Маршруты обработки поверхностей	17
2.10 Выбор инструмента	19
2.11 Выбор оснастки.....	23
2.12 Выбор измерительного инструмента.....	25
2.13 Общий список технологического оснащения	27
2.14 Расчёт припусков и операционных размеров	30
2.15 Расчёт режимов резания.....	34
2.16 Силы резания.....	37
2.17 Нормирование технологического процесса.....	41
3 Проектирование специальных средств оснащения	49
3.1 Разработка базирующих приспособлений.....	49
3.2 Разработка прижимного приспособления	51

3.3	Разработка специального инструмента	55
3.4	Контрольное приспособление	57
4	Безопасность и экологичность технического объекта	60
4.1	Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристика рассматриваемого технического объекта	60
4.2	Идентификация профессиональных рисков.....	60
4.3	Методы и средства снижения профессиональных рисков	62
4.4	Обеспечение пожарной безопасности технического объекта	65
4.4.1	Комплексный анализ угроз пожарной безопасности	65
4.4.2	Разработка комплекса мер для обеспечения пожарной безопасности.....	66
4.4.3	Разработка мероприятий по обеспечению пожарной безопасности	67
4.5	Обеспечение экологической безопасности технического объекта.....	68
4.5.1	Потенциальные угрозы экологии.....	68
4.5.2	Разработка мероприятий по снижению антропогенного воздействия на окружающую среду.....	69
4.6	Заключение по разделу.....	71
5	Экономическая эффективность работы	72
5.1	Калькуляция себестоимости изделия	72
5.2	Анализ составляющих себестоимости.....	72
	Заключение	75
	Список используемых источников.....	76
	Приложение А Маршрутная карта.....	79
	Приложение Б Операционная карта.....	80
	Приложение В Карты эскизов.....	86
	Приложение Г Чертежи деталей.....	92

Введение

Залог успешной работы любого производства – правильная конструкторско-технологическая подготовка. От качества конструкторско-технологической подготовки зависит не только количество получаемой предприятием прибыли, но и само существование предприятия. Правильные конструкторско-технологические решения ведут к снижению себестоимости продукции и повышению качества изделия. Неправильные решения могут привести предприятие к упадку, закрытию, в некоторых случаях – получению травм. Поэтому работа инженера-конструктора и инженера-технолога востребована.

Главная задача этой работы – обеспечить наиболее рациональный и технологически правильный способ решить поставленную задачу: обеспечить производство деталей в строгом соответствии с чертежом и при этом достичь как можно меньшей себестоимости изделия, чтобы предприятие получило как можно большую прибыль.

В данной работе произведён расчёт литых заготовок с поиском оптимального метода, подробно расписан технологический процесс изготовления сложной корпусной детали, разработаны специальные приспособления и оснастка, проанализированы риски для персонала и экологии и выработаны методы противодействия, и подробно рассчитана себестоимость детали.

Вся работа была произведена из условий серийности производства: в технологическом процессе предпочтение отдано стандартным инструментам, оборудованию и приспособлениям, поскольку в условиях мелкосерийного производства специальные средства производства применяются только в случае крайней необходимости – в остальных случаях это экономически не выгодно.

Вся механическая обработка проходит на одном станке с одного установа детали: это сводит к минимуму потери времени на снятие, перемещение и установку детали, и, помимо этого, ведёт к повышению точности обработки, поскольку базы в процессе механической обработки остаются неизменными – то есть, применён принцип концентрации переходов.

Эта работа посвящена разработке наиболее экономически эффективного технологического процесса, способного решить поставленную задачу.

Перечень сокращений и обозначений

В настоящей ВКР применяют следующие сокращения с соответствующими определениями:

ЛВМ – литьё по выплавляемым моделям

ЛЗ – литьё в землю

ОКБ – основная конструкторская база

ВКБ – вспомогательная конструкторская база

СП – свободная поверхность

ИП – исполнительная поверхность

КМ – конус Морзе

кгс – килограмм-сила

1 Анализ исходных данных

1.1 Анализ служебного назначения и условий работы детали

Корпус лобового двухпоточного вариатора – корпусная деталь. Предназначен он для установки в него других деталей, восприятия нагрузок, которые эти детали создают в процессе работы и изоляции внутренних механизмов от разрушительного воздействия внешней среды.

Как и ко многим другим корпусным деталям, к корпусу лобового двухпоточного вариатора предъявляются повышенные требования не только к прочности конструкции, но и к её жёсткости. Жёсткая конструкция корпуса положительно влияет на срок службы подшипников, шестерней и валов. Это объясняет довольно большую толщину стенок и наличие рёбер жёсткости внутри.

Система смазки в корпусе отсутствует: в конструкции не предусмотрены масляные (смазочные) каналы, сливные и заливные пробки, глазки. Механизмы смазываются консистентной смазкой, которую закладывают в корпуса подшипников.

Поверхности, работающие при скольжении, практически отсутствуют. Подшипники не соприкасаются с корпусом вариатора, они установлены в корпусах подшипников по бокам и внутри корпуса. Со скольжением работают только опорные поверхности регулировочного вала – там нет больших скоростей, работает он время от времени и точно базировать его не нужно, антифрикционных свойств серого чугуна будет достаточно.

1.2 Систематизация поверхностей детали

Ввиду огромного количества поверхностей данной детали, систематизировать целесообразно только обрабатываемые. Они представлены на рисунке 1. Все поверхности выписаны в таблицу 1 и классифицированы.

Свободные поверхности, получаемые в результате литья, на рисунке 1 не обозначены и в таблицу 1 не записаны.

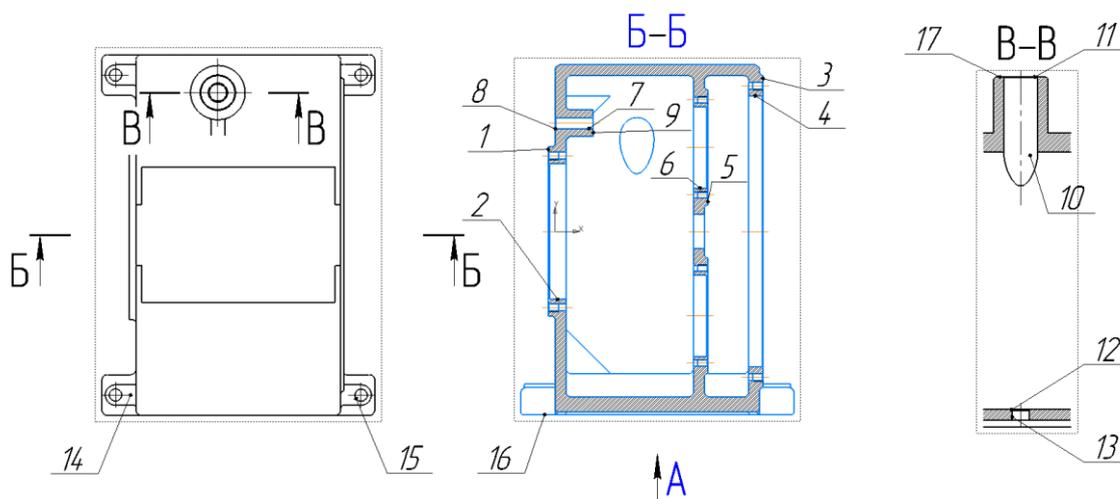


Рисунок 1 – Нумерация поверхностей в детали

Таблица 1 – Систематизированные поверхности детали

Обозначение на рисунке 1.1, вид поверхности	Тип поверхности	Квалитет	Тех. требования		Шероховатость, мкм
			Допуск расположения, мм	Допуск формы, мм	
1 ВКБ	Плоскость	11	0,20	0,10	1,60
2 ВКБ	Цилиндрическая	8	-	0,04	0,63
3 ВКБ	Плоскость	11	-	0,10	1,60
4 ВКБ	Цилиндрическая	8	0,03	0,05	0,63
5 ВКБ	Плоскость	13	-	-	1,60
6 ВКБ	Цилиндрическая	7	-	0,03	0,63
7 ВКБ	Цилиндрическая	9	-	-	1,60
8 СП	Коническая	16	-	-	10,00
9 ВКБ	Плоскость	14	-	-	5,00
10 ВКБ	Цилиндрическая	9	-	-	1,60
11 СП	Коническая	16	-	-	10,00
12 СП	Коническая	16	-	-	10,00
13 ВКБ	Цилиндрическая	9	0,30	-	1,60
14 ОКБ	Плоскость	12	-	-	10,00
15 СП	Цилиндрическая	14	0,50	-	20,00
16 ОКБ	Плоскость	14	-	-	20,00
17 ВКБ	Плоскость	14	-	-	3,20

1.3 Анализ технологичности детали

Все поверхности детали возможно обработать универсальным инструментом, деталь довольно технологична. Единственное отклонение от чертежа, которое будет целесообразным – это обработка поверхности №14 при помощи обратной зенковки. Благодаря этому инструменту возможно достаточно просто достигнуть параллельности с поверхностью 16, ведь смысл обработки 14й поверхности – не допустить перекоса шайбы и, как следствие, изгиба установочных (фундаментных) болтов. Однако, этот способ обработки имеет одну особенность: цековка обрабатывает не всю поверхность опоры, а небольшой участок, которого будет достаточно для установки на него шайбы. В результате произойдёт некоторое отклонение от чертежа, однако изделие это несколько не ухудшит.

Остальные поверхности могут быть обработаны обычным металлорежущим инструментом – фрезами, свёрлами, резцами, зенкерами, развёртками.

1.4 Задачи технологической части работы

Здесь сформулированы задачи, которые решены в технологической части работы:

- Выбор типа производства;
- Выбор наиболее экономически целесообразного способа получения заготовки;
- Проектирование заготовки;
- Выбор маршрута обработки поверхностей;
- Формирование плана обработки поверхностей;
- Разработка схемы базирования;
- Выбор технологического оборудования;
- Выбор и конструирование станочных приспособлений;

- Выбор режущего инструмента;
- Выбор технологической оснастки;
- Выбор измерительного инструмента;
- Расчёт операционных припусков;
- Расчёт режимов резания;
- Расчёт норм времени.

Выводы по разделу

В ходе выполнения данного раздела была проанализирована деталь, внесено изменение в деталь по технологическим соображениям, были систематизированы поверхности для дальнейшего выполнения работы и были сформулированы задачи, предстоящие к выполнению в последующих разделах. Таким образом, были выполнены подготовительные работы и можно приступать к выполнению основной части работы.

2 Разработка технологической части работы

2.1 Определение типа производства

Тип производства определяют исходя из коэффициента закрепления операций:

$$K_{зо} = \frac{n_o}{n_{рм}}, \quad (1)$$

где n_o – число всех операций в месяц;

$n_{рм}$ – число рабочих мест.

Поскольку количество операций неизвестно, а количество рабочих мест неизвестно и не будет известно, коэффициент закрепления операций найти не представляется возможным. В таком случае необходимо руководствоваться усреднёнными таблицами зависимости массы детали, годовой программы и типа производства [1,4]. Для годовой программы, составляющей 100 деталей и массы 129 кг, тип производства является мелкосерийным.

Такт выпуска определяется по формуле (2):

$$\tau = \frac{60 \times \Phi \times \eta}{N}, \quad (2)$$

где τ – длительность такта, мин;

Φ – годовой фонд рабочего времени, ч.;

η – коэффициент потерь рабочего времени.

Подставляя значения в формулу (2), находится результат:

$$\tau = \frac{60 \times 1979 \times 0,97}{100} = 1152 \text{ мин.} \quad (2)$$

Исходя из этого, на производство одной детали при 40-часовой рабочей неделе будет доступно 1152 минуты рабочего времени, или чуть больше 19 часов. При такой продолжительности такта, темп выпуска считать нет необходимости.

2.2 Определение характеристик производства

Производство является мелкосерийным. Ему присущи следующие характеристики:

- 1) Производство изделий партиями с периодическим запуском. Соответственно, для нас важна возможность переналадки оборудования на выпуск других изделий;
- 2) Оборудование используем универсальное или специализированное. Экономически нецелесообразно разрабатывать и изготавливать специальное оборудование для маленьких годовых программ;
- 3) Приспособления и инструмент универсальные, специализированные и несложные специальные;
- 4) Метод работы на станках – работа по промерам, метод пробных проходов, иногда – настроенное оборудование;
- 5) Степень проработки технологического процесса: маршрутные карты;
- 6) Техническое нормирование операций укрупнённое, используются опытно-статистические нормы;
- 7) Форма организации технологического процесса групповая;
- 8) Повторяемость изделий заранее не обусловлена;
- 9) Разработка технологического процесса на основе типового.

2.3 Классификация заготовки, выбор классов

Расчёт заготовки для литья подразумевает выбор припусков на дальнейшую обработку, указание размеров и допусков на погрешность

изготовления, назначение уклонов и различных технических условий на изготовление заготовки [5, 8].

Согласно ГОСТ 53464-2009 припуски на обработку назначают дифференциально для каждой обрабатываемой поверхности.

Степень точности поверхности, в соответствии с ГОСТ 53464-2009, назначают в зависимости от габаритных размеров и способа литья. Умеренно сложным отливкам, изготавливаемым в условиях мелкосерийного производства соответствует 9 класс точности поверхности при использовании ЛВМ и 15 класс для литья в землю.

Выбор ряда припусков. Для 9 степени точности подходит 3...6 ряды. Для отливок из серого чугуна принимают средние значения из этого диапазона – 5 ряд. Кроме того, при литье в разовые формы в условиях единичного и мелкосерийного производства допускается увеличить ряд припуска на 1..3 единицы для верхних обрабатываемых поверхностей, что и будет учтено при расчёте. Для поверхности №17 будет принят 7й ряд для ЛВМ. Для литья в землю принимаем 8й ряд припусков, 10й для поверхности №17.

Минимальный литейный припуск для 5го ряда составляет 0,5 мм, для 7го 0,8 мм, для 8го 1мм, для 10го 1,6 мм.

Класс размерной точности 6-10 для литья по выплавляемым моделям и 7-12 для литья в песчано-глинистую форму. Учитывая условия производства, подходящим классом является 9 класс для литья по выплавляемым моделям и 11 класс для литья в песчано-глинистую форму.

Степень коробления для литья в разовую форму отливки, не проходящей термообработку, составляет 3...6 для данного отношения размеров. Учитывая конфигурацию заготовки, наличие рёбер жёсткости и внутренней перегородки, степень коробления 4 является наиболее подходящей.

Класс точности массы из диапазона 5т-11 подходит 9 для ЛВМ и из диапазона 7т-14 подходит 12й для ЛЗ.

2.4 Расчёт количества удаляемого металла для разных способов обработки

Методика расчёта количества удаляемого материала сводится к поиску разности между средними размерами заготовки и средними размерами детали для каждой обрабатываемой поверхности, иначе говоря, нужно найти средний припуск z_{cp} . Визуализировано это на рисунке 2.

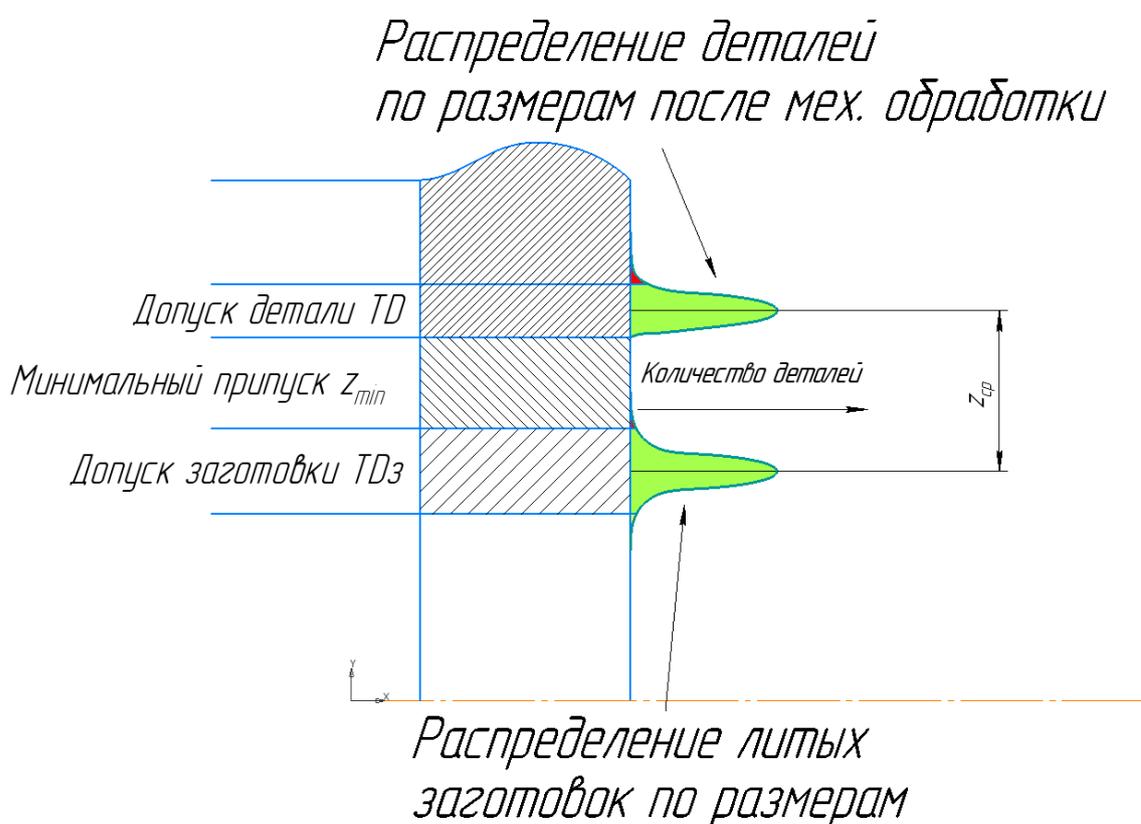


Рисунок 2 – Схема определения среднего припуска

Далее, используя средний припуск, можно рассчитать среднее количество металла, удаляемого с заготовки в процессе механической обработки. Большой припуск, свойственный для заготовок, полученных методом литья в землю, как правило, ведёт к большим затратам на механическую обработку. Литьё по выплавляемым моделям даёт

значительно меньшие припуски. Результаты расчётов представлены в таблице 2.

Технологические напуски, удаляемые в процессе сверления, образования фасок и резбонарезания учитывать нет необходимости так, как при обоих способах литья получится одинаковое количество материала и выбрать способ литья в данной ситуации никак не поможет [10, 11].

Таблица 2 – Масса удаляемого припуска по поверхностям

Обрабатываемые поверхности, обозначение на рисунке 1	Масса удаляемого металла	
	ЛВМ	ЛЗ
Торцевая 1	0,16	0,4
Цилиндрическая 2	0,14	0,33
Торцевая 3	0,42	1,01
Цилиндрическая 4	0,29	0,54
Торцевая 7	0,21	0,65
Цилиндрическая 6	0,14	0,24
Торцевая 17	0,02	0,06
Цилиндрическая 10	0,11	0,21
Торцевая 9	0,02	0,05
Плоскость 16	0,25	0,56
Торцевая 14	0,03	0,05
Σ	1,79	4,1
Напуск	1,13	
Деталь	129,21	
Заготовка	132,13	134,44

2.5 Расчёт стоимости заготовок

Приблизительную стоимость заготовок, полученных методом литья, можно рассчитать по формуле (3):

$$S_{\text{заг}} = \left(\frac{C_1}{1000} \times Q \times k_t \times k_c \times k_B \times k_M \times k_n \right) - (Q - q) \times \frac{S_{\text{отх}}}{1000}, \quad (3)$$

где C_1 – базовая стоимость одной тонны отливок;

k_t – класс точности отливки;

k_M – класс материала;

k_c – коэффициент сложности;
 k_B – коэффициент массы;
 k_{Π} – коэффициент объёма производства;
 Q – масса заготовки, кг;
 q – масса детали, кг;
 $S_{отх}$ – стоимость одной тонны стружки.

Подставив значения в формулу (3), находится стоимость:

$$S_{\text{заг.ЛВМ}} = \left(\frac{78500}{1000} \times 132,13 \times 1,03 \times 1,2 \times 0,74 \times 1,1 \times 1,44 \right) - (132,13 - 129,21) \times \frac{4700}{1000} = 14013 \text{ руб.} \quad (3)$$

$$S_{\text{заг.ЛЗ}} = \left(\frac{130070}{1000} \times 134,44 \times 1,03 \times 1,2 \times 0,74 \times 1,1 \times 1,44 \right) - (134,44 - 129,21) \times \frac{4700}{1000} = 25310 \text{ руб.} \quad (3)$$

2.6 Коэффициенты использования материала

Коэффициенты использования материала необходимы для того, чтобы выяснить, какая заготовка потребует меньше механической обработки. Находятся они по формуле (4):

$$K_{\text{им}} = \frac{Q_{\text{дет}}}{Q_{\text{заг}}}, \quad (4)$$

где $Q_{\text{дет}}$ – масса детали, кг.

Подставив значения в формулу 4, находятся коэффициенты использования материала:

$$K_{\text{имЛВМ}} \frac{129,21}{132,13} = 0,978 \quad (4)$$

$$K_{\text{имЛЗ}} = \frac{129,21}{134,44} = 0,961 \quad (4)$$

Из этого можно сделать вывод, что заготовка, полученная методом ЛВМ, потребует меньше механической обработки.

2.7 Анализ полученных данных. Выбор метода получения заготовки

Стоимость получения заготовки литьём по выплавляемым моделям намного ниже, чем литьём в землю. При применении ЛВМ выше коэффициент использования материала, значительно меньше допуски и дешевле механическая обработка. Выбор очевиден, выгоднее применение литья по выплавляемым моделям.

2.8 Маршруты обработки поверхностей

Необходимо выбрать оптимальные маршруты обработки, обеспечивающие заданные параметры. Для этого можно пользоваться таблицами соотношения качеств, шероховатостей и способов обработки. Результаты запишем в таблицу 3.

2.9 Выбор технологического оборудования

В условиях мелкосерийного производства зачастую приходится выбирать оборудование из уже имеющегося. План изготовления был написан для расточного станка, в условиях же реального производства можно было бы использовать имеющийся координатно-расточной или многоцелевой станок, последний – с некоторыми изменениями плана изготовления.

Таблица 3 – Маршруты обработки поверхностей

Тип поверхности, обозначение на рисунке 1	Квалитет	Тех. требования		Шероховатость, мкм	Порядок обработки
		Допуск расположения	Допуск формы		
Плоскость, 1	11	0,2	0,1	1,60	Фрезерование предварительное, чистовое
Цилиндрическая, 2	8	-	0,04	0,63	Растачивание предварительное, чистовое
Плоскость, 3	11	-	0,1	1,60	Фрезерование предварительное, чистовое
Цилиндрическая, 4	8	0,03	0,05	0,63	Растачивание предварительное, чистовое
Плоскость, 5	13	-	-	1,60	Фрезерование
Цилиндрическая, 6	7	-	0,03	0,63	Растачивание предварительное, чистовое
Цилиндрическая, 7	9	-	-	1,60	Сверление, зенкерование, развёртывание
Фаска, 8	16	-	-	10,00	Сверление
Плоскость, 9	14	-	-	5,00	Фрезерование
Цилиндрическая, 10	9	-	-	1,60	Зенкерование, Развёртывание
Фаска, 11	16	-	-	10,00	Сверление
Фаска, 12	16	-	-	10,00	Сверление

Здесь сформулирован перечень требований к станку и предложено подходящее оборудование в случае, если имеющееся в наличии оборудование не подходит по каким-либо критериям. Список требований в итоге выглядит так:

- Наличие радиального суппорта: не требуется;
- Размеры стола: 300×400, не менее;
- Диаметр выдвижного шпинделя: любой;
- Продольное выдвижение шпинделя: любое;
- Вертикальное перемещение шпиндельной бабки: не менее 500 мм;
- Задняя стойка: не требуется;

- Исполнение: предпочтительно А;
- Дискретность задания размеров: достаточно 0,01 мм;
- Наличие ЧПУ: не требуется;

Под эти требования подходит практически любой горизонтально-расточной станок. Предпочтительнее всего использование 2М615 как самого лёгкого, простого и дешёвого.

Основные характеристики 2М615:

- Конус для крепления инструментов: Морзе 5;
- Размеры поворотного стола: 1600×1800 мм;
- Наибольшая масса обрабатываемой заготовки: 8000 кг;
- Наибольшее вертикальное перемещение шпиндельной бабки: 1500 мм;
- Наибольшее продольное перемещение шпинделя: 1000 мм;
- Радиальный суппорт отсутствует;
- Наибольшее продольное перемещение стола: 1120 мм;
- Наибольшее поперечное перемещение стола: 1600 мм;
- Передняя стойка неподвижна (исполнение А);
- Частота вращения шпинделя: 5-1000 мин⁻¹;
- Скорость подачи шпинделя: 1,6-1600 м/мин;
- Скорость подачи шпиндельной бабки: 1-1000 м/мин;
- Скорость подачи стола (продольная и поперечная): 1-1000 м/мин;
- Дискретность задания размеров: 0,01 мм;
- Мощность электродвигателя главного движения: 19 кВт.

2.10 Выбор инструмента

Для чернового точения чугуна по корке с непрерывным переменным сечением снимаемого слоя следует применять резцы со вставками из карбида вольфрама следующих марок: ВК4, ВК6 и ВК8[2, 3]. Оптимально использование ВК6.

Для чистового точения чугуна при непрерывном съёме металла следует применять резцы со вставками из ВК3 и ВК3М. Наилучшим выбором будет ВК3М.

Предпочтение будем отдавать стандартному инструменту, который есть в ГОСТах, как самому недорогому и доступному, что важно в условиях мелкосерийного производства. Список применяемого инструмента оформим в виде таблицы 4.

Таблица 4 – Применяемый инструмент по переходам.

Переход	Диаметр D	Материал режущей части	ГОСТ на материал режущей части	V,L, H	ГОСТ на инструмент	Обозначение инструмента	Присоединительный размер
1 Фрезерный	160	ВК6	ГОСТ 3882-74	63	ГОСТ 26595-85	2214-0549	Диаметр 50 под оправку с торцевой шпонкой
2 Сверлильный	18	P6M5	ГОСТ 19265-73	228	ГОСТ 10903-77	2301-0061	KM2
3 Цекование обратное	30	P6M5	ГОСТ 19265-73	35	-	-	KM2
4 Фрезерный	160	ВК6	ГОСТ 3882-74	63	ГОСТ 26595-85	2214-0549	Диаметр 50 под оправку с торцевой шпонкой
	160	ВК3М	ГОСТ 3882-74	63	ГОСТ 26595-85	2214-0549	Диаметр 50 под оправку с торцевой шпонкой
5 Зенкерование	49,6	P6M5	ГОСТ 19265-73	369	ГОСТ 12489-71	2320-2628	KM4
6 Развёртывание	50	P6M5	ГОСТ 19265-73	22	ГОСТ 1672-80	2363-0706	Диаметр 22 под оправку для

Продолжение таблицы 4

Переход	Диаметр D	Материал режущей части	ГОСТ на материал режущей части	V,L, H	ГОСТ на инструмент	Обозначение инструмента	Присоединительный размер
-	-	-	-	-	-	-	насадных развёрток и зенкоров
7 Зенкование	63	P6M5	ГОСТ 19265-73	200	ГОСТ 14953-80	2353-0127	KM4
8 Сверлильный	24,5	P6M5	ГОСТ 19265-73	281	ГОСТ 10903-77	2301-0204	KM3
9 Зенкерование	24,7	P6M5	ГОСТ 19265-73	281	ГОСТ 12489-71	2320-2593	KM3
10 Развёртывание	25	P6M5	ГОСТ 19265-73	268	ГОСТ 1672-80	2363-3473	KM3
11 Зенкование	40	P6M5	ГОСТ 19265-73	160	ГОСТ 14953-80	2353-0125	KM3
12 Фрезерный	200	BK6	ГОСТ 3882-74	63	ГОСТ 26595-85	2214-0556	Диаметр 50 под оправку с торцевой шпонкой
	200	BK3M	ГОСТ 3882-74	63	ГОСТ 26595-85	2214-0556	Диаметр 50 под оправку с торцевой шпонкой
13 Расточной	-	BK6	ГОСТ 3882-74	80	ГОСТ 18879-73	2101-0012	Квадрат 20мм
	-	BK3M	ГОСТ 3882-74	80	ГОСТ 18879-73	2101-0012	Квадрат 20мм
14 Сверлильный	10,2	P6M5	ГОСТ 19265-73	168	ГОСТ 10903-77	2301-0030	KM1
15 Зенкование	16	P6M5	ГОСТ 19265-73	97	ГОСТ 14953-80	2353-0121	KM1
16 Резьбонарезание	12	P6M5	ГОСТ 19265-73	89	ГОСТ 3266-81	2621-1513	M12

Продолжение таблицы 4

Переход	Диаметр D	Материал режущей части	ГОСТ на материал режущей части	V,L, H	ГОСТ на инструмент	Обозначение инструмента	Присоединительный размер
17 Фрезерный	200	ВК6	ГОСТ 3882-74	63	ГОСТ 26595-85	2214-0556	Диаметр 50 под оправку с торцевой шпонкой
18 Расточной	20	ВК6	ГОСТ 3882-74	125	ГОСТ 25987-83	2145-0649	Диаметр 25
	20	ВК3М	ГОСТ 3882-74	125	ГОСТ 25987-83	2145-0649	Диаметр 25
19 Сверлильный	10,2	P6M5	ГОСТ 19265-73	168	ГОСТ 10903-77	2301-0030	KM1
20 Зенкование	16	P6M5	ГОСТ 19265-73	97	ГОСТ 14953-80	2353-0121	KM1
21 Резьбонарезание	12	P6M5	ГОСТ 19265-73	89	ГОСТ 3266-81	2621-1513	M12
22 Фрезерный	160	ВК6	ГОСТ 3882-74	63	ГОСТ 26595-85	2214-0549	Диаметр 50 под оправку с торцевой шпонкой
	160	ВК3М	ГОСТ 3882-74	63	ГОСТ 26595-85	2214-0549	Диаметр 50 под оправку с торцевой шпонкой
23 Расточной	20	ВК6	ГОСТ 3882-74	125	ГОСТ 25987-83	2145-0649	Диаметр 25
	20	ВК3М	ГОСТ 3882-74	125	ГОСТ 25987-83	2145-0649	Диаметр 25
24 Сверлильный	10,2	P6M5	ГОСТ 19265-73	168	ГОСТ 10903-77	2301-0030	KM1
25 Зенкование	16	P6M5	ГОСТ 19265-73	97	ГОСТ 14953-80	2353-0121	KM1
26 Резьбонарезание	12	P6M5	ГОСТ 19265-73	89	ГОСТ 3266-81	2621-1513	M12
27 Сверлильный	15,4	P6M5	ГОСТ 19265-73	218	ГОСТ 10903-77	2301-0052	KM2

Продолжение таблицы 4

Переход	Диаметр D	Материал режущей части	ГОСТ на материал режущей части	V,L, H	ГОСТ на инструмент	Обозначение инструмента	Присоединительный размер
28 Зенкерование	15,75	P6M5	ГОСТ 19265-73	218	ГОСТ 12489-71	2320-2571	KM2
29 Развёртывание	16	P6M5	ГОСТ 19265-73	268	ГОСТ 1672-80	2363-3449	KM2
30 Зенкование	20	P6M5	ГОСТ 19265-73	120	ГОСТ 14953-80	2353-0122	KM2
31 Цекование обратное	40	P6M5	ГОСТ 19265-73	35	-	-	KM2

2.11 Выбор оснастки

Кроме инструмента, необходима оснастка, позволяющая этот инструмент закрепить в шпиндель станка. Шпиндель станка имеет внутренний конус Морзе KM5. Здесь проанализировано множество ГОСТов и выбраны нужные оправки, втулки и переходники. Результат представлен в виде таблицы 5.

Таблица 5 –Технологическая оснастка по переходам

Переход	Применяемая оснастка	Обозначение оснастки	ГОСТ оснастки
1 Фрезерный	Оправка диаметром 50 мм с торцевой шпонкой – KM4	6220-0221	ГОСТ 13041-83
	Втулка переходная KM4-KM5	6100-0147	ГОСТ 13598-85
2 Сверлильный	Втулка переходная KM2-KM5	6100-0223	ГОСТ 13598-85
3 Цекование обратное	Втулка переходная KM2-KM5	6100-0223	ГОСТ 13598-85

Продолжение таблицы 5

Переход	Применяемая оснастка	Обозначение оснастки	ГОСТ оснастки
4 Фрезерный	Оправка диаметром 50 мм с торцевой шпонкой – КМ4	6220-0221	ГОСТ 13041-83
	Втулка переходная КМ4-КМ5	6100-0147	ГОСТ 13598-85
5 Зенкерование	Втулка переходная КМ4-КМ5	6100-0147	ГОСТ 13598-85
6 Развёртывание	Оправка коническая для насадных развёрток и зенкеров диаметром 22 – КМ4	6230-0345	ГОСТ 13044-85
	Втулка переходная КМ4-КМ5	6100-0147	ГОСТ 13598-85
7 Зенкование	Втулка переходная КМ4-КМ5	6100-0147	ГОСТ 13598-85
8 Сверлильный	Втулка переходная удлинённая КМ3-КМ5	6100-0327	ГОСТ 13598-85
9 Зенкерование	Втулка переходная удлинённая КМ3-КМ5	6100-0327	ГОСТ 13598-85
10 Развёртывание	Втулка переходная удлинённая КМ3-КМ5	6100-0327	ГОСТ 13598-85
11 Зенкование	Втулка переходная КМ3-КМ5	6100-0146	ГОСТ 13598-85
12 Фрезерный	Оправка диаметром 50 мм с торцевой шпонкой – КМ4	6220-0221	ГОСТ 13041-83
	Втулка переходная КМ4-КМ5	6100-0147	ГОСТ 13598-85
13 Расточной	Оправка расточная консольная с креплением резца 90° - КМ5	6300-0524	ГОСТ 21221-75
14 Сверлильный	Втулка переходная КМ1-КМ5	6100-0222	ГОСТ 13598-85
15 Зенкование	Втулка переходная КМ1-КМ5	6100-0222	ГОСТ 13598-85
16 Резьбонарезание	Патрон М5-М12 КМ2	-	ГОСТ 8255-86
	Втулка переходная КМ2-КМ5	6100-0223	ГОСТ 13598-85
17 Фрезерный	Оправка диаметром 50 мм с торцевой шпонкой – КМ4	6220-0221	ГОСТ 13041-83
	Втулка переходная КМ4-КМ5	6100-0147	ГОСТ 13598-85
18 Расточной	Головка расточная КМ5	6310-0022	ГОСТ 22393-77

Продолжение таблицы 5

Переход	Применяемая оснастка	Обозначение оснастки	ГОСТ оснастки
19 Сверлильный	Втулка переходная КМ1-КМ5	6100-0222	ГОСТ 13598-85
20 Зенкование	Втулка переходная КМ1-КМ5	6100-0222	ГОСТ 13598-85
21 Резьбонарезание	Патрон М5-М12 КМ2	-	ГОСТ 8255-86
	Втулка переходная КМ2-КМ5	6100-0223	ГОСТ 13598-85
22 Фрезерный	Оправка диаметром 50 мм с торцевой шпонкой – КМ4	6220-0221	ГОСТ 13041-83
	Втулка переходная КМ4-КМ5	6100-0147	ГОСТ 13598-85
23 Расточной	Головка расточная КМ5	6310-0022	ГОСТ 22393-77
24 Сверлильный	Втулка переходная КМ1-КМ5	6100-0222	ГОСТ 13598-85
25 Зенкование	Втулка переходная КМ1-КМ5	6100-0222	ГОСТ 13598-85
26 Резьбонарезание	Патрон М5-М12 КМ2	-	ГОСТ 8255-86
	Втулка переходная КМ2-КМ5	6100-0223	ГОСТ 13598-85
27 Сверлильный	Втулка переходная КМ2-КМ5	6100-0223	ГОСТ 13598-85
28 Зенкерование	Втулка переходная КМ2-КМ5	6100-0223	ГОСТ 13598-85
29 Развёртывание	Втулка переходная КМ2-КМ5	6100-0223	ГОСТ 13598-85
30 Зенкование	Втулка переходная КМ2-КМ5	6100-0223	ГОСТ 13598-85
31 Цекование обратное	Втулка переходная КМ2-КМ5	6100-0223	ГОСТ 13598-85

2.12 Выбор измерительного инструмента

Помимо оснастки, необходим измерительный инструмент для контроля результатов переходов. Учитывая характеристики мелкосерийного производства, предпочтительно использование универсального измерительного инструмента, прибегая к помощи специализированного и специального только в крайних случаях. Результат также оформим в виде таблицы 6.

Таблица 6 –Измерительный инструмент по переходам

Переход	Измерительный инструмент	ГОСТ инструмента
1 Фрезерный	Штангенциркуль ШЦ-II-630-0,05	ГОСТ 166-89
2 Сверлильный	Штангенциркуль ШЦ-I-150-0,05	ГОСТ 166-89
3 Цекование обратное	Штангенциркуль ШЦ-I-150-0,05	ГОСТ 166-89
4 Фрезерный	Штангенциркуль ШЦ-II-630-0,05	ГОСТ 166-89
5 Зенкерование	Штангенциркуль ШЦ-I-150-0,05	ГОСТ 166-89
6 Развёртывание	Нутромер НМ125	ГОСТ 10-88
7 Зенкование	Штангенциркуль ШЦ-I-150-0,05	ГОСТ 166-89
8 Сверлильный	Штангенциркуль ШЦ-I-150-0,05	ГОСТ 166-89
9 Зенкерование	Штангенциркуль ШЦ-I-150-0,05	ГОСТ 166-89
10 Развёртывание	Нутромер НИ 18-50-1	ГОСТ 868-82
	Микрометр МК 25-50-1	ГОСТ 6507-90
11 Зенкование	Штангенциркуль ШЦ-I-150-0,05	ГОСТ 166-89
12 Фрезерный	Штангенциркуль ШЦ-II -250-0,05	ГОСТ 166-89
13 Расточной	Нутромер НМ125-1	ГОСТ 10-88
14 Сверлильный	Штангенциркуль ШЦ-I-150-0,05	ГОСТ 166-89
15 Зенкование	Штангенциркуль ШЦ-I-150-0,05	ГОСТ 166-89
16 Резьбонарезание	Штангенциркуль ШЦ-I-150-0,05	ГОСТ 166-89
17 Фрезерный	Штангенглубиномер ШГ-400-0,05	ГОСТ 162-90
	Линейка поверочная ШД-1-630	ГОСТ 8026-92
	Линейка поверочная ШП-1-400	ГОСТ 8026-92
18 Расточной	Нутромер НМ 500-1	ГОСТ 10-88
19 Сверлильный	Штангенциркуль ШЦ-I-150-0,05	ГОСТ 166-89
20 Зенкование	Штангенциркуль ШЦ-I-150-0,05	ГОСТ 166-89
21 Резьбонарезание	Штангенциркуль ШЦ-I-150-0,05	ГОСТ 166-89

Продолжение таблицы 6

Переход	Измерительный инструмент	ГОСТ инструмента
22 Фрезерный	Штангенглубиномер ШГ-400-0,05	ГОСТ 162-90
	Линейка поверочная ШД-1-630	ГОСТ 8026-92
	Линейка поверочная ШП-1-400	ГОСТ 8026-92
23 Расточной	Нутромер НМ 325-1	ГОСТ 10-88
24 Сверлильный	Штангенциркуль ШЦ-I-150-0,05	ГОСТ 166-89
25 Зенкование	Штангенциркуль ШЦ-I-150-0,05	ГОСТ 166-89
26 Резьбонарезание	Штангенциркуль ШЦ-I-150-0,05	ГОСТ 166-89
27 Сверлильный	Штангенциркуль ШЦ-I-150-0,05	ГОСТ 166-89
28 Зенкерование	Штангенциркуль ШЦ-I-150-0,05	ГОСТ 166-89
29 Развёртывание	Нутромер НИ 10-18-1	ГОСТ 868-82
	Микрометр МК 0-25-1	ГОСТ 6507-90
30 Зенкование	Штангенциркуль ШЦ-I-150-0,05	ГОСТ 166-89
31 Цекование обратное	Штангенглубиномер ШГ-125-0,05	ГОСТ 162-90
	Линейка поверочная ШП-1-400	ГОСТ 8026-92

2.13 Общий список технологического оснащения

Здесь представлен общий список необходимого технологического оснащения. Итого, для реализации технологического процесса потребуется следующее оснащение:

- Станок горизонтально-расточной 2М615;
- Опора 7034-0373 ГОСТ 13442-68 3шт.
- Опора 7034-0361 ГОСТ 13442-68 3шт.
- Планка прижимная;
- Основание;
- Упор;
- Упор двойной;
- Болт 7002-2611 ГОСТ 13152-67 7шт.
- Болт 7002-2376 ГОСТ 12459-67 1шт.
- Шпилька М24-6gx360 ГОСТ 22042-76;

- Шайба 24 ГОСТ 22355-77 9 шт.
- Гайка М24-6Н ГОСТ 15521-70 7 шт.
- Гайка М24-6Н ГОСТ 15525-70 2шт.
- Втулка 1032-2573-20-7 ГОСТ 13120-83
- Фреза 2214-0549 ГОСТ 26595-85 2 шт.
- Фреза 2214-0556 ГОСТ 26595-85 2 шт.
- Сверло 2301-0061 ГОСТ 10903-77;
- Сверло 2301-0204 ГОСТ 10903-77;
- Сверло 2301-0030 ГОСТ 10903-77;
- Сверло 6100-0223 ГОСТ 10903-77;
- Цековка обратная диаметр 30 мм;
- Цековка обратная диаметр 40мм;
- Зенкер 2320-2628 h8 ГОСТ 12489-71;
- Зенкер 2320-2593 h8 ГОСТ 12489-71;
- Зенкер 2320-2571 h8 ГОСТ 12489-71;
- Зенковка 2353-0127 ГОСТ 14953-80;
- Зенковка 2353-0125 ГОСТ 14953-80;
- Зенковка 2353-0121 ГОСТ 14953-80;
- Зенковка 2353-0122 ГОСТ 14953-80;
- Развёртка 2363-0706 Е9 ГОСТ 1672-80;
- Развёртка 2363-3473 Е9 ГОСТ 1672-80;
- Развёртка 2363-3449 Е9 ГОСТ 1672-80;
- Резец 2101-0012 ВК6КСК15В ГОСТ 18879-73;
- Резец 2101-0012 ВК3МКСК15В ГОСТ 18879-73;
- Резец 2145-0649 ВК6КСК15В ГОСТ 25987-83;
- Резец 2145-0649 ВК3МКСК15В ГОСТ 25987-83;
- Метчик 2621-1513 ГОСТ 3266-81;
- Оправка 6220-0221 ГОСТ 13041-83;
- Оправка 6230-0345 ГОСТ 13044-85;
- Оправка 6300-0524 ГОСТ 21221-75;

- Головка 6310-0022 ГОСТ 22393-77;
- Патрон М5-М12-2 ГОСТ 8255-86;
- Втулка 6100-0222 ГОСТ 13598-85;
- Втулка 6100-0223 ГОСТ 13598-85;
- Втулка 6100-0327 ГОСТ 13598-85;
- Втулка 6100-0146 ГОСТ 13598-85;
- Втулка 6100-0147 ГОСТ 13598-85;
- Штангенциркуль ШЦ-I-150-0,05 ГОСТ 166-89;
- Штангенциркуль ШЦ-II-250-0,05 ГОСТ 166-89;
- Штангенциркуль ШЦ-II -630-0,05 ГОСТ 166-89;
- Нутромер НМ125-1 ГОСТ 10-88;
- Нутромер НМ 325-1 ГОСТ 10-88;
- Нутромер НМ 500-1 ГОСТ 10-88;
- Микрометр МК 0-25-1 ГОСТ 6507-90;
- Микрометр МК 25-50-1 ГОСТ 6507-90;
- Нутромер НИ 10-18-1 ГОСТ 868-82;
- Нутромер НИ 18-50-1 ГОСТ 868-82;
- Штангенглубиномер ШГ-125-0,05 ГОСТ 162-90;
- Штангенглубиномер ШГ-400-0,05 ГОСТ 162-90;
- Линейка ШП-1-400 ГОСТ 8026-90;
- Линейка ШД-1-630 ГОСТ 8026-92;
- Пластина для фрезы диаметром 160 ВК6КСК15В 10 шт;
- Пластина для фрезы диаметром 160 ВК3М КСК15В10 шт;
- Пластина для фрезы диаметром 200 ВК6 КСК15В12 шт;
- Пластина для фрезы диаметром 200 ВК3М КСК15В12 шт;
- Пылесос промышленный;
- Приспособление для контроля concentricity отверстий.

2.14 Расчёт припусков и операционных размеров

Поскольку погрешность установки по плану обработки отсутствует (измерительная и установочная базы совпадают), для поиска минимального припуска можно использовать формулу (5):

$$z_{\min}^i = a^{i-1} + \Delta^{i-1}, \quad (5)$$

где a – сумма шероховатости поверхности и глубины дефектного слоя;

Δ – погрешность формы поверхности;

i – принадлежность к текущему переходу;

$i-1$ – принадлежность к предыдущему переходу.

Для поиска максимального припуска используется формула (6):

$$z_{\max}^i = z_{\min}^i - TD^i + TD^{i-1} \quad (6)$$

Для поиска минимального диаметра на предыдущей операции будет использована формула (7):

$$D_{\min}^{i-1} = D_{\max}^{i-1} - TD^{i-1} \quad (7)$$

Для поиска максимального диаметра на предыдущей операции будет использована формула (8):

$$D_{\max}^{i-1} = D_{\max}^i - z_{\min}^i \quad (8)$$

В сверлильных переходах, так же, как и при зенкеровке и развёртке, в условиях мелкосерийного производства нет возможности задать произвольный диаметр инструмента. Соответственно, необходимо выбирать инструмент из ГОСТ 10903-77, ГОСТ 12489-71 и ГОСТ 1672-80. Поскольку свёрла, зенкеры и развёртки позволяют получать отверстия с допуском «Н»

относительно своего действительного диаметра[16], минимальный диаметр отверстия будет равен номинальному диаметру инструмента, максимальный – сумме номинального диаметра инструмента и допуска перехода [14]. Результаты вычислений оформлены в виде таблиц с 7 по 11.

Таблица 7 – припуски и операционные размеры для поверхности №2

№ перехода, наименование	Точность		Составляющие припуска, мкм		Припуск z, мм			Предельные размеры, мм		
	Квалитет	TD, мм	a	Δ	z _{min}	z _{max}	z _{cp}	D _{min}	D _{max}	D _{cp}
0, Заготовительный	-	2,400	200	-	-	-	-	196,500	198,700	197,600
23, Расточной предварительный	11	0,290	100	20	1,262	3,452	2,357	199,662	199,952	199,807
23, Расточной чистой	8	0,072	-	-	0,120	0,338	0,229	200,000	200,072	400,036

Таблица 8 – Припуски и операционные размеры для поверхности №4

№ перехода, наименование	Точность		Составляющие припуска, мкм		Припуск z, мм			Предельные размеры, мм		
	Квалитет	TD, мм	a	Δ	z _{min}	z _{max}	z _{cp}	D _{min}	D _{max}	D _{cp}
0, Заготовительный	-	2,400	200	-	-	-	-	396,000	398,400	397,200

Продолжение таблицы 8

№ перехода, наименование	Точность		Составляющие припуска, мкм		Припуск z, мм			Предельные размеры, мм		
	Квалитет	TD, мм	a	Δ	z _{min}	z _{max}	z _{cp}	D _{min}	D _{max}	D _{cp}
13, Расточной предварительный	11	0,36 0	100	20	1,20 9	3,96 9	2,58 9	399,60 9	399,96 9	399,78 9
13, Расточной чистовой	8	0,08 9	-	-	0,12 0	0,39 1	0,25 5	400,00 0	400,08 9	400,04 5

Таблица 9 – Припуски и операционные размеры для поверхности №7

№ перехода, наименование	Точность		Составляющие припуска, мкм		Припуск z, мм			Предельные размеры, мм		
	Квалитет	TD, мм	a	Δ	z _{min}	z _{max}	z _{cp}	D _{min}	D _{max}	D _{cp}
27, Сверлильный	12	0,18 0	100	20	-	-	-	15,400	15,580	15,590
28, Зенкерование	10	0,07 0	70	8	0,17 0	0,43 0	0,30 0	15,750	15,830	15,790
29, Развёртывание	9	0,04 3	-	-	0,17 0	0,29 3	0,23 2	16,000	16,043	16,022

Таблица 10 – Припуски и операционные размеры для поверхности №10

№ перехода, наименование	Точность		Составляющие припуска, мкм		Припуск z, мм			Предельные размеры, мм		
	Квалитет	TD, мм	a	Δ	z _{min}	z _{max}	z _{cp}	D _{min}	D _{max}	D _{cp}
0, Заготовительный	-	1,60	200	-	-	-	-	47,60	49,200	48,400
5, Зенкерование	11	0,16	100	10	0,40 0	2,16 0	1,28 0	49,60	49,760	49,680
6, Развёртывание	9	0,62	-	-	0,29 0	0,51 2	0,40 1	50,05	50,112	50,081

Таблица 11 – Припуски и операционные размеры для поверхности №13

№ перехода, наименование	Точность		Составляющие припуска, мкм		Припуск z, мм			Предельные размеры, мм		
	Квалитет	TD, мм	a	Δ	z _{min}	z _{max}	z _{cp}	D _{min}	D _{max}	D _{cp}
8, Сверлильный	12	0,21 0	100	25	-	-	-	24,50	24,710	24,610
9, Зенкерование	10	0,08 4	70	8	0,12 0	0,28 4	0,20 2	24,70	24,784	24,742
10, Развёртывание	9	0,05 2	-	-	0,25 6	0,39 2	0,32 4	25,04	25,092	25,066

2.15 Расчёт режимов резания

2.15.1 Средняя толщина припуска на обработку

При черновом растачивании поверхности №4 равна 2,589 мм, максимальная – 3,969. Соответственно, этот слой можно и нужно удалить за один проход. Глубина резания в таком случае равна 1,3 мм.

2.15.2 Выбор подачи

Для черновой операции целесообразно выбирать максимально возможную подачу. Ограничивающими факторами при этом являются мощность станка и жёсткость системы СПИД. Предварительно выбирается усреднённое значение черновой подачи для глубины резания, равной 1,3 мм и державке с диаметром 30 мм. Наилучшим выбором будет 0,7 мм.

2.15.3 Стойкость инструмента

Период стойкости инструмента принят равным 120 минутам [2].

2.15.4 Скорость резания

Находится по эмпирической формуле (9):

$$V = \frac{C_v \times K_v}{T^m \times t^x \times S^y}, \quad (9)$$

где K_v – поправочный коэффициент, учитывающий особенности и условия резания;

C_v – коэффициент;

m – коэффициент, учитывающий влияние стойкости режущего инструмента;

x – коэффициент, учитывающий влияние глубины резания;

y – коэффициент, учитывающий влияние подачи.

Коэффициент K_v состоит из произведения коэффициентов [2, 15] и находится по формуле (10):

$$K_v = K_{mv} \times K_{pv} \times K_{iv}, \quad (10)$$

где K_{mv} – коэффициент влияния материала;

$K_{пв}$ – коэффициент состояния поверхности;

$K_{ив}$ – коэффициент применяемого инструмента.

Коэффициент материала для серого чугуна зависит от его твёрдости [2]. Находится он по формуле (11):

$$K_{mv} = \left(\frac{190}{HB}\right)^{nv}, \quad (11)$$

где HB – твёрдость материала по Бринелю;

nv – коэффициент.

Подставив твёрдость в формулу (11), можно найти коэффициент материала:

$$K_{mv} = \left(\frac{190}{220}\right)^{1,25} = 0,83 \quad (11)$$

Теперь может быть найден коэффициент условий резания по формуле (10):

$$K_v = 0,83 \times 0,8 \times 1 = 0,664 \quad (10)$$

Значения коэффициентов и показателей степени выписаны из нормативных таблиц и подставлены в формулу (9):

$$V = \frac{243 \times 0,664}{120^{0,2} \times 1,3^{0,15} \times 1,2^{0,4}} = 87 \text{ м/с} \quad (9)$$

2.15.5 Частота вращения шпинделя

Находится по формуле (12):

$$n = \frac{1000V}{\pi D}, \quad (12)$$

где D – диаметр растачивания, мм.

Подставив значения в формулу (12), можно найти частоту вращения:

$$n = \frac{1000 \times 87}{3,14 \times 400} = 70 \text{ мин}^{-1} \quad (12)$$

Аналогичным образом, пользуясь справочниками [7, 19] и формулами, рассчитаем режимы резания для всех остальных переходов. Полученный результат запишем в таблицу 12. Расчётную частоту вращения необходимо округлить до ближайшего значения из паспорта станка $n_{\text{корр}}$ так, как в нём конструктивно предусмотрено ступенчатое регулирование скорости вращения шпинделя.

Таблица 12 – режимы резания по переходам

Переход	t, мм	S, S _z	T	V, м/мин	n	n _{корр}	B, L мм	D, мм
1 Фрезерный	1,80	0,24	180	94,0	187	200	90	160,0
2 Сверлильный	9,00	0,60	60	18,5	328	315	46	18,0
3 Цекование обратное	6,00	0,80	75	17,5	140	125	1,8	30,0
4 Фрезерный	1,40	0,24	180	150,0	318	315	80	160,0
	0,20	0,07	180	207,0	412	400	80	160,0
5 Зенкерование	0,80	1,20	140	26,0	166	160	162	50,0
6 Развёртывание	0,14	3,00	140	4,7	30	31,5	162	50,0
7 Зенкование	1,00	1,00	140	28	170	160	1	52,0
8 Сверлильный	12,25	0,30	75	26,4	343	315	16	24,5
9 Зенкерование	0,10	0,80	75	34,0	433	400	16	25,0
10 Развёртывание	0,16	2,00	75	6,1	78	80	16	25,0
11 Зенкование	1,60	0,80	75	27,0	307	315	1,6	28,0
12 Фрезерный	1,20	0,24	240	113,0	180	160	160	200,0

Продолжение таблицы 12

Переход	t, мм	S, S _z	T	V, м/мин	n	пкорр	B,L мм	D, мм
13 Расточной	1,00	0,18	120	131,0	350	315	21	120,0
	0,20	0,13	120	242,0	642	630	21	120,0
14 Сверлильный	5,10	0,40	60	18,9	590	630	21	10,2
15 Зенкование	1,00	0,60	60	26,0	690	630	1	12,0
16 Резьбонарезание	0,90	1,75	60	1,0	27	25	21	12,0
17 Фрезерный	1,00	0,24	240	131,0	209	200	170	200,0
	0,20	0,05	240	191,0	304	315	170	200,0
18 Расточной	1,20	0,70	120	87,0	70	63	21	400,0
	0,20	0,13	120	282,0	224	200	21	400,0
19 Сверлильный	5,10	0,40	60	18,9	590	630	21	10,2
20 Зенкование	1,00	0,60	60	26,0	690	630	1	12,0
21 Резьбонарезание	0,90	1,75	60	1,0	27	25	21	12,0
22 Фрезерный	1,00	0,24	180	144,0	306	315	125	160,0
	0,20	0,05	180	213,0	424	400	125	160,0
23 Расточной	1,00	0,25	120	123,0	200	200	26	200,0
	0,20	0,13	120	276,0	352	315	26	250,0
24 Сверлильный	5,10	0,40	60	18,9	590	630	26	10,2
25 Зенкование	1,00	0,60	60	26,0	690	630	1	12,0
26 Резьбонарезание	0,90	1,75	60	1,0	27	25	26	12,0
27 Сверлильный	7,70	0,25	60	22,7	469	500	58	15,4
28 Зенкерование	0,15	0,60	60	34,0	677	630	58	16,0
29 Развёртывание	0,12	2,00	60	5,8	115	125	58	16,0
30 Зенкование	1,00	0,70	60	27,0	478	500	1	18,0
3 Цекование обратное	6,00	0,80	75	17,5	140	125	1,8	40,0

2.16 Силы резания

Расчёт усилий резания необходим для того, чтобы можно было рассчитать усилие прижима заготовки к базирующим элементам. Иными словами, обеспечить силовое замыкание для обеспечения определённости базирования при механической обработке, либо сделать вывод об отсутствии необходимости силового замыкания благодаря массе заготовки.

Расчёту подлежат самые нагруженные переходы, в которых усилия резания будут особенно сильно стремиться нарушить определённую базирование:

- 1, Фрезерный,
- 8, Сверлильный,
- 18, Расточной.

2.16.1 Фрезерование

При фрезеровании главная составляющая силы-окружная. Эта сила направлена касательно окружности фрезы на участке дуги, участвующей в резании. Эту силу при фрезеровании лучше направить вниз, чтобы основную её часть воспринимали базирующие элементы. Находится эта сила по эмпирической формуле (13):

$$P_z = \frac{10C_p t^x S_z^y B^u z}{D^q n^w} k_{mp}, \quad (13)$$

где C_p – коэффициент;

z – число зубьев фрезы;

u – коэффициент, учитывающий влияние ширины резания;

q – коэффициент, учитывающий влияние диаметра фрезы;

w – коэффициент, учитывающий влияние частоты вращения;

n – частота вращения фрезы, мин⁻¹.

Подставив значения в формулу (13), можно получить результат:

$$P_z = \frac{10 \cdot 54,5 \cdot 1,8^{0,9} \cdot 0,24^{0,74} \cdot 90 \cdot 10}{160 \cdot 187^0} 1,16 = 2099 \text{ Н.} \quad (13)$$

Итого, 214 кгс направлены вниз и немного в сторону от ног корпуса редуктора. Достаточно широко расставив точки опоры, можно полностью компенсировать её.

Следующая сила, образующаяся при фрезеровании – горизонтальная P_h , она будет стремиться сдвинуть заготовку в процессе фрезерования. При симметричном расположении фрезы она составляет 30-40% от окружной силы. Находится она по формуле (14):

$$P_h = 0,35 \times P_z = 735 \text{ Н.} \quad (14)$$

Итого, 750Н направлены против движения подачи (против движения стола).

Следующая сила, образующаяся при фрезеровании – осевая. Она стремится отжать заготовку от фрезы и она соосна оси её вращения. Эта сила составляет приблизительно половину окружной силы и может быть найдена по формуле (15):

$$P_x = 0,5 \times P_z = 1049,5 \text{ Н.} \quad (15)$$

Ещё 107 кгс стремятся опрокинуть заготовку, при этом усилие будет распределяться между устройствами базирования и устройством прижима.

2.16.2Сверление

При сверлении основными усилиями, действующими на заготовку, является крутящий момент и осевое усилие. Принимая во внимание размеры и массу заготовки, схему базирования и диаметр сверла, крутящим моментом можно пренебречь, а вот осевое усилие P_o нужно рассчитать по формуле (16), тем более, что по схеме базирования его будет воспринимать только сила трения заготовки и трёх штырей с насечёнными головками, либо дополнительное устройство силового замыкания.

$$P_o = 10 \times C_p D^q S^y K_p, \quad (16)$$

где K_p – коэффициент, зависящий от материала.

Коэффициент K_p находится по формуле (17):

$$K_p = \left(\frac{HB}{190}\right)^n = \left(\frac{220}{190}\right)^{0,6} = 1,09 \quad (17)$$

Теперь по формуле (16) можно найти осевое усилие P_o :

$$P_o = 10 \times 42,7 \times 25 \times 0,3^{0,8} \times 1,09 = 4441 \text{ Н.} \quad (16)$$

Итого 4530Н стремятся сдвинуть заготовку. Только силы трения либо дополнительное прижимное устройство удержат заготовку от смещения.

2.16.3 Растачивание

Схоже с точением, использовать можно те же формулы. Основной силой здесь является тангенциальная P_z , и в зависимости от положения резца она будет стремиться поднять заготовку, сдвинуть её и прижимать к базирующим элементам. Радиальная сила, как правило, меньше тангенциальной и так же направлена циклично в разные стороны. Осевая сила P_x только стремится сдвинуть заготовку. Все эти силы могут быть найдены формуле (18):

$$P_{z,y,x} = 10 \times C_p t^x S^y V^n K_p \quad (18)$$

Подобрав для каждой составляющей свои коэффициенты, находится каждую сила:

$$P_z = 10 * 92 \times 1,2 \times 0,7^{0,75} \times 87^0 \times 0,99 = 902 \text{ Н.} \quad (18)$$

$$P_y = 10 \times 54 \times 1,2^{0,9} \times 0,7^{0,75} \times 87^0 \times 0,87 = 424 \text{ Н.} \quad (18)$$

$$P_x = 10 \times 46 \times 1,2 \times 0,7 \times 87^0 \times 1,06 = 410 \text{ Н.} \quad (18)$$

Самое большое усилие предсказуемо составляет тангенциальная сила, составляющая 920Н.

2.16.4 Анализ усилий резания

При растачивании с одной стороны заготовки к ней прикладывается усилие, направленное вверх, в сторону и вниз при разных положениях резца. Собственной массы заготовки будет недостаточно для того, чтобы воспринимать усилие при движении резца вверх. Кроме того, сверление создаёт большое усилие, действующее на сдвиг заготовки. Ввиду этого, расчёт зажимного устройства следует производить исходя из усилия сдвига при сверлении и поднимающего заготовку усилия при растачивании.

2.17 Нормирование технологического процесса

Под нормированием времени подразумевают расчёт количества времени, необходимого для выполнения каждой операции (перехода). В условиях серийного производства нужно рассчитать штучное время $T_{шт}$ и штучно-калькуляционное время $T_{шк}$ [9].

Начинают со штучного времени. Оно состоит из основного, вспомогательного времени и времени на обслуживание рабочего места и отдых рабочего. Находится оно по формуле (19):

$$T_{шт} = T_o + T_v + T_{обсл} + T_{отд} , \quad (19)$$

где T_o – основное время;

T_v – вспомогательное время;

$T_{обсл}$ – время обслуживания;

$T_{отд}$ – время отдыха.

2.17.1 Основное время

Определяют его по формуле (20):

$$T_o = \frac{L}{S_M}, \quad (20)$$

где L –расчётная длина обрабатываемого участка в направлении движения подачи;

S_M – минутная подача.

Расчётную длину обрабатываемого участка находят, сложив длину обрабатываемой поверхности и длину врезания и выбега инструмента, по формуле (21):

$$L = l + l_1, \quad (21)$$

где l –длина обрабатываемой поверхности;

l_1 – длина врезания и перебега.

Минутная подача для точения и сверления рассчитывается следующей формулой (22):

$$S_M = S \times n \quad (22)$$

Для фрезерования применяют формулу (22а), учитывающую подачу на зуб фрезы и количество режущих пластин:

$$S_M = S_z \times Z \times n, \quad (22a)$$

где S_z – подача на один зуб фрезы;

Z –количество зубьев фрезы.

Рассчитано основное время на каждый переход и результат оформлен в виде таблицы 13. В случае, если за один переход обрабатывается несколько поверхностей, например, отверстия с резьбой, умножим длину обрабатываемой поверхности на количество этих поверхностей. Путём

суммирования времени всех переходов, найдено основное время, затрачиваемое на обработку одной детали.

Таблица 13 – Основное время по переходам

Переход	S, мм/об или S _z , мм/зуб	n _{контр} , мин ⁻¹	l, мм	l ₁ , мм	L, мм	S _м , мм/мин	T _о , мин
1 Фрезерный	0,24	200,0	532	100	632	480	1,32
2 Сверлильный	0,60	315,0	46	40	86	189	0,46
3 Цекование обратное	0,80	125,0	1	5	6	100	0,06
4 Фрезерный	0,24	315,0	70	60	130	756	0,17
	0,07	400,0	70	60	130	280	0,46
5 Зенкерование	1,20	160,0	160	20	180	192	0,94
6 Развёртывание	3,00	31,5	160	15	175	95	1,84
7 Зенкование	1,00	160,0	1	3	4	160	0,03
8 Сверлильный	0,30	315,0	16	20	36	95	0,38
9 Зенкерование	0,80	400,0	16	15	31	320	0,10
10 Развёртывание	2,00	80,0	16	15	31	160	0,20
11 Зенкование	0,80	315,0	1	3	4	95	0,04
12 Фрезерный	0,24	160,0	340	220	560	461	1,21
13 Расточной	0,18	315,0	42	10	52	57	0,92
	0,13	630,0	42	10	52	82	0,64
14 Сверлильный	0,40	630,0	336	112	448	252	1,78
15 Зенкование	0,60	630,0	16	48	64	378	0,17
16 Резьбонарезание	1,75	25,0	240	48	288	44	6,55
17 Фрезерный	0,24	200,0	1160	250	1410	576	2,45
	0,05	315,0	1160	250	1410	189	7,46
18 Расточной	0,70	63,0	21	5	26	44	0,59
	0,13	200,0	21	5	26	26	1,00
19 Сверлильный	0,40	630,0	504	168	672	252	2,67
20 Зенкование	0,60	630,0	24	72	96	378	0,25
21 Резьбонарезание	1,75	25,0	360	72	432	44	9,82
22 Фрезерный	0,24	315,0	400	150	550	756	0,73
	0,05	400,0	400	150	550	200	2,75
23 Расточной	0,25	200,0	26	5	31	50	0,62
	0,13	315,0	26	5	31	41	0,76
24 Сверлильный	0,40	630,0	416	112	528	252	2,10
25 Зенкование	0,60	630,0	16	48	64	378	0,17
26 Резьбонарезание	1,75	25,0	240	48	288	44	6,55
27 Сверлильный	0,25	500,0	58	10	68	125	0,54
28 Зенкерование	0,60	630,0	58	7	65	378	0,17

Продолжение таблицы 13

Переход	S, мм/об или S _z , мм/зуб	n _{корр} , мин ⁻¹	l, мм	l ₁ , мм	L, мм	S _M , мм/мин	T ₀ , мин
29 Развёртывание	2,00	125,0	58	7	65	250	0,26
30 Зенкование	0,70	500,0	1	3	4	350	0,01
31 Цекование обратное	0,80	160,0	2	5	7	128	0,05
Σ							56,22

2.17.2 Вспомогательное время

Требуется на вспомогательные действия, не являющиеся резанием. Определяют по нормативным таблицам [4]. В таблицу 14 выписано вспомогательное время на каждое действие, совершаемое рабочим в процессе выполнения механической обработки по переходам и суммировано. Таким образом находится вспомогательное время.

Таблица 14 – Вспомогательное время по переходам

Переход	Действие	Длительность, мин	T _в
1 Фрезерный	Установка заготовки	5	5,78
	Включение станка	0,01	
	Установка фрез	0,16	
	Подвод, отвод инструмента	0,36	
	Измерения	0,25	
2 Сверлильный	Установка сверла	0,06	1,28
	Подвод, отвод инструмента	0,72	
	Измерения	0,5	
3 Цекование обратное	Установка штока цековки	0,6	1,72
	Подвод, отвод инструмента	0,72	
	Установка цековки, снятие	0,64	
	Измерения	0,3	
4 Фрезерование	Поворот стола	0,3	1,6
	Установка фрез	0,08	
	Подвод, отвод инструмента	0,72	
	Измерения	0,5	
5 Зенкерование	Установка зенкера	0,18	0,43
	Подвод, отвод инструмента	0,09	
	Измерения	0,16	

Продолжение таблицы 14

6 Развёртывание	Установка оправки для развёртки	0,24	0,68
	Установка развёртки	0,06	
	Подвод, отвод инструмента	0,22	
	Измерения	0,18	
7 Зенкование	Установка зенковки	0,26	0,66
	Подвод, отвод инструмента	0,22	
	Измерения	0,18	
8 Сверлильный	Установка сверла	0,26	0,66
	Подвод, отвод инструмента	0,22	
	Измерения	0,18	
9 Зенкерование	Установка зенкера	0,26	0,66
	Подвод, отвод инструмента	0,22	
	Измерения	0,18	
10 Развёртывание	Установка развёртки	0,26	0,73
	Подвод, отвод инструмента	0,22	
	Измерения	0,25	
11 Зенкование	Установка зенковки	0,26	0,66
	Подвод, отвод инструмента	0,22	
	Измерения	0,18	
12 Фрезерный	Поворот стола	0,3	1,39
	Установка фрезы	0,26	
	Подвод, отвод инструмента	0,43	
	Измерения	0,4	
13 Расточной	Установка расточной оправки	0,26	0,96
	Подвод, отвод инструмента	0,43	
	Измерения	0,27	
14 Сверлильный	Установка сверла	0,26	2,26
	Подвод, отвод инструмента	1,3	
	Измерения	0,7	
15 Зенкование	Установка зенковки	0,28	1,2
	Подвод, отвод инструмента	0,22	
	Измерения	0,7	
16 Резьбонарезание	Установка головки с метчиком	0,26	0,89
	Подвод, отвод инструмента	0,22	
	Измерения	0,41	
17 Фрезерный	Установка фрез	0,48	1,45
	Подвод, отвод инструмента	0,65	
	Измерения	0,32	
18 Расточной	Установка расточной головки	0,26	0,8
	Подвод, отвод инструмента	0,22	
	Измерения	0,32	
19 Сверлильный	Установка сверла	0,26	3,36
	Подвод, отвод инструмента	2,2	
	Измерения	0,9	

Продолжение таблицы 14

20 Зенкование	Установка зенковки	0,28	1,33
	Подвод, отвод инструмента	0,35	
	Измерения	0,7	
21 Резьбонарезание	Установка головки с метчиком	0,26	1,35
	Подвод, отвод инструмента	0,44	
	Измерения	0,65	
22 Фрезерный	Поворот стола	0,3	1,39
	Установка фрезы	0,26	
	Подвод, отвод инструмента	0,43	
	Измерения	0,4	
23 Расточной	Установка расточной оправки	0,26	0,96
	Подвод, отвод инструмента	0,43	
	Измерения	0,27	
24 Сверлильный	Установка сверла	0,26	2,26
	Подвод, отвод инструмента	1,3	
	Измерения	0,7	
25 Зенкование	Установка зенковки	0,28	1,2
	Подвод, отвод инструмента	0,22	
	Измерения	0,7	
26 Резьбонарезание	Установка головки с метчиком	0,26	0,89
	Подвод, отвод инструмента	0,22	
	Измерения	0,41	
27 Сверлильный	Установка сверла	0,26	0,69
	Подвод, отвод инструмента	0,28	
	Измерения	0,15	
28 Зенкерование	Установка зенкера	0,26	0,69
	Подвод, отвод инструмента	0,28	
	Измерения	0,15	
29 Развёртывание	Установка развёртки	0,26	0,84
	Подвод, отвод инструмента	0,28	
	Измерения	0,3	
30 Зенкование	Установка зенкера	0,26	0,69
	Подвод, отвод инструмента	0,28	
	Измерения	0,15	
31 Цекование обратное	Установка штока цековки	0,08	4,22
	Подвод, отвод инструмента	0,36	
	Установка цековки, снятие	0,32	
	Измерения	0,15	
	Поворот стола	0,3	
	Выключение станка	0,01	
	Снятие детали	3	
Σ			43,68

2.17.3 Время технического обслуживания и отдыха

В серийном производстве по отдельности не определяются, в нормативах даётся сумма этих двух составляющих в процентах от оперативного времени $T_{оп}$, которое находится по формуле (22).

$$T_{оп} = T_o + T_v = 56,22 + 40,68 = 99,9 \text{ мин.} \quad (22)$$

Теперь, зная оперативное время, можно найти время обслуживания и отдыха по формуле (23):

$$T_{обсл+отд} = \frac{T_{оп} \times P_{обсл+отд}}{100}, \quad (23)$$

где $P_{обсл+отд}$ – коэффициент времени обслуживания и отдыха.

Подставив этот коэффициент в формулу (23), можно получить:

$$T_{обсл+отд} = \frac{99,9 \times 8}{100} = 7,99 \text{ мин.} \quad (23)$$

2.17.4 Штучное время. Штучно-калькуляционное время

Рассчитав все нужные значения, можно найти штучное время по формуле (19):

$$T_{шт} = 56,22 + 43,68 + 7,99 = 107,89 \text{ мин.} \quad (19)$$

Штучно-калькуляционное время рассчитываем по формуле(24):

$$T_{шк} = \frac{T_{п-з}}{n} + T_{шт}, \quad (24)$$

где $T_{п-з}$ – время подготовительно-заключительное;

n – количество деталей в настроечной партии.

Подготовительно-заключительное время находится по формуле (25):

$$T_{п-з} = T_б + T_п + T_{скл} , \quad (25)$$

где $T_б$ – время, необходимое на снятие и установку базирующих устройств;

$T_п$ – время, необходимое на снятие и установку прижимных устройств;

$T_{скл}$ – время, необходимое на получение на складе приспособлений и их сдачу.

Подставив все значения в формулу (25), можно получить:

$$T_{п-з} = 20 + 3 + 15 = 38 \text{ мин.} \quad (25)$$

Найдя подготовительно-заключительное время, можно найти штучно-калькуляционное время по формуле (24):

$$T_{шк} = \frac{38}{100} + 107,89 = 108,27 \text{ мин.} \quad (24)$$

Таким образом, на механическую обработку всей годовой программы у станочника уйдёт 23 8-часовые смены. Если запускать годовую программу меньшими партиями, то мы получим увеличение штучно-калькуляционного времени за счёт периодической переналадки оборудования.

Выводы по разделу

В разделе был тщательно проработан технологический процесс изготовления детали. Были найдены оптимальные решения для обеспечения технологического процесса с учётом специфики мелкосерийного производства.

3 Проектирование специальных средств оснащения

3.1 Разработка базирующих приспособлений

Базирование заготовки согласно плану обработки происходит по трём плоскостям. Схема типична для базирования деталей, по форме схожими с прямоугольным параллелепипедом. Для базирования по плоскостям мы применим опорные штыри. Базирование по черновым базам производят с помощью опорных штырей с насечёнными и полукруглыми головками. Применение штырей насечёнными головками предпочтительнее, поскольку они дают значительно больший коэффициент трения.

Чтобы найти размеры штырей, нужно рассчитать усилия зажима. В данном случае, силы резания будут стремиться как поднять заготовку, так и сдвинуть её. Усилие зажима находится по формуле (26) и формуле (26).

Усилие противодействия силам, направленным вверх:

$$Q = k \times P_B = 2 \times 902 = 1804 \text{ Н.}, \quad (26)$$

где k —коэффициент запаса, учитывающий запас безопасности, износ режущего инструмента и т.д.;

P_B —самая большая сила, возникающая в процессе обработки, направленная вверх.

Усилие противодействия силам сдвига:

$$Q = \frac{k \times P_r}{f_1 + f_2} = \frac{2 \times 4441}{0,16 + 0,65} = 10965 \text{ Н.}, \quad (26)$$

где P_r — самое большое усилие сдвига, возникающее в процессе обработки;

f_1 — коэффициент трения между заготовкой и прижимным (зажимным) устройством;

f_2 —коэффициент трения между заготовкой и базирующими устройствами.

Как видно, сила, необходимая для противодействия сдвигам, определяет общее усилие зажима. Прибавив к этой силе 1296 Н от веса заготовки, можно получить 12261 Н, приложенных к трём штырям. В случае равномерного распределения нагрузки, сила на опорах составит 4087 Н на каждую опору. Проанализировав результаты вычислений, выберем нижние опоры с диаметром 16 мм, выдерживающие 10 кН каждая, и боковые опоры с диаметром 10 мм с допустимой нагрузкой 4 кН [3].

Зная схему базирования, размеры стола и диаметр опор, можно рассчитать базирующие приспособления. На рисунке 3 представлен общий вид базирующих приспособлений.

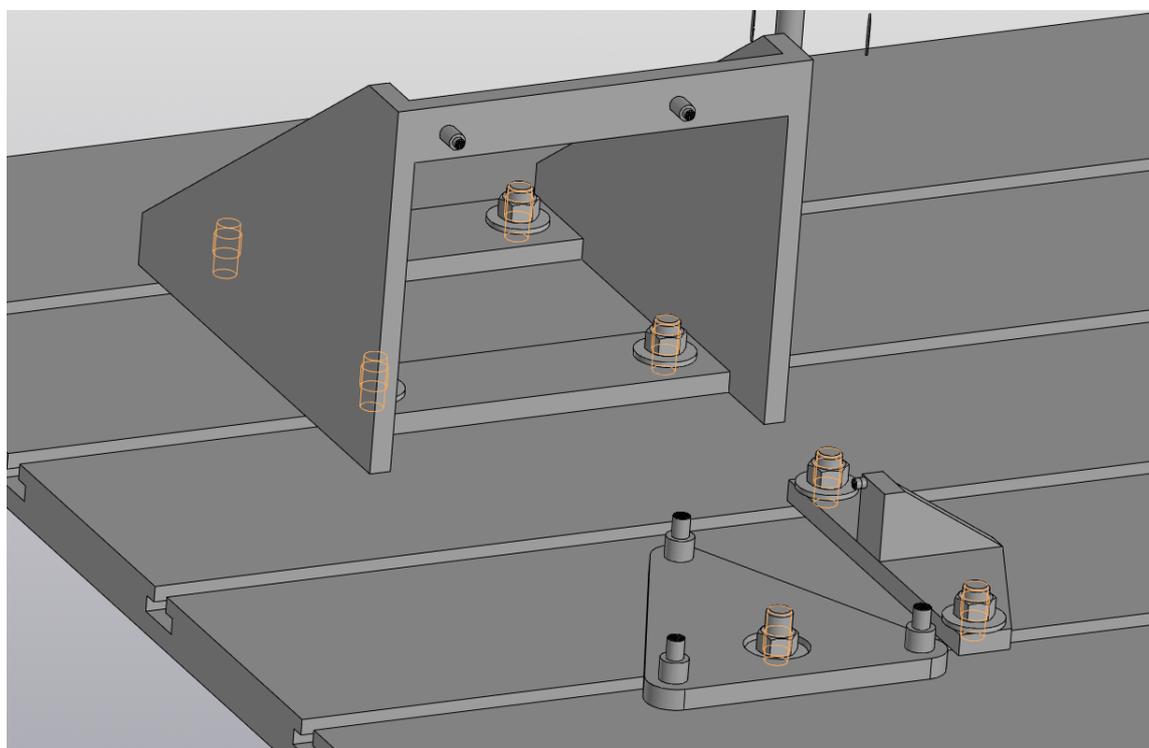


Рисунок 3 – Базирующие приспособления с опорами

3.2 Разработка прижимного приспособления

В качестве прижимного приспособления в таких случаях удобно использовать прижимную планку, точка приложения усилия – верхняя часть заготовки. Соответственно, здесь потребуется довольно большая Г-образная прижимная планка. Оптимальным размещением прижимной шпильки будет Т-образный паз, расположенный ближе всего к заготовке. На рисунке 4 можно увидеть исходные данные для расчёта диаметра резьбы прижимной шпильки. В данном случае прижимная планка будет являться рычагом, за середину которого мы будем прижимать заготовку. Соответственно, нам потребуется вдвое большее усилие на шпильке, чем расчётное усилие прижима.

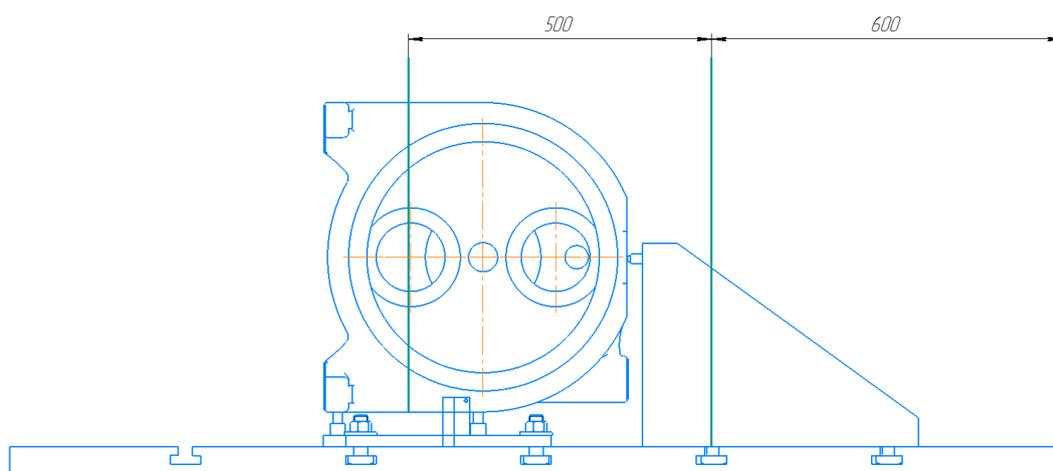


Рисунок 4 - Схема расчёта усилия на прижимной шпильке

Номинальный диаметр шпильки можно найти по формуле (28):

$$d = C \sqrt{\frac{Q}{\sigma}}, \quad (28)$$

где C – коэффициент для основной метрической резьбы;
 σ – допускаемые напряжения с учётом износа резьбы.

Подставим в формулу (28) значения:

$$d = 1,4 \sqrt{\frac{21930}{90}} = 21,85 \quad (28)$$

Диаметр резьбы необходимо округлить до ближайшего большего значения. Диаметр резьбы шпильки должен составлять 24 мм.

Далее необходимо рассчитать планку. На рисунке 5 показан расчёт планки на прочность в программе SolidWorks. Как видно, напряжения в ней под нагрузкой составляют около 150 МПа, что позволяет изготовить её из дешёвой и доступной стали, например, Ст. 3 или 20.

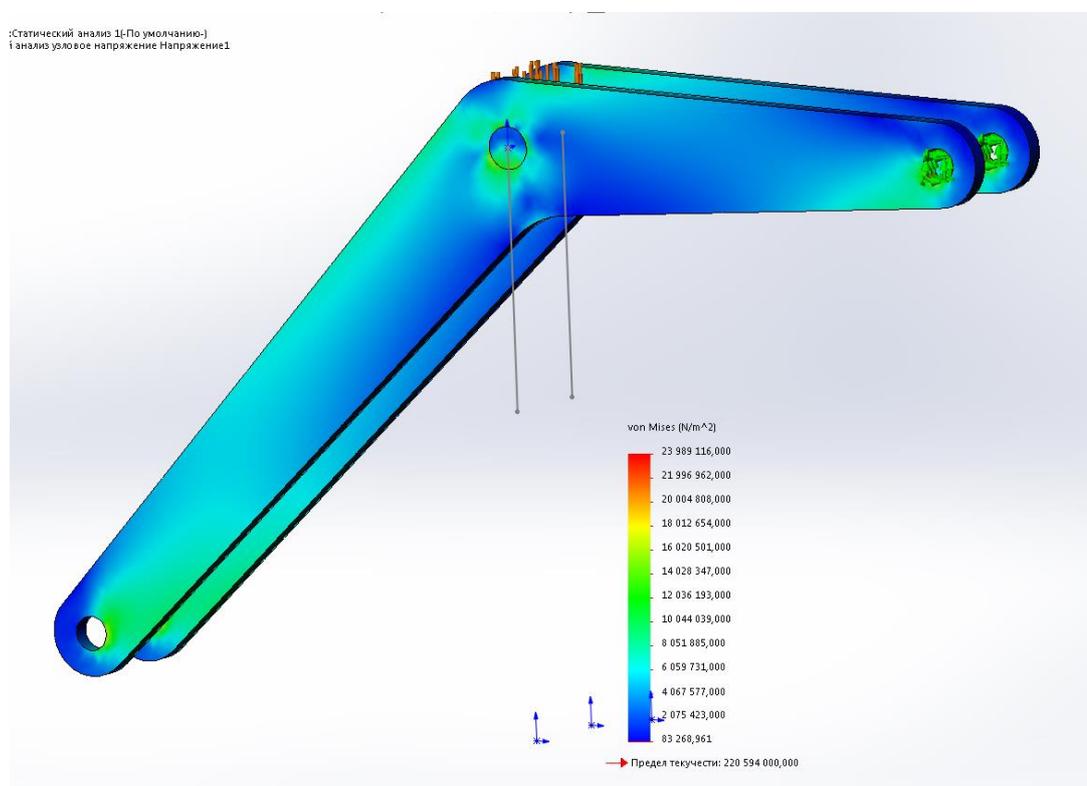


Рисунок 5 – Расчёт планки на прочность в программе SolidWorks

Располагать прижимную планку следует так, чтобы она не мешала обработке детали. Оптимальное место – в стороне от двойного прижима, слева или справа. На рисунке 6 показано её расположение. Ни шпилька, ни планка в таком положении не затрудняют механическую обработку, они находятся на достаточном отдалении от обрабатываемых поверхностей[12, 13].

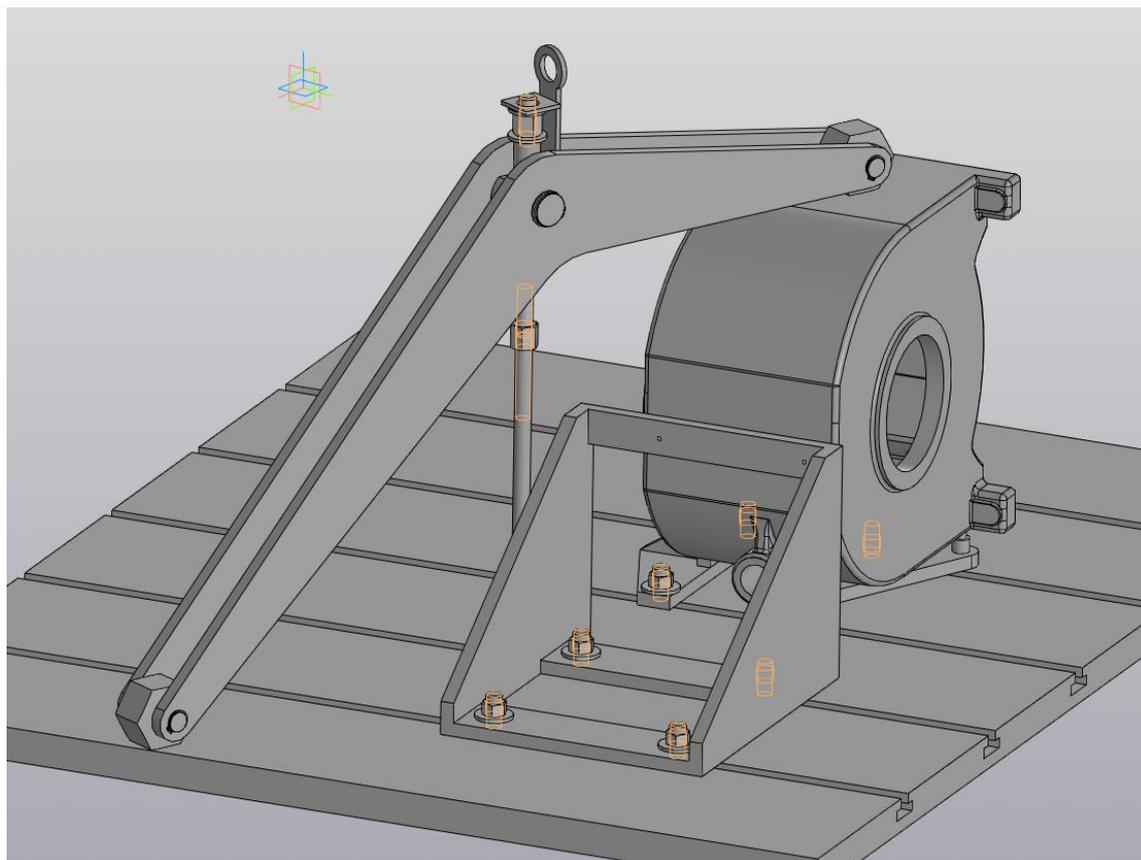


Рисунок 6 – Расположение прижимной планки, базирующих устройств и заготовки на столе

Масса прижимной планки в сборе составляет почти 62 килограмма. Конструктивно у неё может быть 2 варианта установки:

- 1) установка по месту вместе со сборкой,
- 2) установка в сборе.

Установку вместе со сборкой желательно производить с помощником. В таком случае сначала устанавливается прижимная шпилька вместе с прижимной осью, на неё устанавливаются 2 рычага по 25,7 кг каждый, шестигранные оси и всё закрепляется с помощью стопорных колец. При таком способе установки не требуется грузоподъемное оборудование, поскольку, согласно КЗОТ, мужчинам можно поднимать и переносить до 30 кг груза до двух раз в час. Соответственно, один рабочий может устанавливать и собирать одно такое приспособление в час без рисков для здоровья.

Установку в сборе можно проводить при помощи грузоподъемных устройств. Для этого конструкцией приспособления предусмотрено кольцо для строповки, изображённое на рисунке 7.

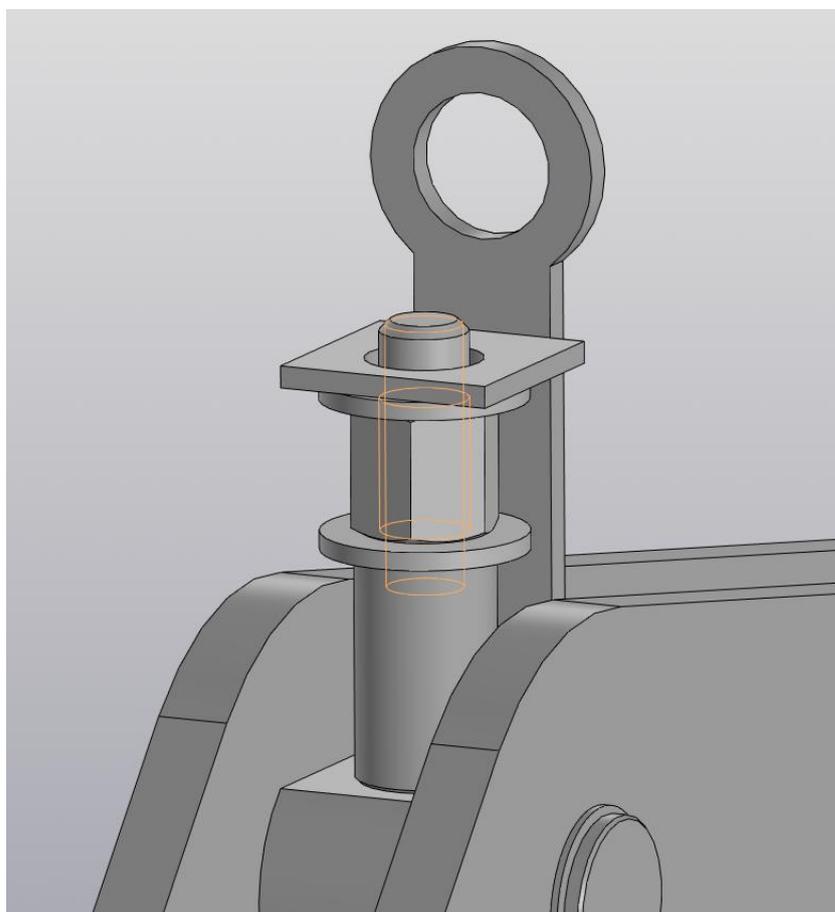


Рисунок 7 – Кольцо для строповки и отжимная пластина

Кроме этого, для обеспечения отжима планки от заготовки и значительного облегчения работ по снятию и установке заготовки, предусмотрена пластина отжима, так же изображённая на рисунке 7. При откручивании прижимной гайки она упирается в прижимную пластину и тянет прижимную ось планки вверх. Поскольку сторона планки, контактирующая со столом, тяжелее, будет происходить отрыв планки от заготовки. Далее можно беспрепятственно развернуть планку в сторону, где она не будет мешать строповке детали и её снятию. Боковая пластина при этом находится на удалении от гайки, благодаря чему не затруднит закручивание и откручивание гаечным ключом.

3.3 Разработка специального инструмента

Одной из тенденций в области обработки металлов резанием является разработка и применение покрытий. Основными характеристиками инструментального материала являются твёрдость, износостойкость, красностойкость, ударная вязкость, прочность и сопротивление усталости[20]. Однако, с ростом твёрдости и износостойкости в инструментальном материале снижаются ударная вязкость, прочность и сопротивление усталости[15]. Для увеличения поверхностной твёрдости и износостойкости при сохранении прочности и вязкости инструментального материала применяют покрытия на основе соединений титана, хрома и алюминия. К покрытиям инструментальных материалов применяют следующие требования:

- 1) Значительная твёрдость, превосходящая твёрдость инструментального материала,
- 2) Низкая адгезия с обрабатываемым материалом,
- 3) Минимальное диффузионное растворение в обрабатываемый материал.

В последнее время самыми совершенными считаются покрытия, состоящие из нескольких слоёв:

1) Слой, примыкающий к инструментальному материалу – обеспечивает прочную адгезионную (диффузионную) связь между инструментальным материалом и покрытием;

2) Промежуточный слой, обеспечивающий прочную адгезионную (диффузионную) связь между слоями и выполняющий функцию теплового барьера – уменьшает поток тепла в инструментальный материал;

3) Слой, контактирующий с обрабатываемым материалом – выполняет основную функцию и должен иметь максимально возможные эксплуатационные характеристики.

Одними из самых совершенных на сегодняшний день режущих пластин для обработки серого чугуна является линейка BeyondDrive KCK15 от Kennametal. Покрытие этих пластин специально разработано для обработки чугуна и включает в себя слои TiCN, Al₂O₃ и TiOCN. Такая «сэндвичевая» структура обеспечивает прибавку в стойкости от 30 до 125%, кроме того, позволяет отказаться от применения СОЖ не только при резании чугуна, но и стали.

Покрытие, контактирующее с обрабатываемым материалом – оксикарбонитрид титана – имеет бронзовый цвет и служит отличным индикатором износа покрытия и позволяет точно определить непригодность изношенной пластины.

Отказ от СОЖ в процессе обработки серого чугуна резанием – мировая тенденция и тому есть следующие причины:

- 1) Отменяются затраты на приобретение и утилизацию СОЖ;
- 2) Не наносится вред экологии, вызываемый утилизацией СОЖ;
- 3) Затруднённая уборка станка – чугунная пыль, смешиваясь с эмульсией, образует консистентную смесь и, если станок открытый, разбрызгивается по территории вокруг станка.

4) Рекомендуется устанавливать дополнительные фильтры для СОЖ, поскольку заводские решения плохо справляются с удалением чугунных частиц из эмульсии, что приводит к ускоренному выходу из строя насоса подачи СОЖ.

5) Благодаря своей структуре, содержащей графитные «хлопья», серый чугун не так сильно нуждается в применении СОЖ, как сталь или цветные сплавы. Графитные пластины в микроструктуре серого чугуна являются концентраторами напряжений, благодаря чему чугун скорее отваливается небольшими кусками по границам хлопьев графита, чем срезается режущим клином инструмента. В это же время высвобождающийся графит смазывает режущие кромки инструмента.

Недостатком резания чугуна «на сухую» является необходимость отсоса чугунной пыли из зоны резания при помощи промышленных пылесосов, в противном случае, производственные территории будут запылёнными, персонал должен будет носить респираторы и направляющие оборудования будут быстрее изнашиваться. Экономическим эффектом от применения «сухой» технологии обработки с применением специальных покрытий является значительное снижение затрат на СОЖ без ухудшения технологических возможностей производства. Затраты на инструмент при переходе на пластины с покрытием, как правило, не меняются: повышенная стойкость компенсирует повышение стоимости.

3.4 Контрольное приспособление

Потребность в специальном приспособлении возникает при контроле соосности поверхностей №2 и №4. Для контроля этих поверхностей необходимо разработать специальное приспособление, на рисунке 8 показан его общий вид.

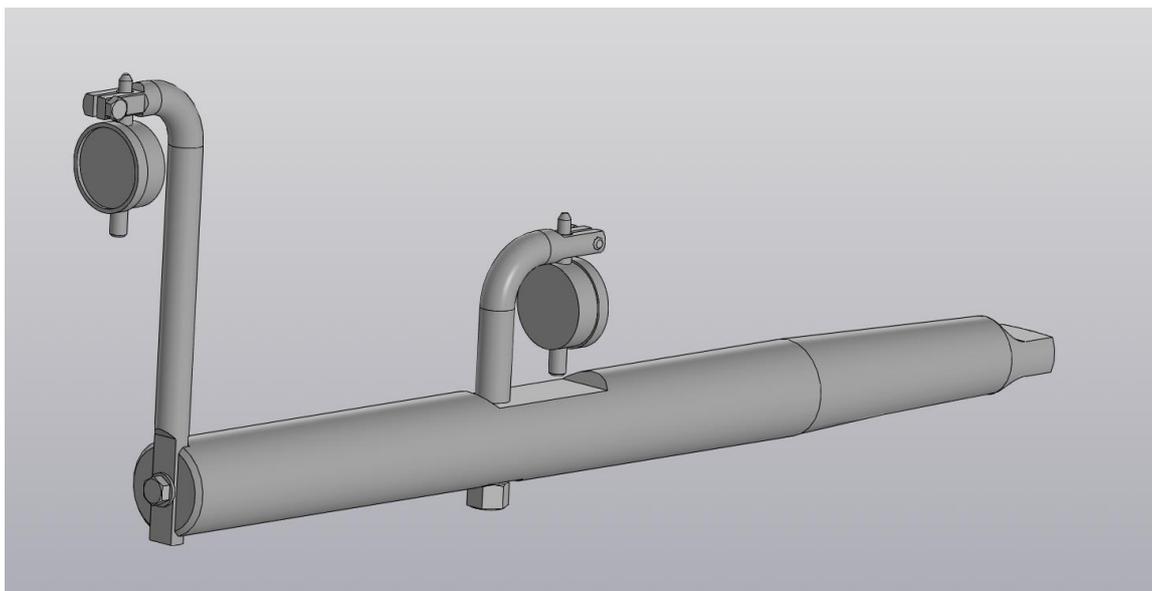


Рисунок 8 – общий вид контрольного приспособления

Порядок работы с применением этого приспособления следующий: нужно установить оправку с передней штангой и индикатором часового типа в шпиндель расточного станка (конец оправки представляет собой конус Морзе КМ-5) и пропустить свободный конец оправки в технологическое отверстие заготовки, что показано на рисунке 9.

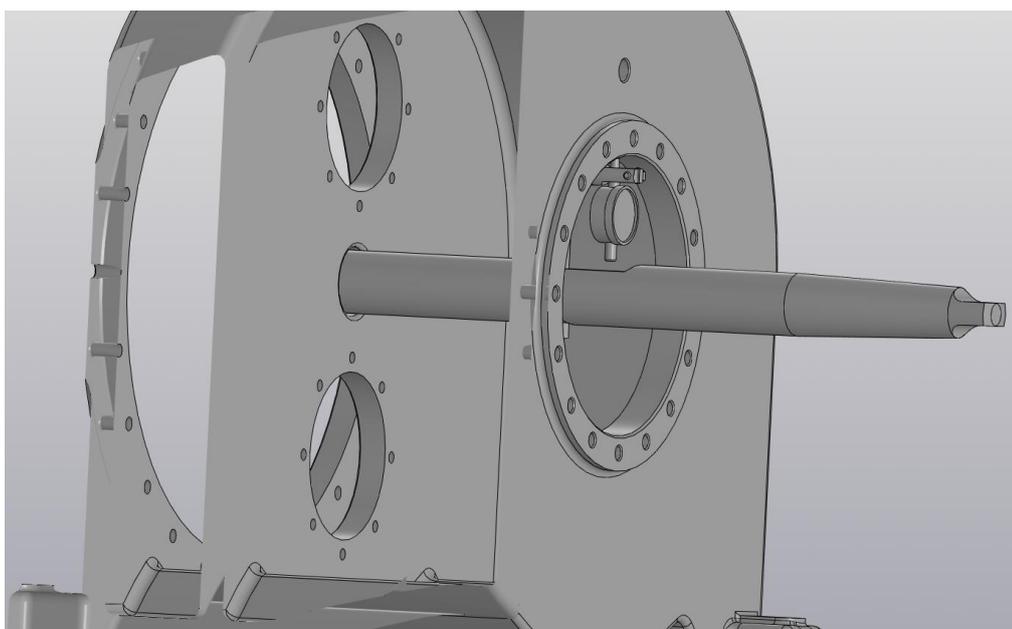


Рисунок 9 – Установка оправки

Далее следует совместить ось вращения шпинделя станка с осью переднего отверстия заготовки (поверхностью №2), обкатываясь индикатором по цилиндрической поверхности и корректируя положение заготовки и шпинделя. В это же время можно проконтролировать круглость отверстия.

Следующий этап проверки – закрепление задней штанги в сборе с индикатором часового типа на торце оправки, что показано на рисунке 10. После этого останётся только вращать шпиндель с оправкой и контролировать concentricity отверстий, которая будет отчётливо видна на циферблате индикатора. Одновременно с этим можно контролировать и отклонения от круглости заднего отверстия (поверхности №4). Таким образом, разработанное устройство позволяет контролировать одно отклонение расположения и два отклонения от формы.

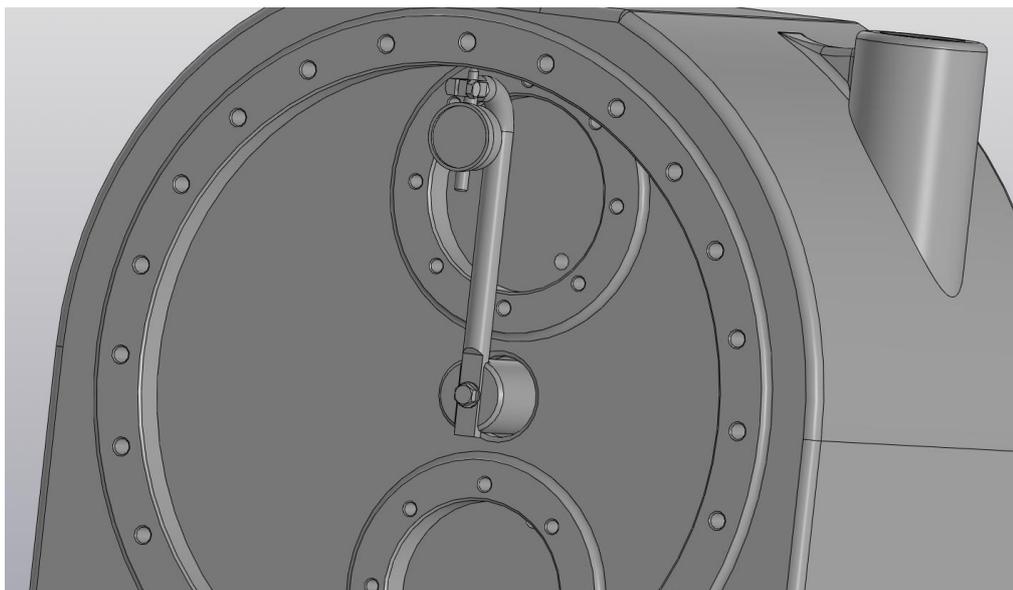


Рисунок 10 – Оправка с установленной задней штангой и индикатором

Выводы по разделу

В разделе были разработаны средства специального оснащения, позволяющие эффективно реализовать технологический процесс.

4 Безопасность и экологичность технического объекта

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

Сначала необходимо проанализировать технический объект. Результат комплексного анализа технического объекта оформлен в виде таблицы 15.

Таблица 15 – Паспорт технического объекта

Технологический процесс	Технологическая операция , вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества
Литьё по выплавляемым моделям	000 Заготовительная	Литейщик	Литейная установка для литья по выплавляемым моделям	Серый чугун СЧ18
Комплексная механическая обработка	005 Расточная	Расточник	Горизонтально-расточной станок 2М615	Серый чугун СЧ18

Таким образом, существует 2 направления работы: безопасность литейного производства и безопасность механической обработки.

4.2 Идентификация профессиональных рисков

Теперь необходимо классифицировать факторы, которые могут представлять опасность для жизни и здоровья рабочих. Результаты оформлены в виде таблицы 16.

Таблица 16 – Классификация вредных факторов

Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и /или вредный производственный фактор	Источник опасного и / или вредного производственного фактора
000 Заготовительная	Пыль, кремниевый песок	Литейные формы
	Литейные газы - ацетон, ацетилен, бензол, окись азота, окиси углерода, двуокись серы, уротропин, углекислый газ, фенол, формальдегид, хлор, этиловый спирт	Расплавленный металл, литейные формы
	Высокая температура	Расплавленный металл, литейные формы
	Пониженное содержание кислорода	Расплавленный металл, литейные формы
	Расплавленный металл, брызги	Расплавленный металл, литейные формы
005 Расточная	Разлетающаяся стружка и частицы режущего инструмента	Режущий инструмент
000 Заготовительная 005 Расточная	Цеховой транспорт	Грузоподъемные устройства и транспортные машины
	Подвижные элементы машин	Подвижные части оборудования
	Электрический ток	Электрооборудование
	Нагретые поверхности инструмента, заготовки	Заготовка
	Вибрация	Горизонтально-расточной станок, литейное оборудование
	Шум	Горизонтально-расточной станок, литейное оборудование

Таким образом, работники литейного цеха являются наиболее подверженными профессиональным рискам и требуют наиболее тщательного рассмотрения.

4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Теперь можно подобрать оптимальные методы нейтрализации вредных и опасных факторов. Результат оформлен в виде таблицы 17.

Таблица 17 – 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, обоснование	СИЗ работника с обоснованием
Литейные газы - ацетон, ацетилен, бензол, окись азота, окиси углерода, двуокись серы, уротропин, углекислый газ, фенол, формальдегид, хлор, этиловый спирт	Приточно-вытяжная вентиляция будет способствовать очищению цехового воздуха	Шланговые и автономные изолирующие костюмы будут изолировать работника от вредной среды; респираторы будут очищать воздух, поступающий в лёгкие работника
Пыль, кремниевый песок	Приточно-вытяжная вентиляция будет способствовать очищению цехового воздуха	Шланговые и автономные изолирующие костюмы будут изолировать работника от вредной среды; респираторы будут очищать воздух, поступающий в лёгкие работника
Высокая температура	Приточно-вытяжная вентиляция будет способствовать очищению цехового воздуха; Рациональная организация труда способствует снижению влияния температуры	Спецодежда для защиты от высоких температур будет защищать работника от высоких температур

Продолжение таблицы 17

Опасный и / или вредный производственный фактор	Организационно-технические методы и технические средства защиты, частичного снижения, полного устранения опасного и / или вредного производственного фактора	СИЗ работника
Пониженное содержание кислорода	Приточно-вытяжная вентиляция будет способствовать очищению цехового воздуха; Рациональная организация труда и отдыха способствует снижению влияния недостатка кислорода	-
Вибрация	Дистанционное управление оборудованием, работающим с вибрацией будет изолировать работника от вибрации; Применение вибродемпфирования, пассивной и активной виброизоляции будет поглощать вибрацию; Создание комплексных бригад со взаимозаменяемостью навыков будет способствовать смене работников, работающих с вибрацией; Гидро- и теплопроцедуры, массаж рук и производственная гимнастика будет способствовать снижению влияния вибрации	Специальная виброзащитная обувь, специальные виброзащитные перчатки будут изолировать работника от воздействия вибрации
Шум	Применение шумоизоляции, шумопоглощающих материалов будет способствовать поглощению шума;	Беруши будут способствовать изоляции слуховых органов работника от воздействия шума

Продолжение таблицы 17

Опасный и / или вредный производственный фактор	Организационно-технические методы и технические средства защиты, частичного снижения, полного устранения опасного и / или вредного производственного фактора	СИЗ работника
Расплавленный металл, брызги	Максимально возможное дистанцирование рабочих от расплавленного металла снизит риск попадания брызг на работника	Наголовные защитные щитки; Шерстяная или алюминизированная спецодежда защитит работника, если брызги попадут на него
Цеховой транспорт	Напольная разметка предупредит о возможной опасности; Размещение схем строповки на стенах помещений снизит риски, связанные с неправильной строповкой грузов	Ботинки с металлическим носком и каски защитят от падения небольших предметов
Подвижные элементы машин	Напольная разметка предупредит работника об опасности; Применение блокировок будут блокировать движение машин, если в опасной зоне находится человек; Установка защитных ограждений предупредит попадание людей в опасной зоне	-

Продолжение таблицы 17

Опасный и / или вредный производственный фактор	Организационно-технические методы и технические средства защиты, частичного снижения, полного устранения опасного и / или вредного производственного фактора	СИЗ работника
Разлетающаяся стружка и частицы режущего инструмента	Установка защитных экранов защитит работников от разлёта стружки; Установка ограждений от посторонних людей предупредит появление людей в зоне разлёта стружки	Защитные очки, защитные щитки защитят расточника от разлёта стружки
Нагретые поверхности инструмента, заготовки	-	Защитные перчатки, спецодежда защитят работника от высокой температуры

4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

4.4.1 Комплексный анализ угроз пожарной безопасности

Для того, чтобы противодействовать угрозам пожарной безопасности, нужно их тщательно проанализировать. Нужно знать, что представляет угрозу, а что – нет. Только после тщательного, всестороннего, комплексного анализа можно принимать решения о мерах принятия технологических или организационных мер противодействия. Результаты этого анализа оформлены в виде таблицы 18.

Таблица 18 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
Участок литья по выплавляемым моделям	Литейная установка для литья по выплавляемым моделям	Пожары, связанные с воспламенением и горением жидкостей или плавящихся твердых веществ и материалов (В)	Неисправность электропроводки; пламя и искры	Вынос (замыкание) высокого электрического напряжения на токопроводящие части технологических установок,
Участок механической обработки	Горизонтально-расточной станок 2М615	Пожары, связанные с воспламенением и горением жидкостей или плавящихся твердых веществ и материалов (В)	возгорание промасленной ветоши	оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества

Таким образом, основными источниками возможного пожара являются электропроводка и контейнер с ветошью на механическом участке.

4.4.2 Разработка комплекса мер для обеспечения пожарной безопасности

После комплексного анализа возможных причин возникновения пожара можно принимать меры к его предупреждению. Результат оформлен в виде таблицы 19.

Таблица 19 – Технические средства обеспечения пожарной безопасности

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки и системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Пожарные сигнализация, связь и оповещение.
Огнетушители углекислотные, порошковые либо пенные на пресной воде	Пожарная машина	Система автоматического пожаротушения пенная	Приборы контроля-приёмные пожарные	Пожарные стенды, пожарные шкафы, пожарные гидранты	Респираторы, противогазы, огнестойкие костюмы, самоспасатели	Лопаты, ломы	Автоматическая пожарная сигнализация

Поскольку имеется много электрооборудования, огнетушители следует выбирать не первые попавшиеся, а подходящие для тушения электрооборудования. Остальные решения типовые, широко применяющиеся для обеспечения пожарной безопасности.

4.4.3 Разработка мероприятий по обеспечению пожарной безопасности

Одних только технических средств обеспечения пожарной безопасности недостаточно. Столь же важную роль играют и организационные решения. Здесь представлены организационные решения, выработанные для обеспечения пожарной безопасности во время выполнения работ по изготовлению корпуса лобового двухпоточного вариатора. Результат приведён в таблице 20.

Таблица 20 – 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
Механическая обработка, расточной станок 2М615	Хранение ветоши в огнеупорных контейнерах; Использование автоматов в электрических цепях	Использование пожарной сигнализации и пожарных извещателей, противопожарные инструктажи в соответствии с графиком, обеспечение средствами пожаротушения, обеспечение безопасности проведения огневых работ

Огнеупорные контейнеры защитят окружение от возгорания содержащейся ветоши, а правильно подобранные автоматы отключат оборудование при первых признаках перегрузки или короткого замыкания. Пожарная сигнализация предупредит работников об опасности в случае пожара, а противопожарные инструктажи обеспечат информированность работников об опасностях и предотвратят панику в случае возгорания.

4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

4.5.1 Потенциальные угрозы экологии

Обеспечение экологической безопасности производство важно и актуально в современное время, поскольку экологическая обстановка с каждым годом становится хуже и хуже и со временем, если оставить всё, как есть, общество придёт к экологической катастрофе.

В этом пункте представлен список потенциальных угроз экологии и методы борьбы с ними. Он оформлен в виде таблицы 21.

Таблица 21 – Идентификация негативных экологических факторов технического объекта

Наименование технического объекта, производственно-технологического процесса	Структурные составляющие технического объекта, производственно-технологического процесса	Негативное экологическое воздействие технического объекта на атмосферу	Негативное экологическое воздействие технического объекта на гидросферу	Негативное экологическое воздействие технического объекта на литосферу
Участок литья по выплавляемым моделям	Литейная установка	Литейные газы; Пыль от литейных форм;	Сточные воды после очистки заготовок;	Отходы литья
Участок механической обработки	Горизонтально-расточной станок 2М615	Чугунная пыль	-	-

Таким образом, основной угрозой экологии является литейное производство, требующее особого рассмотрения. Что же касается механической обработки, то внедрение «сухой» технологии обработки весьма положительно сказывается на экологических характеристиках производства, поскольку отсутствует главная угроза экологии в механической обработке – утилизация СОЖ. Чугунная пыль при правильном обращении не вызывает проблем с экологией, поскольку она фильтруется и отправляется на переплавку вместе со стружкой. С отработанным маслом так же нет проблем: оно сдаётся на переработку, где из него сделают базовое моторное масло. Таким образом, сухая механическая обработка является весьма экологически чистым способом обработки заготовок.

4.5.2 Разработка мероприятий по снижению антропогенного воздействия на окружающую среду

Для снижения антропогенного воздействия были разработаны мероприятия, сводящие к минимуму влияние на окружающую среду. Мероприятия представлены в виде таблицы 22.

Таблица 22 – Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия заданного технического объекта на окружающую среду

Наименование технического объекта	Меры снижения антропогенного воздействия:
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Установка рекуператоров снизит температуру исходящего от литейной установки воздуха в зимнее время; Установка системы очистки газов очистят воздух после литья; Применение установок низкотемпературного окисления CO будут дожигать угарный газ, как это делают автомобильные катализаторы; Применение рукавных пылеуловителей снизит выброс вредной пыли в атмосферу
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу	Механические, физико-химические и биологические методы очистки сточных вод очистят сточные воды
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Плавка отходов будет способствовать переработке около 70% литейных отходов

На рисунке 11 показана схема разработанной комплексной очистки воздуха литейного цеха.

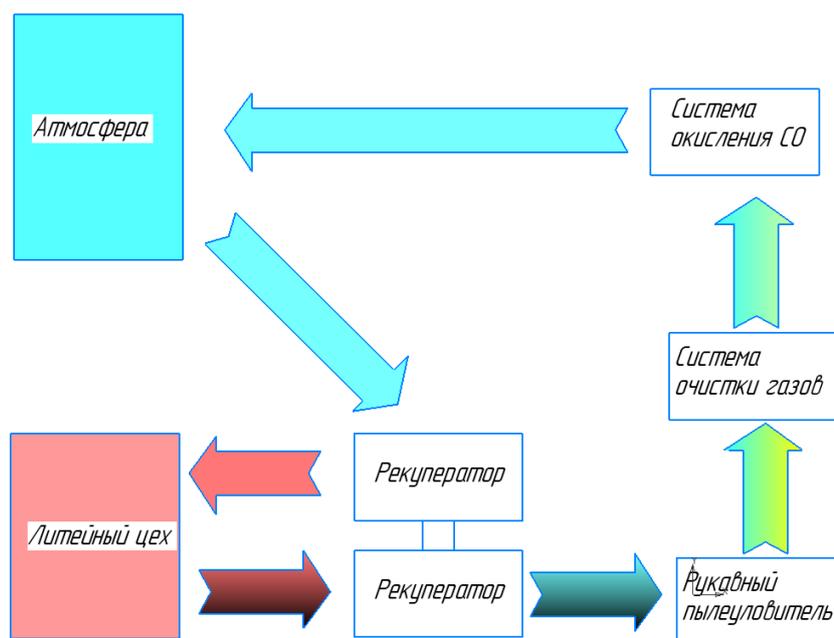


Рисунок 11 – Схема комплексной очистки воздуха литейного цеха

Заключение по разделу

В данном разделе приведены характеристики технологического процесса изготовления корпуса лобового двухпоточного вариатора. Были тщательно проанализированы риски для персонала, выработаны меры по обеспечению безопасности проведения работ, в том числе проработана пожарная безопасность. Вред, наносимый экологии, также был проанализирован и предложены меры улучшения экологичности работ.

5 Экономическая эффективность работы

5.1 Калькуляция себестоимости изделия

На основании расчётов производится калькуляция себестоимости изделия [18]. Она оформлена в виде таблицы 22. Калькуляция себестоимости помогает решить вопрос ценообразования изделия, кроме того, калькуляция часто нужна для экспорта продукции через границу – по себестоимости и цене производится расчёт пошлины.

Таблица 22 – Калькуляция себестоимости изделия

Статья затрат	Условное обозначение	Затраты, р
Затраты на заготовку	ЗМ	14013
Затраты на электроэнергию	З _{э-э}	9,20
Затраты на эксплуатацию и амортизацию оборудования	З _{об}	660
Затраты на текущий ремонт	З _{тр}	115
Затраты на приспособления	З _{присп}	6,24
Затраты на инструмент	З _{инстр}	60
Затраты на воду техническую	З _{техн.в}	1,3
Затраты на сжатый воздух	З _{сж.в}	0,1
Затраты на эксплуатацию и амортизацию производственных площадей	З _{площ}	7,20
Затраты на заработную плату основных производственных рабочих	ФЗП	434,83
Социальные отчисления	О _{с.н.}	156,54
Технологическая себестоимость	С _{техн}	15465,91
Общепроизводственные (цеховые) расходы	Р _{цех}	869,66
Цеховая себестоимость	С _{цех}	16335,57
Общехозяйственные (общезаводские) расходы	Р _{произв}	711,54
Производственная себестоимость	С _{произв}	17047,11
Внепроизводственные расходы	Р _{вн}	852,35
Полная себестоимость	С _{полн}	17896,96

5.2 Анализ составляющих себестоимости

Здесь представлены составляющие себестоимости детали. Для удобства оценки они расположены в виде круговой диаграммы, расположенной на рисунке 11.

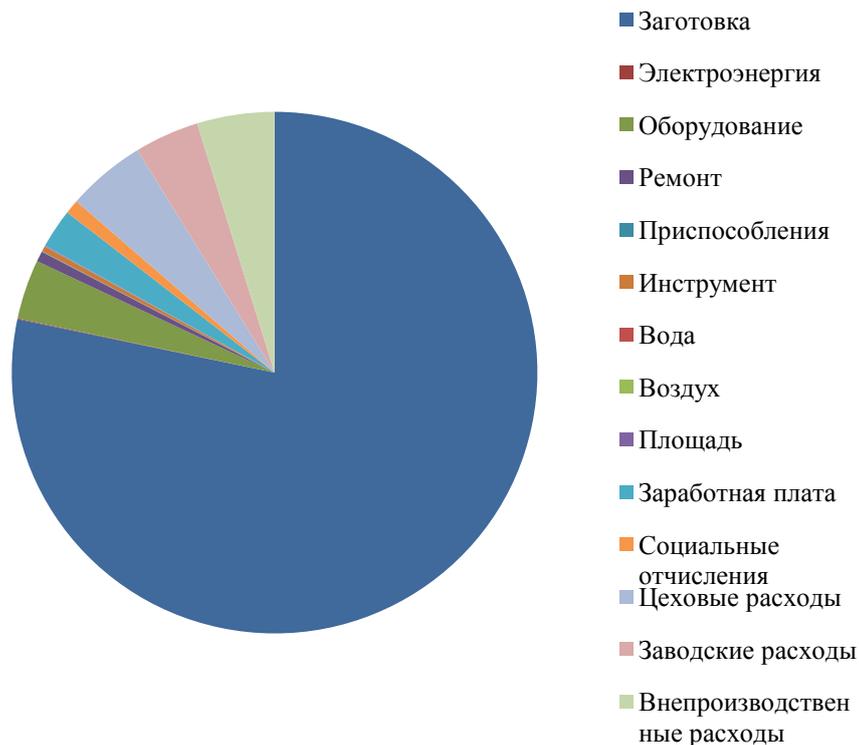


Рисунок 11 – Составляющие себестоимости детали

Круговая диаграмма показывает, что $\frac{3}{4}$ стоимости детали составляют затраты, связанные с получением заготовки. Далее, меньшую и меньшую составляющую занимают цеховые расходы, внепроизводственные расходы, общезаводские расходы, затраты на амортизацию оборудования и затраты на заработную плату.

На рисунке 12 показан экономический эффект от внедрения «сухой» технологии механической обработки. На нём представлены 2 калькуляции себестоимости: одна представляет собой полную калькуляцию себестоимости, другая – калькуляцию без включения в неё составляющей, связанной с расходами на СОЖ. Таким образом, внедрение «сухой» технологии механической обработки является экономически оправданным решением.

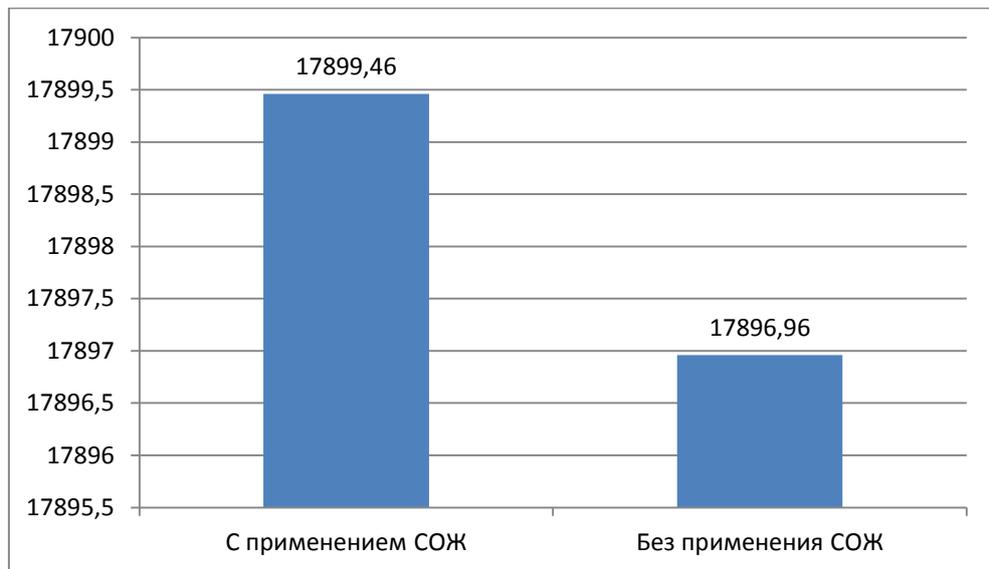


Рисунок 12 – Калькуляции себестоимости деталей при сухой обработке и обработке с применением СОЖ

Ожидаемую прибыль (условно-годовую экономию) от снижения себестоимости можно найти по формуле (29):

$$PR_{ож} = \mathcal{E}_{у.г.} = (C_{полн}^{баз} - C_{полн}^{пр}) \times N_{г} \quad (29)$$

Таким образом, ожидаемая прибыль от внедрения сухой технологии составит:

$$PR_{ож} = \mathcal{E}_{у.г.} = (17899,46 - 17896,96) \times 100 = 250 \text{ р.} \quad (29)$$

Выводы по разделу

В разделе была проанализирована экономическая эффективность от внедрения «сухой» технологии обработки. Мировая практика показывает, что отказ от СОЖ даёт небольшое снижение себестоимости и продиктован он в большей степени заботой об экологии. Но и экономический эффект от нововведения тоже присутствует.

Заключение

В ходе выполнения работы были решены все задачи, сформулированные в первом разделе данной работы.

В первом разделе были тщательно проанализированы исходные данные, выбран тип производства, деталь была оптимизирована по технологическим соображениям.

Во втором разделе были разработаны 2 варианта заготовок – получаемые методом литья в землю и литьём по выплавляемым моделям. Припуски при этом были рассчитаны аналитическим способом. Был произведён расчёт стоимости обоих вариантов и выбран прогрессивный и экономически целесообразный способ литья – литьё по выплавляемым моделям. Далее последовала кропотливая работа по проработке технологического процесса исходя из условий мелкосерийного производства – выбор схем базирования, разработка плана обработки, выбор инструмента и оснастки, расчёт режимов и усилий резания, нормировка времени.

В третьем разделе были разработаны специальные средства оснащения: базисные устройства, прижимное устройство, специальный инструмент и специальное контрольное устройство.

В четвёртом разделе были тщательно проанализированы угрозы жизни и здоровью рабочих, были выработаны технологические средства защиты, подобраны средства индивидуальной защиты. Кроме того, анализу подверглись угрозы экологии, выработаны решения по снижению антропогенного воздействия.

В пятом разделе был рассчитан экономический эффект от внедрения специального инструмента, обеспечивающего обработку по сухой технологии. Кроме того, была произведена калькуляция себестоимости детали.

В приложениях разработаны маршрутная и операционная карты, а также карты эскизов.

Список используемых источников

1. Зуев, А.А. Технология машиностроения : учеб. Для вузов. / А.А. Зуев. – 2-е изд., испр. и доп. – СПб.:Лань, 2003. – 496 с.
2. Справочник технолога – машинностроителя. В 2 т. / Под ред. А.Г. Косиловой. – М.:Машиностроение, 1985. – Т. 1. – 619 с.
3. Справочник технолога – машинностроителя. В 2 т. / Под ред. А.Г. Косиловой. – М.:Машиностроение, 1985. – Т. 2. – 496 с.
4. Маталин А. А. Технология машиностроения [Электронный ресурс] : учебник / А. А. Маталин. - Изд. 4-е, стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2016. - 512 с.
5. Технология машиностроения [Электронный ресурс] : курсовое проектирование : учебное пособие / М. М. Кане [и др.] ; под ред. М. М. Кане, В. Г. Шелег. - Минск : Вышэйшая школа, 2013. - 311 с.
6. Федоров П. М. Охрана труда [Электронный ресурс] : практ. пособие / П. М. Федоров. - 2-е изд. - Москва : РИОР : ИНФРА-М , 2017. - 137 с.
7. Должиков В. П. Разработка технологических процессов механообработки в мелкосерийном производстве [Электронный ресурс] : учеб.пособие / В. П. Должиков. - Изд. 2-е, стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2016. - 328 с.
8. Иванов И. С. Технология машиностроения [Электронный ресурс] : учеб.пособие / И. С. Иванов. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : ИНФРА-М, 2016. - 240 с.
9. Технология машиностроения [Электронный ресурс] : выпускная квалификационная работа для бакалавров: учеб.пособие / Н. М. Султан-заде [и др.]. - Москва : Форум : ИНФРА-М, 2016. - 288 с.
10. Клименков С. С. Проектирование заготовок в машиностроении [Электронный ресурс] : практикум : учеб.пособие / С. С. Клименков. - Минск : Новое знание, 2013 ; Москва : ИНФРА-М, 2013. - 269 с.

11. Борисенко Г. А. Технология конструкционных материалов. Обработка резанием [Электронный ресурс] : учеб.пособие / Г. А. Борисенко, Г. Н. Иванов, Р. Р. Сейфулин. - Москва : ИНФРА-М, 2016. - 142 с.

12. Зубарев Ю. М. Расчет и проектирование приспособлений в машиностроении [Электронный ресурс] : учебник / Ю. М. Зубарев. - Санкт-Петербург : Лань, 2015. - 320 с.

13. Иванов И. С. Расчет и проектирование технологической оснастки в машиностроении [Электронный ресурс] : учеб.пособие / И. С. Иванов. - Москва : ИНФРА-М, 2015. - 198 с.

14. Солоненко В. Г. Резание металлов и режущие инструменты [Электронный ресурс] : учеб.пособие / В. Г. Солоненко, А. А. Рыжкин. - Москва : ИНФРА-М, 2016. - 416 с.

15. Фельдштейн Е. Э. Режущий инструмент [Электронный ресурс] : эксплуатация : учеб.пособие / Е. Э. Фельдштейн, М. А. Корниевич. - Минск : Новое знание, 2014 ; Москва : ИНФРА-М, 2014. - 256 с.

16. Вереина Л. И. Металлообработка [Электронный ресурс] : справочник / Л. И. Вереина, М. М. Краснов, Е. И. Фрадкин ; под общ.ред. Л. И. Вереиной. - Москва : ИНФРА-М, 2013. - 320 с.

17. Горина Л. Н. Промышленная безопасность и производственный контроль [Электронный ресурс] : электрон.учеб. пособие / Л. Н. Горина, М. И. Фесина, Т. Ю. Фрезе ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Управление пром. и эколог. безопасностью". - Тольятти : ТГУ, 2014. - 271 с.

18. Краснопевцева И. В. Экономика и управление машиностроительным производством [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. пособие / И. В. Краснопевцева, Н. В. Зубкова ; ТГУ ; Ин-т финансов, экономики и управления ; каф. "Торговое дело и управление производством". - Тольятти : ТГУ, 2014. - 183 с.

19. Конструкционные стали и сплавы [Электронный ресурс] : учеб.пособие / Г. А. Воробьева [и др.]. - Москва : ИНФРА-М, 2016. - 440 с.

20. Научные технологии в машиностроении [Электронный ресурс] / А. Г. Суслов [и др.] ; под ред. А. Г. Суслова. - Москва : Машиностроение, 2012. - 528 с.

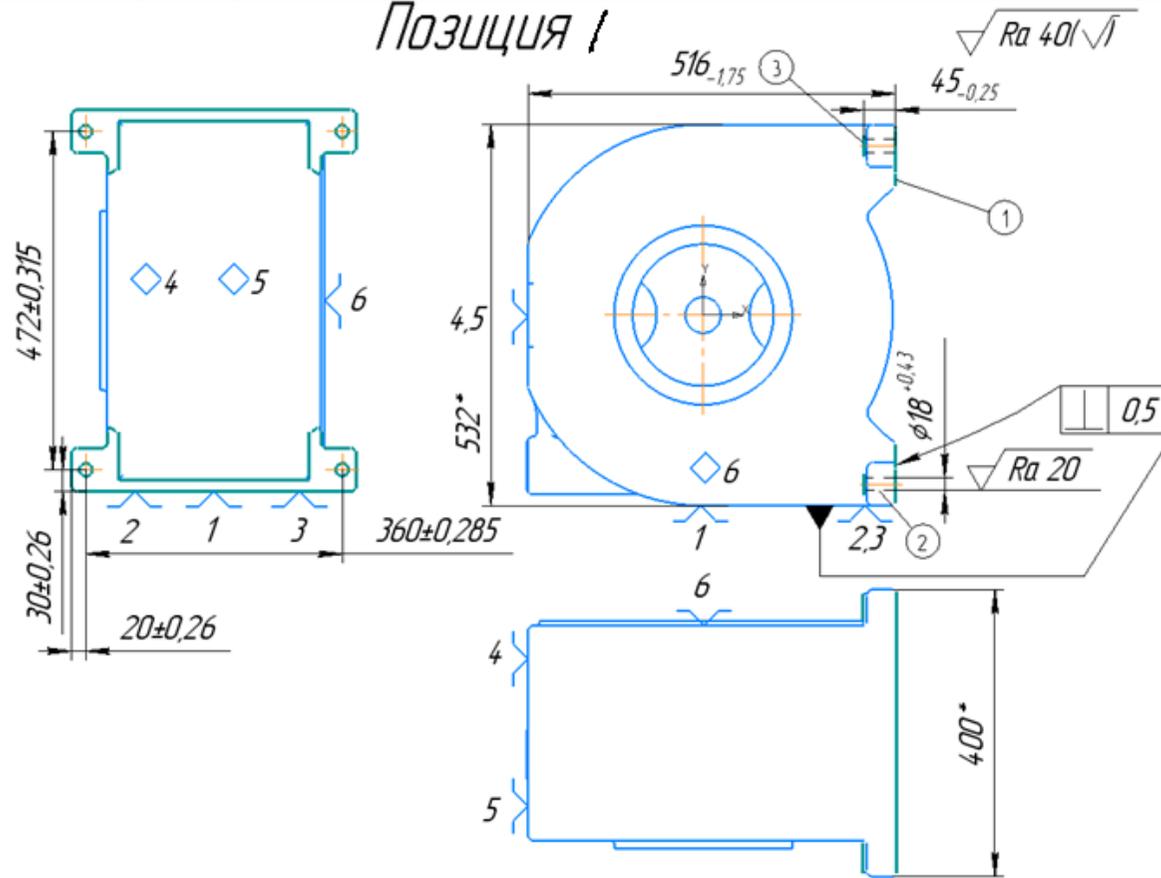
Приложение В
Карты эскизов

Дцбл.			
Взам.			
Подп.			

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

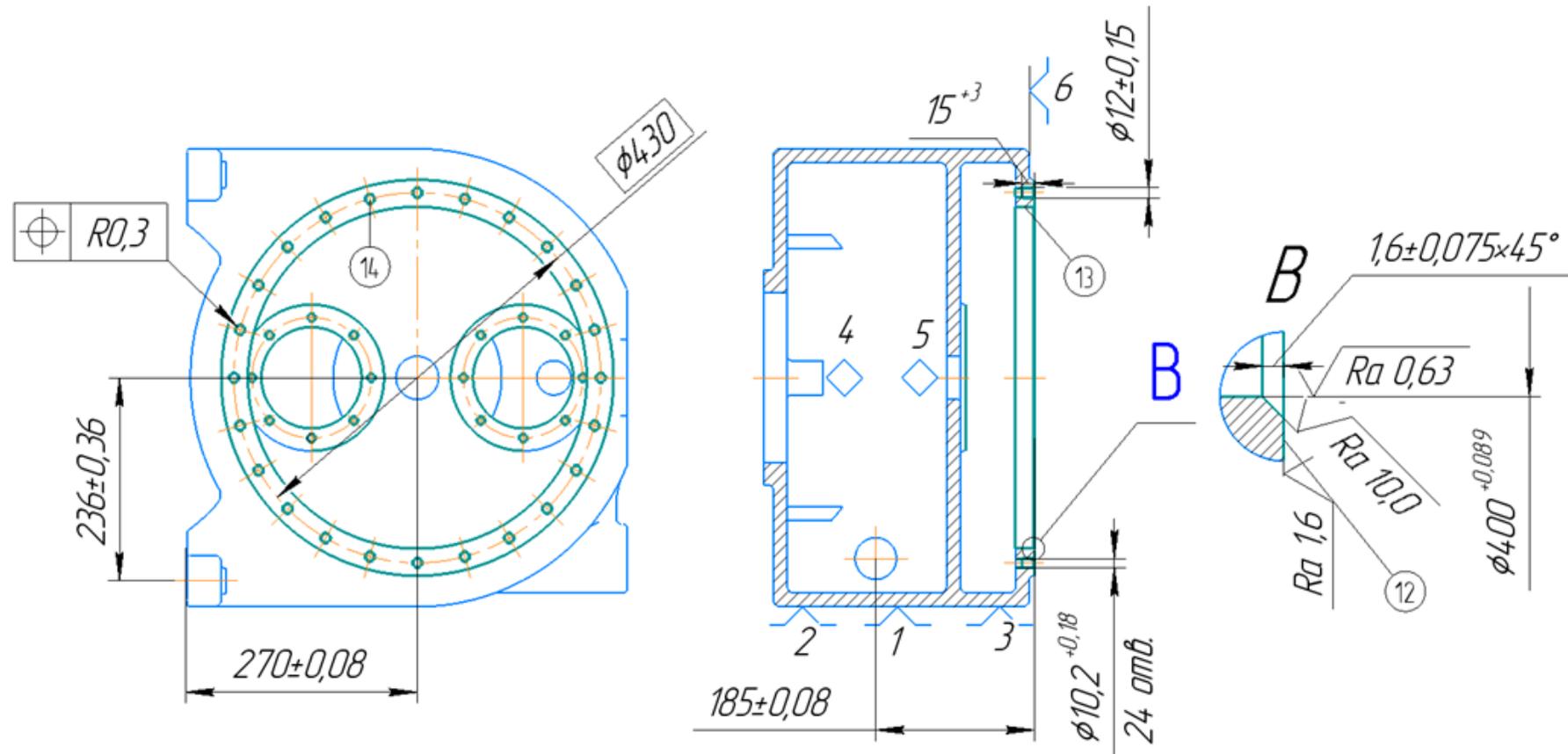
Разраб.	Горбачев С.А.			ТГУ ТМБэ-1502а	20.ВКР.ОТМП.721013.001				
Провер.	Расторгуев Д.А.								
Принял									
Чтбврд.									
Н. контр.				Корпус лобового двухпоточного вариатора					

Позиция 1



КЭ

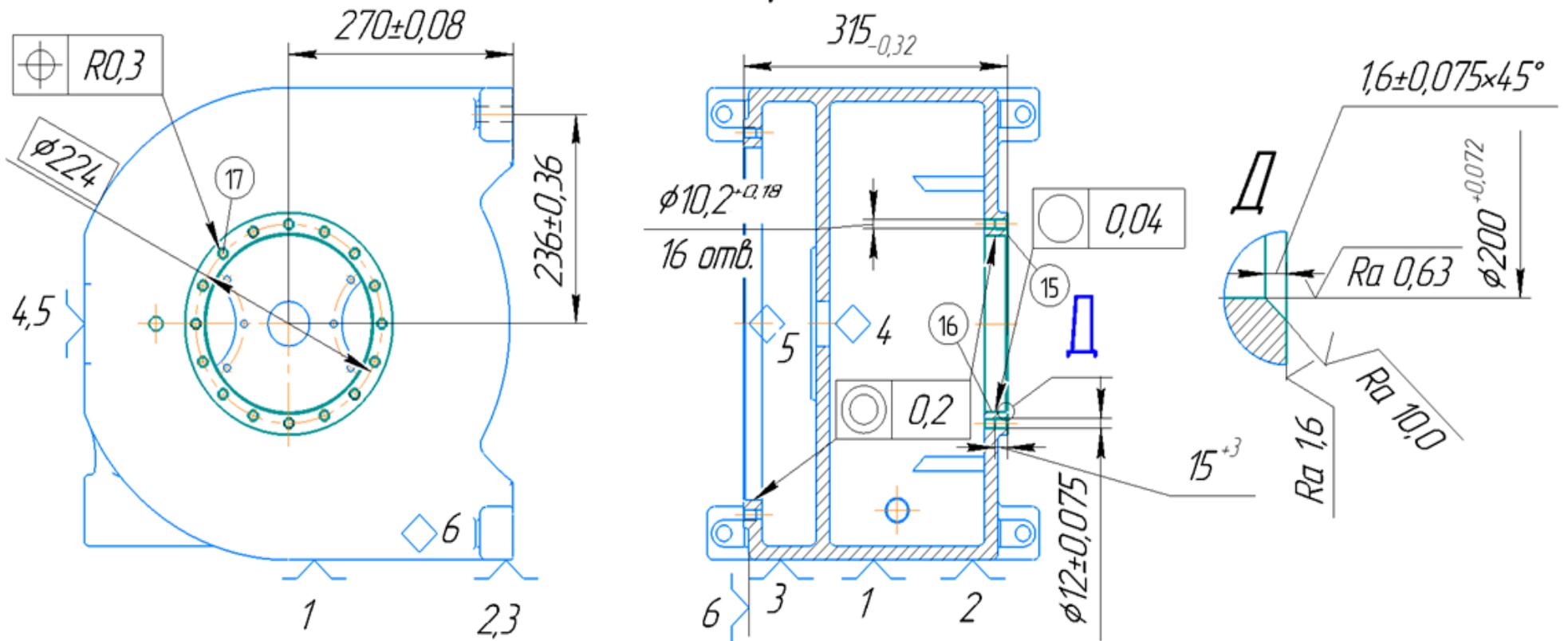
Дцбл.										
Взам.										
Подп.										
Разраб.	Горбачев С.А.			ТГУ ТМБз-1502а	20.ВКР.ОТМП.721013.001					
Провер.	Расторгуев Д.А.									
Принял										
Утв.ред.				Корпус лобового <u>обвхпачного</u> вариатора						
Н. контр.										



Дубл.			
Взам.			
Подп.			

Разраб.	Горбачев С.А.			ТГУ ТМБз-1502а	20.ВКР.ОТМП.721013.001		
Провер.	Расторгуев Д.А.						
Принял							
Утверд.				Корпус лобового двухпоточного вариатора			
Н. контр.							

Позиция IV



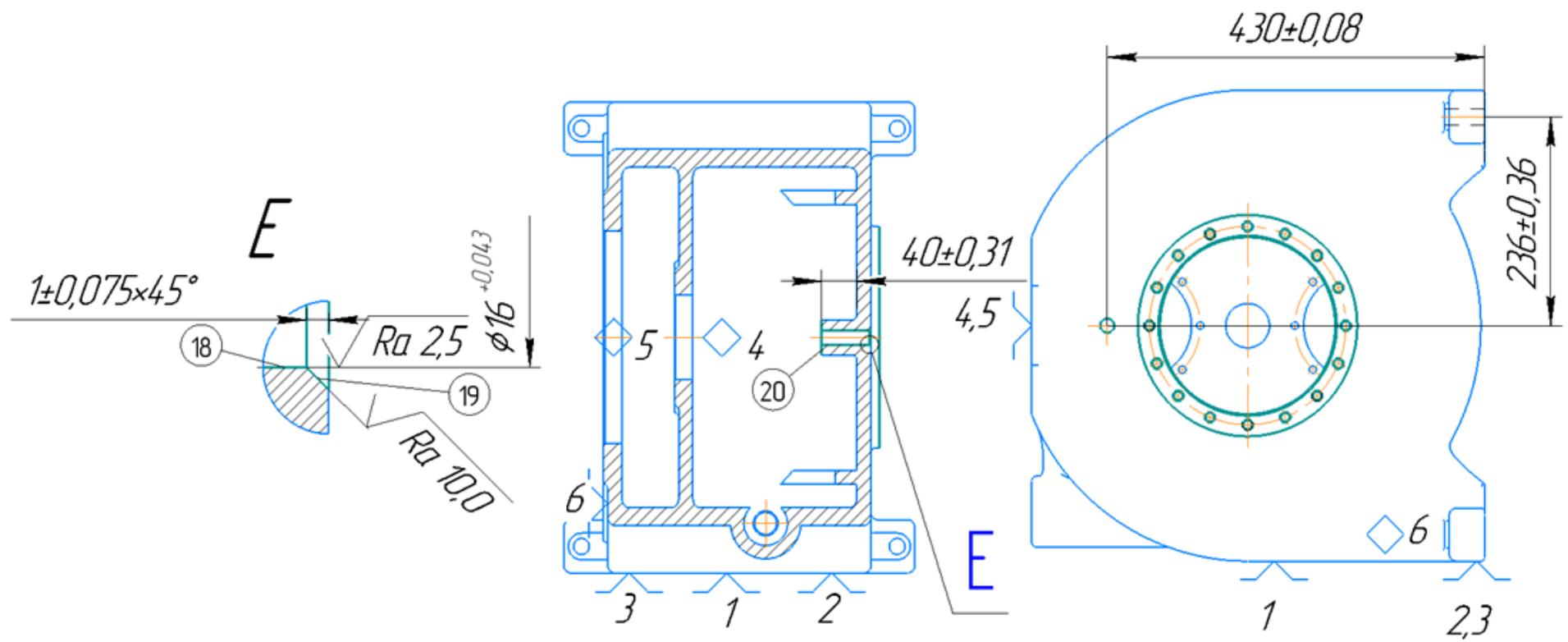
КЗ

Дубл.			
Взам.			
Подп.			

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Разраб.	Горбачев С.А.			ТГУ ТМБз-1502а	20.ВКР.ОТМП.721013.001				
Провер.	Расторгуев Д.А.								
Принял									
Утверд.				Корпус лобового двухпаточного вариатора					
Н. контр.									

$\sqrt{Ra 5,0}$



КЭ

