

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)

Технология машиностроения  
(направленность (профиль) / специализация)

## **ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Технологический процесс изготовления крупно модульной вал-шестерни

Обучающийся	<u>А.Н. Альферович</u> (Инициалы Фамилия)	<u>_____</u> (личная подпись)
Руководитель	<u>канд. техн. наук, доцент Д.А. Расторгуев</u> (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)	<u>_____</u>
Консультанты	<u>канд. экон. наук, доцент Е.Г. Смышляева</u> (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)	<u>_____</u>
	<u>канд. физ.-мат. наук, доцент Д.А. Романов</u> (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)	<u>_____</u>

Тольятти 2024

## Аннотация

В работе рассматривается разработка технологического процесса по изготовлению крупно модульного вала-шестерни. Данная деталь является конструктивно сложным элементом механического редуктора. Общий анализ технологичности выявил, что главными недостатками при изготовлении данного вала-шестерни является наличие высокоточного зубчатого венца, что при заданных габаритах и массе заготовки будет представлять определенные сложности. Выбранная в качестве исходной заготовки штамповка дает возможность получить центральную ступень, значительно отличающуюся от других по диаметру. Из-за значительной массы заготовки ее трудно устанавливать на станок, время обработки длительное. В результате необходимо спроектировать режущий инструмент и станочное приспособление, которые позволят значительно повысить производительность на всех переходах. Технологические методы обработки являются типовыми с учетом конфигурации и материала данной заготовки. Технологический процесс наиболее эффективно выполняется на токарно-фрезерном центре, который обеспечивает все переходы при минимальной переустановке вала, что дает возможность сформировать технические требования расположения с минимальными затратами. Спроектированные технологические операции обеспечены необходимым оснащением по режущему инструменту, зажимными приспособлениями, контрольно-измерительными средствами. Это дает возможность эффективнее получаются заданные параметры по чертежу. Проектирование технологических операций включает в себя расчет припуска на обработку с определением соответствующих операционных размеров, значения на них технологических допусков, а также расчет технологических режимов. Данная технология обеспечена необходимыми мерами по сохранению окружающей среды и экономическому обоснованию выбранных усовершенствований.

## Содержание

Введение.....	4
1 Анализ исходных данных.....	6
1.1. Анализ условий работы вала .....	6
1.2 Классификация поверхностей .....	6
1.3 Анализ базового техпроцесса .....	8
1.4 Цель и задачи работы .....	11
2 Разработка технологии изготовления .....	12
2.1 Тип производства.....	12
2.2 Выбор метода получения заготовки .....	12
2.3 Проектирование заготовки .....	15
2.4 Методы обработки поверхностей .....	17
2.5 Выбор оснащения .....	20
2.6 Проектирование операций .....	25
3 Проектирование оснастки .....	33
3.1 Разработка приспособления.....	33
3.2 Проектирование инструмента .....	39
4 Экологичность и безопасность проекта.....	42
5 Экономическая эффективность работы .....	46
Заключение .....	50
Список используемых источников.....	51
Приложение А Технологическая документация.....	54
Приложение Б Спецификация цангового патрона .....	60
Приложение В Спецификация фрезы .....	62

## Введение

Машиностроение – основа экономического развития страны. Для развития машиностроительного комплекса необходимо учитывать множество различных факторов и условий.

Изготовление любых изделий – это, в первую очередь, логистика для обеспечения предприятий сырьем. Работа любого производства основана на потреблении энергии. Поэтому развитая транспортная сеть, энергетическая система, система водоснабжения и другие инфраструктурные возможности являются необходимыми условиями для функционирования и развития машиностроительных предприятий. Поэтому, обеспечение эффективной логистики для поставок сырья и комплектующих, отправки для реализации готовой продукции, это всегда развитие городской инфраструктуры.

Сложные в техническом, организационном плане машиностроительные процессы невозможны без соответствующих специалистов. Наличие высококвалифицированных кадров - инженеров, конструкторов, технологов, квалифицированных рабочих - является важнейшим фактором в развитии машиностроительного комплекса. Уровень подготовки и наличие соответствующих компетенций напрямую влияет на эффективность производства, разработку новых изделий и технологий по их изготовлению и, в конечном итоге, конкурентоспособность всей отрасли.

Технологическое оснащение и оборудование являются ресурсоемкими изделиями с высокой стоимостью. Поэтому оснащение производств машиностроительного комплекса современным оборудованием требует значительных финансовых ресурсов для модернизации и развития. Доступность кредитования, инвестиций, субсидий и государственных программ по развитию ключевых направлений в машиностроении способствуют созданию и совершенствованию технологий и изделий.

Современное технологическое оборудованием отличается высокой сложностью, использует самые современные достижения в области

использования высокоэнергетических методов обработки, гибридных и комбинированных технологий, современных материалов. Применяются передовые технологии в области автоматизации, как для реализации технологических процессов на рабочих местах, так и для подготовки самого производства.

Внедрение инновационных подходов в области технологий, проектирования, управления, контроля позволяет значительно повысить эффективность машиностроительного производства, улучшить качество продукции, в том числе сложной в технологическом плане, сократить сроки разработки и выпуска новых изделий.

В целом направление, связанное с цифровизацией процессов на всех уровнях машиностроительного производства, от рабочих мест до управляющих структур, очень интенсивно развивается. Использование автоматизации, роботизации, применение искусственного интеллекта, аналитики данных и других подходов дает синергетический эффект по повышению эффективности производства.

С учетом изменившейся концепции в реализации жизненного цикла изделия, где первым этапом вместо научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, идут маркетинговые исследования по формированию требований к будущему изделию, изменились требования к работе машиностроительных производств. Отказавшись от жестких систем массового производства, переходят на производство изделий, требования к которым постоянно меняются. Поэтому технологическая оснащенность производства в плане автоматизации позволяет внедрять гибкие производственные системы. Они обеспечивают оперативную реакцию на меняющиеся потребности рынка и позволяют гибко перенастраивать производственные процессы.

## **1 Анализ исходных данных**

### **1.1 Анализ условий работы вала**

Вал-шестерня входит в конструкцию механизма для измельчения не рудных материалов. Он работает при незначительных оборотах, но с большим крутящим моментом. Поэтому требуется обеспечение высокой износостойкости на трущихся поверхностях. К ним относятся боковые поверхности зубьев, а также поверхности под приводной шкив, который устанавливается на выходном конце вала, а также шейки, которая проходит через крышку редуктора [2].

Для фиксации масло отражающих пластин используется система отверстий, выполненных в зубчатом венце.

Для обеспечения плавности работы зубчатого механизма зубья выполнены с наклоном для обеспечения их перекрытия при зацеплении. С левого торца вала выполнена небольшая выточка под установку торцевой крышки, которая при помощи штифтов и винтов фиксируется в заданном положении.

Материал детали сталь 40ХНА [7]. В случае использования соответствующих методов термообработки имеет необходимый уровень по прочности и твердости.

### **1.2 Классификация поверхностей**

Для выбора технических требований на поверхности многоступенчатого вала классифицируем их по служебному назначению.

Эскиз вала-шестерни показан на рисунке 1.

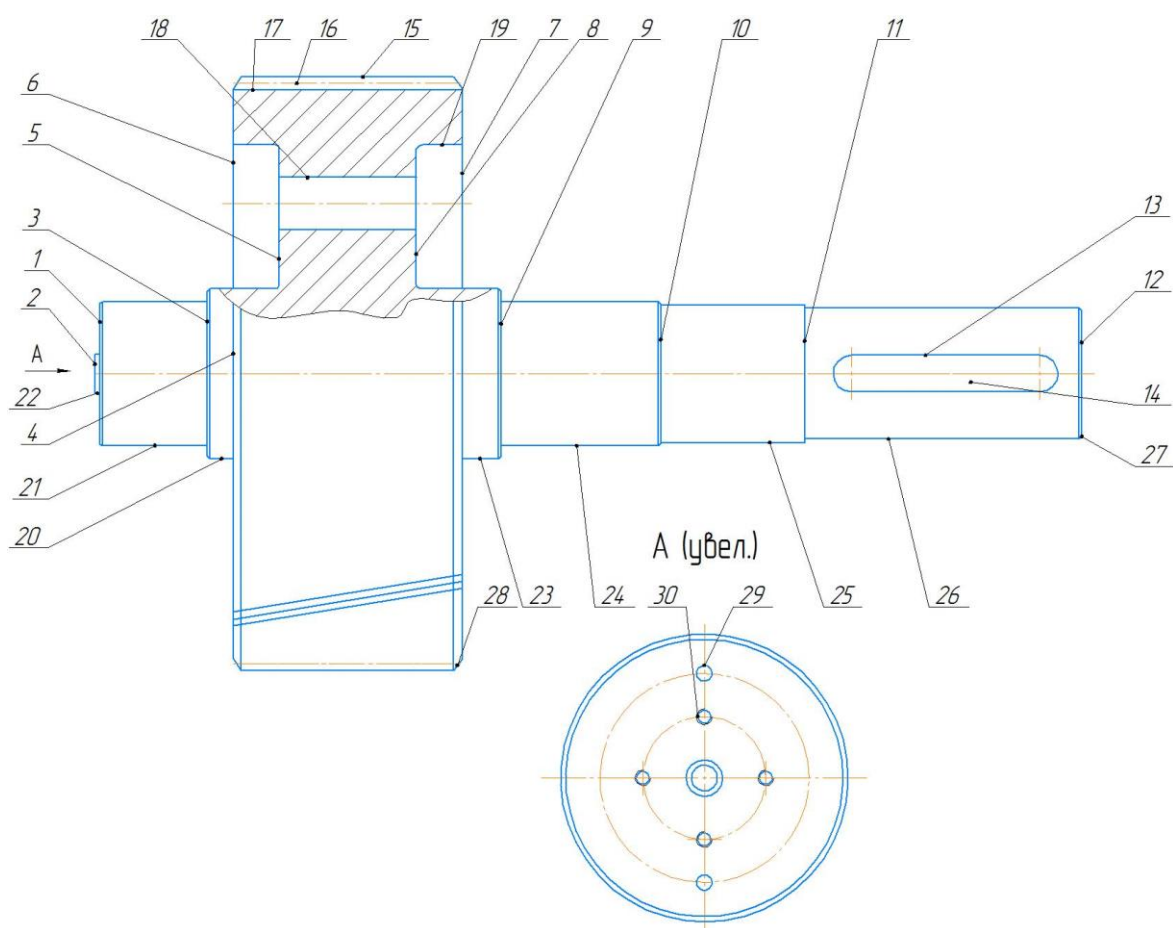


Рисунок 1 – Крупно модульная вал-шестерня

Исходя из размеров данного вала и условий его работы, самыми точными поверхностями этой деталь будут шейки 21, 24 под подшипники (по 7 качеству точности). При установке они упрутся в прилегающие торцы 3, 9. В данном комплекте эти поверхности относятся к основным конструкторским базам.

Остальные поверхности, которые контактируют с другими деталями, будут относиться к вспомогательным базам. Они включают в себя выточку 22 с прилегающим торцом 1, а также комплекты установочных отверстий под штифты 29 и резьбовые отверстия 30. Это также отверстия 18 под установку болтов для фиксации масло отражающих пластин, шейка 25 для выхода через крышку, и посадочная шейка 26 со шпоночным пазом 14 - 13 для установки шкива и шпонки.

Исполнительные поверхности передают крутящий момент. Это боковая поверхность шпоночного паза 13 и боковая зубчатая поверхность 16.

Все остальные поверхности будут относиться к категории свободных.

### **1.3 Анализ базового техпроцесса**

Деталь является крупногабаритной. Ее длина составляет 755 мм, что при диаметре зубчатого венца 450 мм приводит к массе в 470 кг. Поэтому с точки зрения транспортировки, установки и снятия заготовки на станках будут проблемы. Необходимо использовать подъемно-транспортное оборудование, в качестве которого можно использовать кран-балку. Для хранения такой заготовки необходимо изготавливать транспортный стапель.

Изготовление вала-шестерни из материала 40ХМНА - это достаточно сложный процесс, который включает в себя несколько этапов: заготовительный, механическую обработку, термообработку.

На заготовительной стадии возможно получение заготовки из проката, ковкой или штамповкой,

Механическая обработка заготовки выполняется на первом этапе главным образом на токарном станке в связи с большим объемом снимаемого материала. Используются как инструменты токарные резцы: проходной, упорный и канавочный. Методы обработки: точение черновое и чистовое, а также обработка канавок врезанием.

Из-за больших размеров заготовки время обработки будет длительным. Материалоемкость данной детали будет высокой из-за больших расходов материала в стружку и большой массы заготовки самой по себе.

На вертикально-фрезерном станке концевой фрезой обрабатываются пазы для шпонок. Преимущество дает в данном случае быстрое фрезерование за счет возможности обработки маятниковой подачи. Недостаток - более сложная настройка, чем простое программирование и подготовка оборудования с ЧПУ.



Обработка зубчатого венца выполняется фрезерованием червячной фрезой. Использование метода обката дает точность и производительность. Для этого применяется зубо-фрезерный станок. Он дает возможность установки заготовки вертикально. Обработку зубчатого венца можно вынести на специализированный участок для обработки зубчатых колес.

Для отделочной обработки венца необходимо использовать зубо-шевингование. Станок зубо-шевинговальный с осевой подачей шевера. Окончательно зубчатую поверхность доводим на зубо-шлифовальном станке после термической операции. Инструмент похож на червячную фрезу: червячный шлифовальный круг. Метод обработки: шлифование зубьев по боковой поверхности обкатом.

Использовать альтернативные варианты обработки с использованием универсального фрезерного станка не выгодно. Это из-за особенностей приспособления для обработки копированием с поворотом заготовки на шаг зубьев (делительная головка) Хотя станок универсальный, инструмент, который в данном случае используется, модульная фреза. Это повышает погрешность профиля зуба и снижает производительность зубообработки.

Преимущество фрезерования зубьев обкатом заключается в большей технологической производительности, широких технологических возможностях инструмента, возможность обработки большого количества разных деталей на одном станке. Недостаток - более сложная настройка самого станка. Износ дорогостоящего инструмента – червячной фрезы можно скомпенсировать настройкой (осевым сдвигом вдоль оси фрезы), выбором сборной конструкции инструмента.

После обработки всех поверхностей до уровня 9 качества выполняется термическая обработка. Оборудование для нагрева индукционная печь для нормализации и закалки. Ванна для охлаждения с рабочей средой – маслом.

Закалка для придания необходимой твердости в печи сопровождается деформациями заготовки, которые необходимо учесть.

Альтернативный вариант в индукционном нагревателе может снизить процесс деформации из-за вертикальной компоновки схемы обработки. Но это должно отражаться в технических требованиях на деталь. Преимущество индукционной обработки заключается в более равномерном нагревании с высокой скоростью. Это хорошо сказывается на структуре материала. Недостатком является более высокая стоимость установки.

После термообработки выполняется восстановление центров. Станок центрально-шлифовальный Henninger ZS 102. Установка вала по шейкам в тисках. Обработка ведется электрокорундовыми шлифовальными кругами с хорошей теплостойкостью.

Отделочная обработка вала-шестерни шлифованием представляет собой важный этап производственного процесса и выполняется в два этапа. На первом обеспечивается высокая точность и качество поверхности детали для цилиндрических поверхностей. Второй этап отделочного этапа – обработка зубьев.

Поверхности стандартные и доступные, за исключением отверстия в зубчатом венце.

Большая по размерам и массе детали имеет мелкий конструктивный элемент – выступ на 1,5 мм, который можно обеспечить только подрезкой торца на токарном станке. Это добавляет лишний переход.

На заготовительной стадии получить поднутрение в венце не возможно.

Обработка отверстий в торце требует установки вала-шестерни вертикально. С учетом общей длины 755 мм, это ограничивает типы применяемого оборудования, так как требуется еще расстояние на приспособление, инструмент.

Для изготовления вала-шестерни из материала 40ХМНА используются стандартные методы и станки, в соответствии с типовым техпроцессом в зависимости от требований к геометрии, твердости и других характеристик, заданных на рабочем чертеже детали.

## 1.4 Цель и задачи работы

Цель работы - спроектировать технологический процесс изготовления вала-шестерни, который включает широкое использование автоматизированных систем, высокопроизводительных средств оснащения и инструмент. Необходимо применить программное управление процессом обработки, особенно для переходов по точению. На высокоточные операции предусмотреть системы контроля.

Требуется спроектировать соответствующие приспособление и инструмент.

Все эти меры позволят повысить эффективность, точность производства и снизить затраты труда. Это рассчитывается в экономическом разделе.

Выводы по разделу

Анализ исходных данных используется для выявления недостатков конструкции детали и базовой технологии. С учетом этого представлена цель и задачи работы.

## **2 Разработка технологии изготовления**

### **2.1 Тип производства**

С учетом больших размеров и массы вала - шестерни и определенного заданием объема выпуска 500 деталей в год определяем среднесерийный тип производства. Главной его характеристикой является возможность быстрого перехода на обработку деталей других типоразмеров [9].

Это достигается за счет правильной организации технологического процесса. В качестве основного оборудования используются автоматизированные станки с ЧПУ. Средства оснащения и инструмент являются универсальными. Методика расчета, в основном, табличная с использованием для отдельных этапов проектирования операций расчетных формул.

### **2.2 Выбор метода получения заготовки**

Выбор исходной заготовки является важным этапом в процессе производства любого изделия, тем более такого крупногабаритного, как вал-шестерня. Неправильный выбор ведет к неоправданному расходу материала, времени и энергии из-за снятия лишнего припуска.

При выборе исходной заготовки необходимо учитывать множество факторов. Это форма, размеры и материал заготовки (ступенчатый вал с большими перепадами диаметра, большие размеры, 40ХНА), что определяет технологические возможности конкретного способа получения заготовки. Влияют также требования к качеству и точности детали (типовые для вала) и самой заготовки (например, в автоматизированном производстве как в нашем случае из-за среднесерийного производства), а также технологичность и стоимость материала. Последние параметры с точки зрения штамповки для стали 40ХНА – нормальные.

Одним из методов выбора исходной заготовки является комплексный анализ конструкции и требований к изделию. Форма заготовки ступенчатая цилиндрическая. Исходная заготовка может быть получена любым способом штамповки иликовки, кроме закрытой штамповки (ограничение масса заготовки).

Также учитываем содержание последующей обработки и технологичность на сборочном этапе. Доля механической обработки для штамповки снижается. Наиболее точным оценочным показателем заготовки является себестоимость заготовки.

Сравним стоимость различных вариантов заготовок, а также учтем возможные потери материала при обработке в виде стружки. Оптимальный выбор заготовки должен учитывать экономические потери из-за большого объема удаляемого материала, чтобы минимизировать затраты на этот этап производства и увеличить общую эффективность заготовительного процесса.

Выбор исходной заготовки определяет в дальнейшем методы обработки, которые будут использоваться для изготовления детали. Если использовать прокат, доля механической обработки на черновом обтачивании будет лимитирующей для всего техпроцесса. Методы обработки крупногабаритных деталей имеют свою специфику, которая может оказывать влияние на выбор исходной заготовки.

Если применяется заготовка из литья, то необходимо обеспечить заполнение литейно формы и последующего образования слитка с его равномерным остыванием и кристаллизацией. Сталь 40ХНА имеет низкие литейные свойства, поэтому этот вариант не рассматриваем.

Если используются токарные станки с ЧПУ, то заготовка должна иметь достаточный запас по точности. Это связано с формированием равномерного припуска на обработку для условий автоматизированного производства. Материала припуска должно быть достаточно для обработки всеми необходимыми переходами при фрезеровании или токарной обработке. Также следует учитывать, что разные методы обработки могут приводить к

разным результатам в зависимости от технологических свойств материала. По обрабатываемости он имеет средние свойства (для твердого сплава – 0,9).

Вал шестерню со смещенной к торцу ступенчатостью и большим перепадом диаметров от центра к краям, можно получить способом горячекатаного проката. Данный тип заготовки будет наиболее простым. Технологически подготовиться к обработке заготовки можно после отрезки. Для этого нужны точные заготовки из прутка (степень точности – нормальная или повышенная). Для этого необходимо учесть исходную не прямолинейность отрезанной заготовки (0,1 мм на 100 мм длины). Превышение этого параметра точности выше критического порога приведет к дополнительному биению припуска на обработку. Это отразится на снижении точности на каждом переходе и увеличении количества операций. Но, главным недостатком данного способа получения заготовки, является большой отход материала как стружка. При этом нужно будет увеличивать время механической обработки. Будет расти расход инструмента, составляющие технологической себестоимости на затраты энергии, амортизацию оборудования, заработную плату станочника.

Все это вместе приведет к росту технологической себестоимости заготовки обработанной из проката.

Альтернативный вариант получения заготовки - штамповкой. Он требует использования гидравлического или механического прессы, оснащенного необходимым комплектом прессовой оснастки. В данном случае дополнительные расходы будут связаны на обеспечение изготовления матрицы и пуансона для штамповочных переходов.

Форма заготовки при этом будет приближена к форме детали. Это приведет к значительному повышению коэффициента использования материала. Доля механической обработки должна значительно упасть.

Необходимо при проектировании заготовки штамповки правильно назначить технологические припуски и допуски. Припуски на обработку

определяются конфигурацией детали. В данном случае, это вал с прямой линией и выраженной ступенчатостью.

Вал имеет значительные размеры, перепады диаметром большие, общее количество ступеней - 8. Для формирования исходной заготовки необходимо из цилиндрических поверхностей вала оставить четырех ступенчатую штамповку. Небольшие напуски на обработку приведут к упрощению формы заготовки, незначительно повышая долю механической обработки.

Полное технико-экономическое сравнение проката и штамповки для данного варианта является не целесообразным по указанным выше причинам.

### **2.3 Проектирование заготовки**

Для обоснованного назначения допусков и припусков определим параметры штамповки.

С учетом материала 40ХНА, группа стали М2. Степени сложности будет по соотношению размеров вала и цилиндра С2. Класс точности с учетом штамповки на механическом прессе – Т5.

С учетом массы исходный индекс равен 20.

Назначенные технические требования представлены на рабочем чертеже заготовки.

Дополнительной необходимой обработкой будут являться очистка поверхности от окалины, обрезка облоя и зачистка заусенцев. Все эти переходы выполняются в рамках заготовительного производства. Входным контролем заготовки является контроль смещение штампов и отклонение от прямолинейности оси штамповки вала.

Дополнительно определим размеры и припуски для шеек под подшипники: диаметр 110k7 мм.

Для этого находим элементарные составляющие припуска.  
«Погрешность расположения

$$\rho_{\text{заг}} = \sqrt{\rho_{\text{кор}}^2 + \rho_{\text{ц}}^2 + \rho_{\text{см}}^2}, \quad (1)$$

где  $\rho_{\text{кор}}$  – общее коробление, мкм;

$\rho_{\text{ц}}$  – смещение центровочных отверстий, мкм;

$\rho_{\text{см}}$  – смещение от заготовки, мкм» [16].

«Общее коробление

$$\rho_{\text{кор}} = \Delta_{\text{к}} \cdot l, \quad (2)$$

где  $\Delta_{\text{к}}$  – относительное коробление, мкм/мм;

$l$  – длина от торца до сечения, мкм» [16].

Для центральной шейки

$$\rho_{\text{кор}} = 1 \cdot 400 = 400 \text{ мкм.}$$

Для зацентровки учитывается погрешность базовой поверхности

$$\rho_{\text{ц}} = \sqrt{0,25 \cdot Td_3^2 + 1}, \quad (3)$$

где  $Td_3$  – технологический допуск штамповки, мм.

$$\rho_{\text{ц}} = \sqrt{0,25 \cdot 6,3^2 + 1} = 3,3 \text{ мм.}$$

Смещение  $\rho_{\text{см}}$  возьмем штампа 4 мм.

$$\rho_{\text{заг}} = \sqrt{0,4^2 + 3,3^2 + 4^2} = 5,2 \text{ мм.}$$

Уменьшим его в соответствии с формулой по переходам

$$\rho_i = k_i \cdot \rho_{\text{заг}}, \quad (4)$$

где  $k_i$  – передаточный коэффициент для перехода.



Расчетные данные по припуску приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Расчет размеров

Операция	Допуск, мкм	Размер, мм		Припуск, мкм	
		min	max	max	min
Штамповка	6,3	117,8	124,1	-	-
Точение черновое	0,22	111,45	111,67	3200	6215
Точение чистовое	0,12	110,737	110,857	356	407
Шлифование черновое	0,087	110,315	110,402	211	228
Шлифование чистовое	0,035	110,003	110,038	156	182

Припуск учитывается в расчетах режимов резания.

#### **2.4 Методы обработки поверхностей**

С учетом технических требований на рабочем чертеже вала-шестерни формируем технологические переходы по обработке отдельных поверхностей [12].

Для крайних торцов выберем фрезерование торцовыми фрезами на первой операции. Однократного перехода будет достаточно для обеспечения 13 качества.

Цилиндрические и торцовые промежуточные поверхности обрабатываем по одному шаблону. Это будут вначале токарная черновая обработка. На данном этапе будет снят весь напуск с формированием припуска под чистовую обработку.

Далее токарная чистовая обработка с формированием фасок и канавок под выход инструмента [5].

Обработка зубчатого венца с 7 степенью точности проходит за три перехода. Черновое зубо-фрезерование методом обкатки червячной фрезой, затем зубошевингование методом продольной обработки. Окончательно будет зубошлифование червячным шлифовальным кругом.

Обработка шпоночных пазов ведется концевыми фрезами за проход.

Для реализации всех выбранных технологических переходов можно выбрать токарно-фрезерный центр. Для данного оборудования возможна реализация методов обработки, включая фрезерование шпоночных пазов.

Для термообработки выберем индукционную закалку. Обоснование приведено ниже.

Печь для отжига и закалки и индукционный нагреватель представляют собой два различных метода термической обработки металлов. Проведем их сравнение, определим преимущества и недостатки для применения в крупносерийном процессе изготовления вала-шестерни.

В печи для отжига и закалки заготовки разогреваются до рабочей температуры (определяется видом термообработки) и затем выдерживаются при этой температуре определенное время для изменения микроструктуры материала (этап выдержки). После этого заготовку быстро охлаждают с фиксацией закалочной структуры. Это придает материалу необходимые механические свойства по твердости и прочности.

Преимуществом печи для закалки является возможность обработки большого количества заготовок одновременно. Она обеспечивает равномерный их прогрев.

Недостатки возникают из-за длительного времени нагрева и охлаждения, больших энергозатрат, высокой стоимости печи и сложности поддержания технологического режима.

У индукционного нагревательного устройства используется принцип электромагнитной индукции. Высокочастотный ток создает переменное магнитное поле, вызывающее индукционные токи в заготовке, что приводит к ее нагреву. Из-за особенностей нагрева он имеет быстрый и локальный характер. Это ускоряет процесс со снижением энергоемкости. Есть возможность автоматизации процесса.

Для этого метода существуют технологические ограничения по размерам заготовок, как общим, так и обрабатываемой поверхности. Также характерна сложность контроля процесса и высокая стоимость оборудования.

Для крупносерийного процесса изготовления вала-шестерни индукционный нагреватель может быть более предпочтительным вариантом, так как из-за большой серии требуется быстрое и точное нагревание для обеспечения стабильности параметров и высокой производительности. Это способ позволяет сэкономить энергию и обеспечивает локальное воздействие, что особенно важно при обработке вала-шестерни со значительными перепадами размеров и большими размерами.

Для правки центров используем метод раскатывания на токарном станке.

После термообработки обработка самых точных шеек продолжается на шлифовальных станках. Круглое шлифование обеспечивает обработку цилиндрической поверхности и буртиков, которые являются опорами под подшипники или цилиндрическое зубчатое колесо, а после этого продольным круглым шлифованием без касаний буртиков.

Выбор вариантов отделочных методы обработки шлифованием вала-шестерни определяется различными вариантами используемого оборудования, схемой установки заготовки и применяемыми инструментами.

Круглошлифовальный станок модели SLT UGC500 обеспечивает традиционный метод обработки продольным много переходным шлифованием. Установка вала-шестерни проводится в универсальном поводковом патроне с хомутиком по центровочным отверстиям. Это позволяет фиксировать и центрировать деталь для обработки с точностью до 0,005 мм. Необходим поддерживающий люнет. Он будет воспринимать вес заготовки и разгружать базовые опоры.

Инструментом является карбидный шлифовальный круг. Электрокорунд 23А достаточно твердый и износостойкий для абразивных

зерен, чтобы обеспечить точность и качество обработки материала стали 40ХНА.

На черновом переходе возможно с шейками дополнительно обрабатывать торцы на торцекруглошлифовальном станке 3Т153В. Установка аналогичная круглошлифовальной операции.

Каждый из этих методов обработки шлифованием предоставляет возможность достичь высокой точности и качества отделки поверхностей вала-шестерни. Выбор конкретного оборудования, установки и инструмента будет зависеть от требуемых характеристик обработки, включая геометрию, размер и материал обрабатываемой детали.

## **2.5 Выбор оснащения**

Технология обработки крупногабаритной вала-шестерни основана на базовой технологии. Технологические операции соответствуют типовому процессу.

После заготовительного этапа с получением штамповки класса точности Т4 (000 штамповка заготовительная), готовим чистовые технологические базы. Для этого на обрабатывающем центре с двух сторон проводим обработку торцов и центровых отверстий. 005 многоцелевая операция на фрезерном станке (обрабатывающем центре) ИР320ПМФ4. Установка заготовки в тисках. Так как диаметр данного вала по торцам 100 мм, обработка будет вестись фрезой размером 125 мм (2214-0318 Фреза диаметр 125 мм, z=14 ВК8 ГОСТ 9473-80). Один из торцов имеет укороченную посадочную шейку для центрирования крышки. Ее изготовление выносится на последующую токарную обработку. На многоцелевой операции установка вала проводится в тисках с призматическими зажимными элементами, что позволяет обеспечить единство конструкторских и технологических баз [18].

Для того, чтобы выполнить установку и снятие заготовки используется кран-балка с поддерживающими стропами, так как масса заготовки около 500 кг [20].

После подготовки чистовых баз, проводится обработка на токарном станке. 010 токарная операция. Станок - токарный центр Traub TND 400 (рисунок 2). Для снятия нагрузки с патрона (патрон 7100-0016 ГОСТ 2675-80) и базирующего центра (ГОСТ 13214-79) используются два поддерживающих люнета SLU3.2. Во время обработки они перемещаются в продольном направлении, чтобы встать напротив базовых шеек. Они частично разгружают основные установочные элементы.



Рисунок 2 – Станок Traub TND 400

Токарная обработка включает в себя черновое обтачивание по всему контуру, включая обработку утопленных канавок на большом зубчатом

венце. Обработка ведется на нескольких переустановках, чтобы можно было обработать ее на полной длине.

После чернового обтачивания проводится снятие чистового припуска по всему контуру заготовки, что обеспечивает точность размеров на уровне 12 квалитета. Помимо этого, на токарной операции проводится обработка канавок под выход режущего инструмента на шейках под подшипники.

Технологические возможности выбранного токарно-фрезерного центра обеспечивают обработку шпоночного паза при фиксированной заготовке. Кроме этого обрабатываются отверстия на зубчатом венце, расположенные под заданным углом в количестве 6 штук. Обработка однократная сверлением со стороны укороченной шейки.

Инструментальное обеспечение по токарным переходам будет следующее.

Вспомогательный переход - установить и закрепить заготовку. Оснастка: патрон 7100-0016 ГОСТ 2675-80; центр ГОСТ 13214-79; люнет SLU3.2 (рисунок 3).

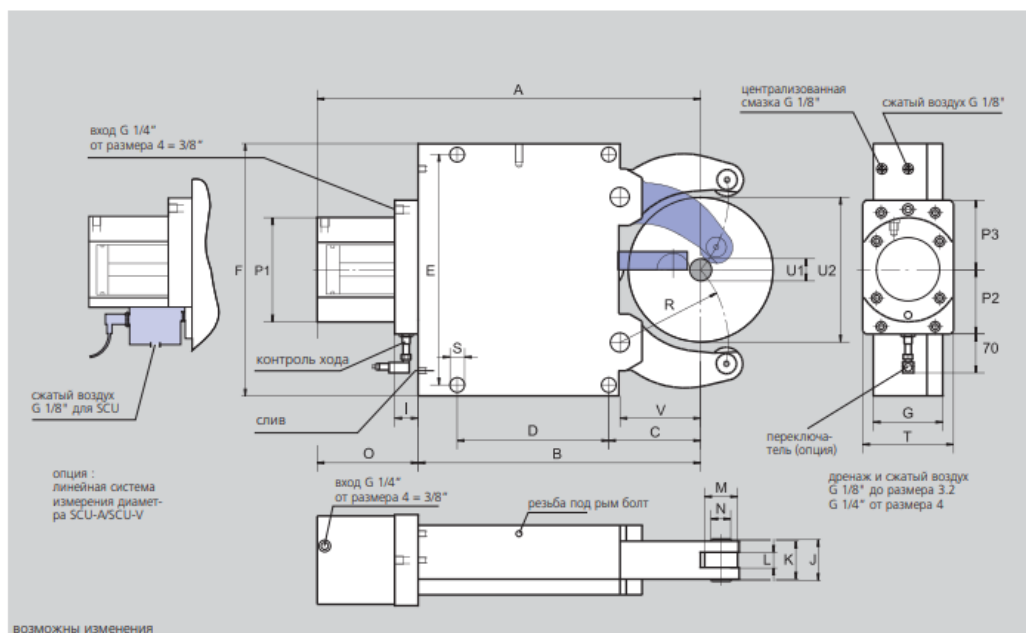


Рисунок 3 – Люнет для поддержки вала-шестерни

Обрабатывающие переходы: точить наружную поверхность начерно. Резец PCLNL 3232M16 T5K10 ТУ 2-035-892-82.

Точить наружную поверхность начисто резцом PDINL3232R15 T15K6 ТУ 2-035-892-82.

Растачивание внутренней выточки при помощи прорезного резца для торцевых канавок GYHL2525M00-M25L T15K6 и далее окончательное растачивание резцами FSVJB2520L-11S и FSVJB2520R-11S. Это нужно, чтобы сформировать стенки канавки.

Сверлить сквозные отверстия сверлом 2301-1051 диаметр 20 мм P6M5 ГОСТ 19547-74.

Фрезеровать паз концевой фрезой 2223-0504 диаметр 25 мм, z=4 T15K6 ГОСТ 20537-75.

Точить канавку резцом 035-2126-1191 T14K8 ОСТ 2И10-7-84.

Сверлить заготовку сверлом 2309-0047 диаметр 5 мм BK8 ГОСТ 17275-71 и нарезать резьбу метчиком 2629-0026 ГОСТ 17927-72.

Сверление заготовки сверлом 2301-1001 диаметром 6 мм P6M5 ГОСТ 19547-74.

После токарной операции выполняются подряд две зубообрабатывающих операции. На зубо-фрезерной производится черновая обработка зубчатого венца методом обката червячной фрезой. 015 зубо-фрезерная проводится на вертикальном зубо-фрезерном полуавтомате для цилиндрических колес 53A80. Оснастка для вертикальной компоновки центр ГОСТ 13214-79, люнет 6046-0012 ГОСТ 21190-75, патрон цанговый. Переход - фрезеровать зубья при помощи фрезы 2510-4108 P6M5 ГОСТ 9324-80.

На втором этапе обработки зубьев на зубо-шевинговальной операции проводят отделочную обработку до 8 степени точности. Схема установки заготовки однотипная: в цанговом патроне и поджим задним центром.

На зубо-шевинговальной операции на станке горизонтальной компоновки также используются поддерживающие люнеты. 020 зубо-шевинговальная на горизонтальном зубо-шевинговальном полуавтомате для

цилиндрических колес 5702В1. Шевинговать наружные зубья 2570-0436 шевер ГОСТ 8570-80.

Далее выполняются термообработка для обеспечения заданной твердости методом поверхностной закалки зубчатого венца и посадочных шеек под подшипник. Это связано с тем, что использование объемной закалки в данном случае приведет к значительному короблению детали. Далее выполняется обработка на кругло-шлифовальном станке посадочных шеек под подшипник и промежуточной шейки под выход через крышку и посадочные шейки под шкив.

Обработка проводится методом продольного шлифования с подшлифовкой торцов. На следующей, кругло-шлифовальной операции, обработка проводится шлифованием только шеек.

Заключительная операция по обработке вала-шестерни – зубошлифование. Так как модуль большой, высота зуба большая, выбор делался между обработкой червячным шлифовальным кругом и тарельчатыми кругами (рисунок 4). Последний метод обработки может обеспечить очень высокую точность, но имеет очень низкую производительность. Здесь 1 – обработка тарельчатыми кругами, 2 – способ обката червячным кругом, 3 – обработка спрофилированным кругом, 4 – коническим кругом.

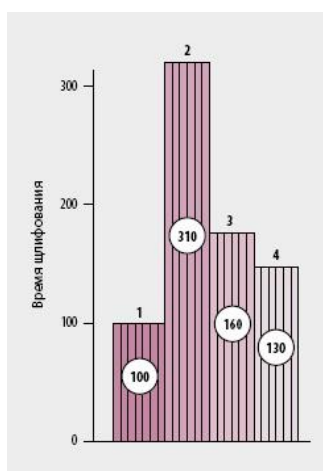


Рисунок 4 - Производительность при обработке зубьев



Для данных конструктивных параметров шестерни, где количество зубьев равно 88, является неприемлемым. Поэтому выбираем обработку методом обката червячным шлифовальным кругом.

035 круглошлифовальная операция ведется на круглошлифовальном станке 3М194. Круг 1 750x80x305 24А 40-П СТ К 35м/с А 1кл. ГОСТ 2424-83 Центр ГОСТ 13214-79. 040 круглошлифовальная операция на круглошлифовальном станке 3М194.

Кинематическая схема зубошлифовального станка модели 5В832 на 045 зубошлифовальной аналогичная зубофрезерной операции. Круг 1 450x100x203мм 25А F60 М6V.

С точки зрения времени обработки лимитирующей является токарная операция. Это связано с большой концентрацией технологических переходов и последовательно выполняемой черновой и чистовой обработкой.

Наиболее ответственными являются операции по зубообработке, так как они формирует рабочую поверхность вала-шестерни.

Сведения о обеспечении операций внесены в маршрутную карту в таблицу А.1 приложения А. Операционная карта - таблица А.2.

## 2.6 Проектирование операций

Первый этап проектирования по расчету припусков и размеров. Для проектирования операций определяют припуски по его составляющим элементам (рисунок 5) [8].

Глубина резания для первого прохода  $t = 6$  мм. С учетом параметров резца подача  $S_o = 0,663$  мм/об [14].

«Скорость резания по формуле [10]

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot k_v, \quad (5)$$

где  $C_v$  –коэффициент для метода точения,

$k_v$  – коэффициент для условий обработки;

$T$  – стойкость, мин,

$t$  – глубина резания, мм,

$S$  – подача, мм/об;

$x, y, m$  - показатели степени для учета условий обработки» [16].

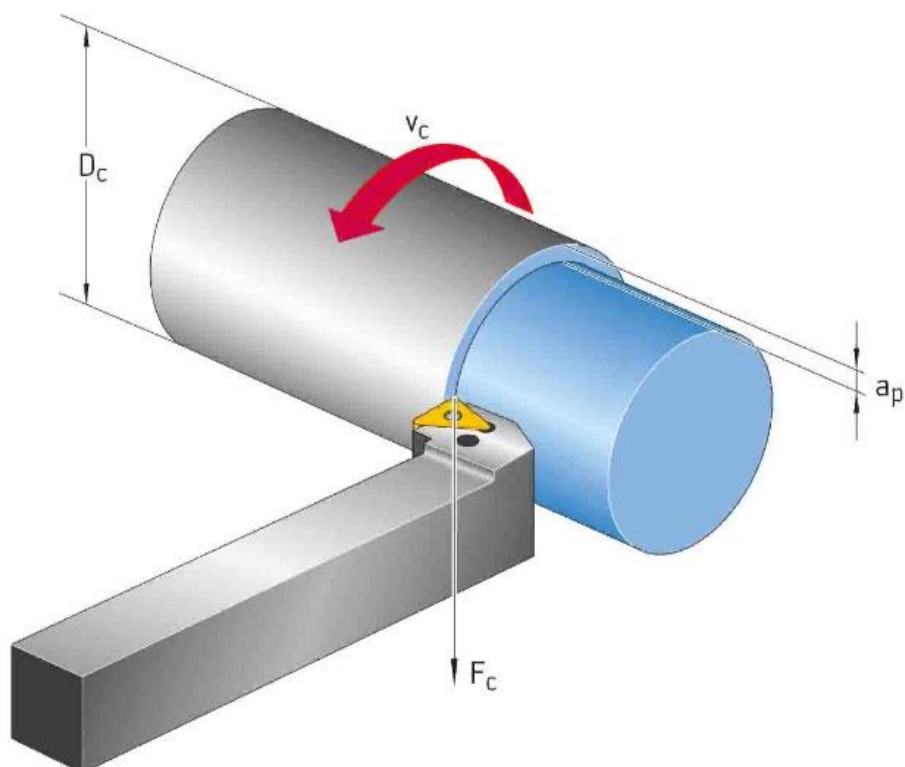


Рисунок 5 – Схема обработки и составляющие режима резания

«Коэффициент для условий обработки

$$k_v = k_{uv} \cdot k_{mv} \cdot k_{pv}, \quad (6)$$

где  $k_{uv}$  – коэффициент, учитывающий влияние материала инструмента;

$k_{mv}$  – коэффициент влияния материала заготовки;

$k_{pv}$  – коэффициент, учитывающий влияние состояния поверхности»

[17].

$$k_{MV} = k_z \cdot \left( \frac{750}{\sigma_s} \right)^{n_V}, \quad (7)$$

где  $k_r$  – коэффициент материала;

$n_V$  – показатель.

После подстановки

$$k_{MV} = 0,8 \cdot \left( \frac{750}{735} \right)^1 = 0,82.$$

$$k_V = 0,82 \cdot 0,65 \cdot 0,8 = 0,42.$$

Стойкость  $T$  для резца с пластиной принята 40 мин [15].

$$V = \frac{350}{40^{0,2} \cdot 3,5^{0,15} \cdot 0,663^{0,35}} \cdot 0,42 = 61 \text{ м/мин.}$$

Для второго прохода

$$V = \frac{350}{40^{0,2} \cdot 0,4^{0,15} \cdot 0,252^{0,35}} \cdot 1,02 = 277 \text{ м/мин.}$$

Обороты для диаметра  $D$

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}. \quad (8)$$

По 450 мм

$$n = \frac{1000 \cdot 61}{3,14 \cdot 450} = 64 \text{ мин}^{-1}.$$

По 130 мм (основной диаметр)

$$n = \frac{1000 \cdot 64}{3,14 \cdot 130} = 157 \text{ мин}^{-1}.$$

Тоже самое для чистовых переходов. По 450 мм

$$n = \frac{1000 \cdot 277}{3,14 \cdot 450} = 196 \text{ мин}^{-1}.$$

По 130 мм (основной диаметр)

$$n = \frac{1000 \cdot 277}{3,14 \cdot 130} = 679 \text{ мин}^{-1}.$$

Учтем нагрузку на привод станка через силу [13]

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot v^n \cdot k_p, \quad (9)$$

«где  $C_p$  – постоянный коэффициент;

$t, S, v$  – режим обработки;

$x, y, n$  – показатели степени» [14].

«Геометрия резца учитывается как

$$k_p = k_{mP} \cdot k_{\varphi P} \cdot k_{\gamma P} \cdot k_{\lambda P} \cdot k_{rP}, \quad (10)$$

где  $k_{mP}$  – коэффициент по обрабатываемому материалу;

$k_{\varphi P}, k_{\gamma P}, k_{\lambda P}, k_{rP}$  – коэффициенты влияния геометрии режущей части»

[16].

Сила в итоге

$$k_{mP} = \left( \frac{735}{750} \right)^{0,75} = 1.$$

$$k_p = 1 \cdot 0,89 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 1,04 = 1,02.$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 3,5^1 \cdot 0,663^{0,75} \cdot 61^{-0,15} \cdot 1,02 = 8495 \text{ Н.}$$

Мощность резания

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}. \quad (11)$$

Подставив

$$N = \frac{8495 \cdot 61}{1020 \cdot 60} = 12,4 \text{ кВт.}$$

Режимы растачивания берутся аналогично черновому точению [11].

Мощность двигателя главного привода станка Traub 15 кВт. Для выбранных режимов обработка возможна.

«Штучное время:

$$T_{шт} = T_o + T_с + T_{об} + T_{пер}, \quad (12)$$

где  $T_o$  - основное время, мин;

$T_с$  - вспомогательное время, мин;

$T_{об}$  - время обслуживания, мин;

$T_{пер}$  - время перерывов в работе» [19].

Общее время

$$T_{он} = T_o + T_с. \quad (13)$$

«Время обслуживания

$$T_{об} = T_{тех} + T_{орг}, \quad (14)$$

где  $T_{тех}$  – время обслуживания технического, мин;

$T_{орг}$  - время обслуживания организационного, мин» [16].

Если считать переходы по рисунку 6, то длина перемещения инструмента на снятии напуска увеличивается. Учтем также проходы по подрезке торцов большой ступени.

Общая длина перемещений составит 1607 мм. Для минутной подачи в 142 мм/мин общее основное время будет 11,3 мин.

Для чистовых переходов путь резания 855 мм. Тогда для 152 мм/мин основное время 5,6 мин.

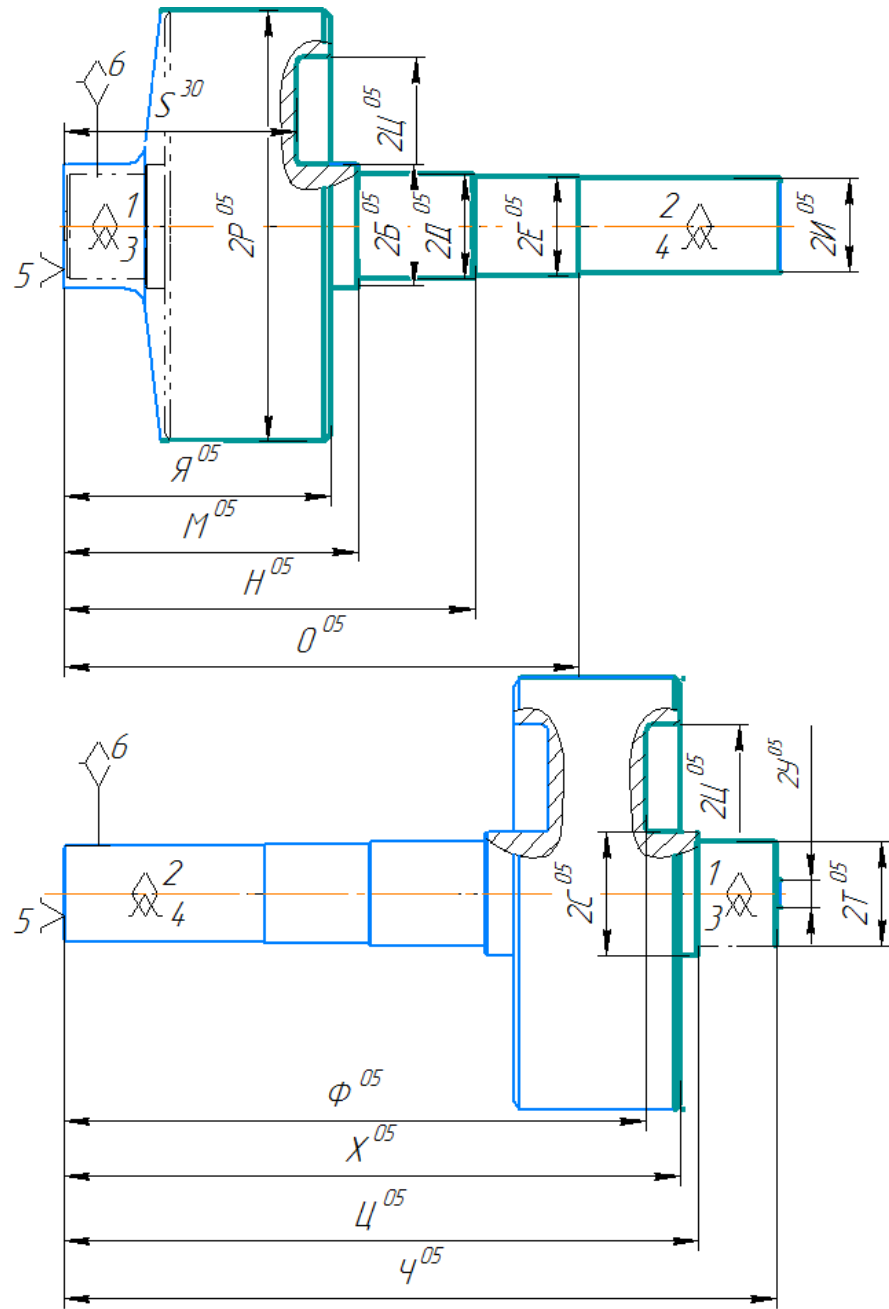


Рисунок 6 – Базирование на 005 токарной операции

При растачивании путь резания 1540 мм при подаче 142 мм/мин и время 10,8 мин.

Для зубо-фрезерования (рисунок 7).

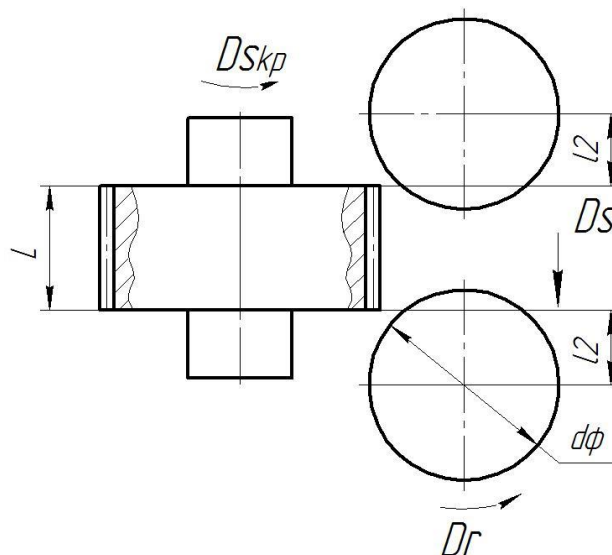


Рисунок 7 – Схема зубо-фрезерования

«Основное время

$$t_0 = [(l + l_1 + l_2)/(S_0 \cdot n_{\phi} \cdot g \cdot \cos \beta)]Z, \quad (15)$$

где  $l$  - длина зуба колеса, мм;

$l_1$  - длина врезания, мм;

$l_2$  - длина перебега, мм;

$S_0$  - подача фрезы за один оборот заготовки (осевая подача), мм/мин;

$n_{\phi}$  - частота вращения фрезы, об/мин;

$g$  - число заходов фрезы;

$Z$  - число нарезаемых зубьев, мм;

$B$  - угол наклона зуба колеса, град» [17].

«Для косозубых колес:

$$l_1 = \frac{\sqrt{h(d_{\phi} - h)}}{\cos(\beta \pm \lambda)}, \quad (16)$$

$$l_2 = 3m \cdot \operatorname{tg}(\beta \pm \lambda) \pm (3 \dots 5), \quad (17)$$

где  $d_{\phi}$  - диаметр фрезы, мм;

$h$  - высота зуба, мм.

$\lambda$  - угол наклона стружечных канавок червячной фрезы, град» [4] .

Подставив

$$l_1 = \frac{\sqrt{10(140-10)}}{\cos(7,9-2,5)} = 36,2 \text{ мм.}$$

$$l_2 = 3 \cdot 5 \cdot \operatorname{tg}(5,4) - 5 = 10 \text{ мм.}$$

$$t_0 = [(175 + 36,2 + 10)/(2,5 \cdot 180 \cdot 1 \cdot \cos 7,9)]88 = 43,6 \text{ мин.}$$

Добавив соответствующие составляющие по вспомогательному времени, время организационного и технического обслуживания, а так же время на отдых в процентах от оперативного, получим все необходимые составляющие для расчета точного времени на операциях. Штучное время на зубообработке с учетом времени вспомогательного, обслуживания и отдыха составит 53,1 мин. По совокупности времени зубофрезерование является лимитирующей операцией, так как на токарной время переходов токарных 27,4 мин.

Найденное время представлено в технологических документах.

Вывод по разделу

Для вала-шестерни с учетом особенностей его конструкции, заключающаяся в значительной массе, выбраны наиболее подходящий метод получения заготовки штамповкой. Спроектированную технологическую операции, которая включает в себя типовые технологические переходы по обработке ступенчатой детали. Это дает возможность технические требования заданные на чертеже.



### 3 Проектирование оснастки

#### 3.1 Разработка приспособления

Наиболее ответственная и трудоемкая операция - зубофрезерование, которое проводится на зубофрезерном станке при помощи червячной фрезы.

Эскиз обработки приведен на рисунке 8.

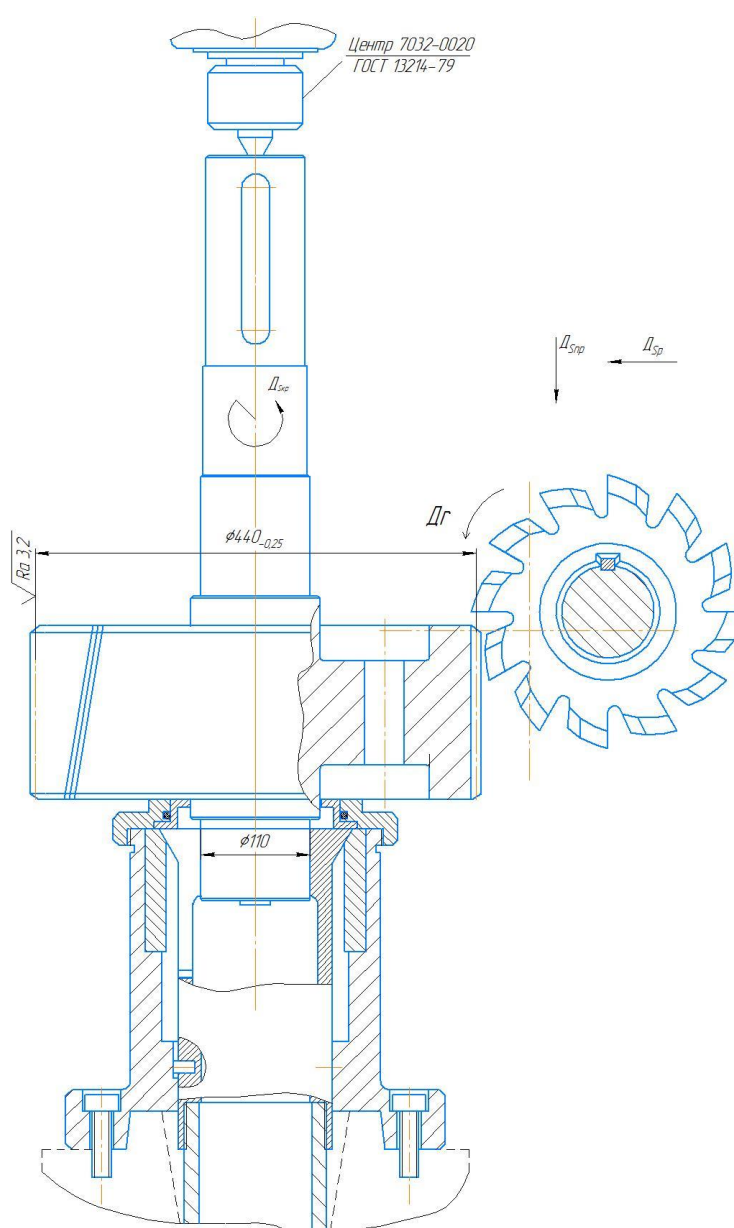


Рисунок 8 – Операционный эскиз зубофрезерной операции

Точность установки заготовки должна соответствовать обработке по 10 степени точности зубчатой поверхности. Для этого необходимо использовать самоцентрирующий цанговый патрон [1].

На рисунке 9 показана схема установки заготовки. Она двух опорная. Нижней опорой является цанговый патрон. Он используется для закрепления по уже обработанной до 9 качества точности размера поверхности. Верхний центр является второй опорой. С учетом соотношения размеров вертикальная установка заготовки обеспечивает необходимую жесткость при обработке, так как зона фрезерования находится рядом с корпусом патрона.

Для того, чтобы разместить тяжелую заготовку, используем опору заготовки в продольном направлении на корпус патрона по внешнему фланцу.

Если при обработке на заготовку действует осевая сила, то она заставляет прокручиваться заготовку в цанговом патроне. Кроме того действует радиальная составляющая (рисунок 9).

Условие равновесия сил фрезерования и сил зажима  $W$  при действии тангенциальной силы [16]

$$W = k \frac{(P_z d_d)}{n(f d_o)}, \quad (18)$$

где  $k$  - коэффициент надежности;

$P_z$  – тангенциальная сила резания, Н;

$d_d$  – делительный диаметр, мм;

$n$  – количество лепестков у цанги;

$f$  – коэффициент трения;

$d_o$  – расстояние до точки опрокидывания заготовки, мм.

То же самое при действии осевой силы

$$W = k \frac{(P_o d_d)}{n(f d_3)}, \quad (20)$$

где  $P_o$  – осевая сила резания, Н;

$d_3$  – диаметр базовой поверхности, мм.

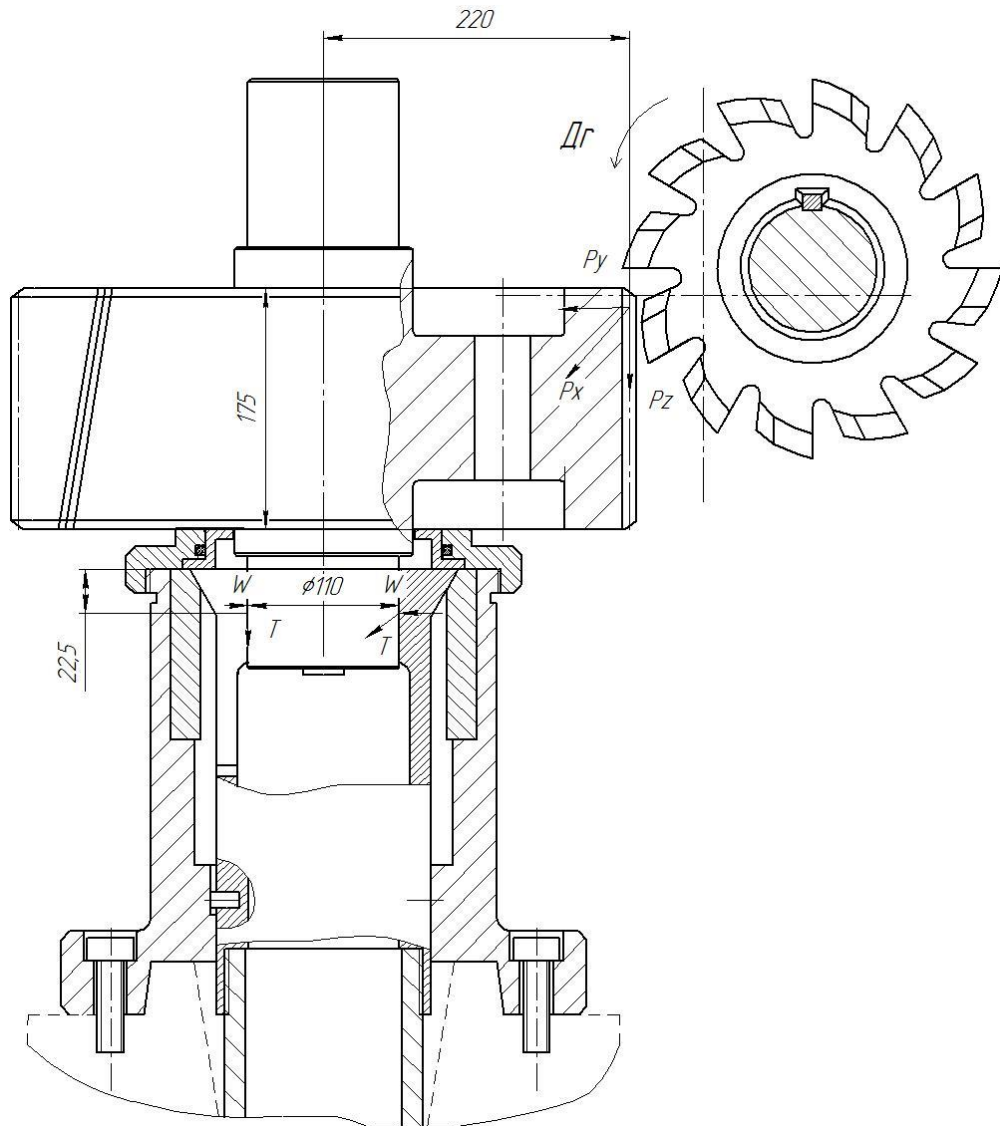


Рисунок 9 – Схема действия сил зажима и сил резания

Вал двух опорный. Сопротивление радиальной составляющей оказывают непосредственно станочные элементы. Поэтому ее действие не учитываются.

Тангенциальная составляющая резания стремится вырвать заготовку из патрона, чему также препятствует установке с двумя опорами с поджимом верхним центром. Но для повышения надежности закрепления, учтем данную составляющую.

$K$  рассчитывается

$$K = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5, \quad (21)$$

«где  $k_0$  – минимум данного параметра;

$k_1$  – учет для неравномерности сил резания;

$k_2$  – учет износа инструмента;

$k_3$  – учет ударного резания;

$k_4$  – учет схемы установки;

$k_5$  – учет механизации привода зажима» [14].

Для ударного резания с износом и механизацией зажима

$$k = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1,2 = 2,59.$$

Сила фрезерования червячной фрезой равна

$$P_z = 10C \cdot m^{1.4} S^{0.75} t^{1.4} v^{-0.28} K, \quad (22)$$

где  $m$  – модуль, мм;

$S$  – подача, мм/об;

$t$  – глубина резания с учетом припуска под последующую обработку, мм;

$v$  – скорость резания, м/мин;

$K$  – поправочный коэффициент.

$$P_z = 15 \cdot 5^{1.4} 3^{0.75} 9^{1.4} 78^{-0.28} = 20820 \text{ Н.}$$

Осевую силу примем как

$$P_0 = 0,25P_z = 0,25 \cdot 20820 = 5206 \text{ Н.}$$

$$W_z = 2,59 \frac{20820 \cdot 0,1}{3 \cdot 0,4 \cdot 0,05} = 89873 \text{ Н.}$$

$$W_o = 2,59 \frac{5206 \cdot 0,22}{3 \cdot 0,4 \cdot 0,11} = 22470 \text{ Н.}$$

С учетом двух опорной схемы примем для расчета меньшую силу резания, так как опора – центр оказывает сопротивление опрокидывающему моменту.

«Выбираем цанговый зажим, для которого необходима дополнительная сила

$$Q = 3 \cdot Ftq(\alpha + \varphi), \quad (23)$$

где  $\alpha$  - угол, °;

$\varphi$  - угол трения» [17].

Для угла трения учтем коэффициент трения  $f$

$$\varphi = \text{arctgf} . \quad (24)$$

«Момент сопротивления с учетом конструктивных размеров

$$F = 6000 \frac{\delta D^3 S}{l^3}, \quad (25)$$

где  $\delta$  - зазор для установки заготовки, мм;

$D$  – диаметр цанги, мм;

$S$  – толщина цанги, мм;

$l$  – вылет цанги, мм» [17].

Для конструктивных размеров

$$F = 6000 \frac{0,1 \cdot 150^3 \cdot 5}{110^3} = 7607 \text{ Н.}$$

Для зажима необходимо приложить силу

$$Q = 22470 + 7607 = 30077 \text{ Н.}$$

Параметры привода включают определение диаметра поршня

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{Q}{\eta P}}, \quad (26)$$

где  $Q$  – общее усилие на штоке, Н;

$P$  – давление, мПа;

$\eta$  - коэффициент полезного действия.

Примем  $\eta$  равным 0,95. Тогда

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{30077}{0,95 \cdot 2,5}} = 127 \text{ мм.}$$

Конструктивно принимаем 150 мм для зажима с гидравлическим приводом.

Точность цангового патрона зависит от размеров, связывающих посадочное отверстие в корпусе патрона и базовой поверхности цанги. Они складываются из несоосности отверстия установочного элемента патрона и направляющего отверстия в корпусе патрона под цангу. Также через несоосность этого отверстия и отверстия самой направляющей втулки, запрессованной в корпус патрона, и в которой скользит цанга. Также учитывается несоосность изготовления самой цанги. Этот параметр связывает ее внешнюю коническую и внутреннюю базовую поверхность.

Сумма несоосностей в вероятностном исполнении не должна превышать установленную точность на операции (0,054 мм).

Цанговый патрон стоит из корпуса 1, который по посадочной поверхности устанавливается на базовый фланец зубо-фрезерного станка. В корпусе 1 вертикально перемещается шток цанга 11, которая соединяется с тягой 3. Сама тяга 3 прикручивается на шток 12 гидравлического привода зажима. На штоке 12 гайками 16 зафиксирован поршень 8, в цилиндрических канавках которого установлены уплотнения 18. Также уплотнения

установлены по всем подвижным поверхностям штока и отверстий. В частности на муфте 6, которая вращается внутри подшипников 21.

Муфта 6 устанавливается в корпусе 4 и крепится винтами, которые на чертеже не показаны. Весь корпус 7 гидравлического привода крепится на нижней части стола неподвижно. Для обеспечения вращения вместе с тягой 12 и корпусом 7 привода зажима патрона предусмотрена муфта 6. Шланги насоса гидравлического привода вкручиваются в конические резьбовые отверстия. Уплотнения внутри рабочей полости цилиндров, установленных в торце, необходимы для предотвращения ударов поршня по корпусу. Для ограничения перемещений цанги 11 используется упор 10, вкрученный в корпус 1. Для предотвращения поворота цанги внутри направляющей втулки используется направляющий штифт 9. Сама цанга скользит внутри направляющей втулки 5, запрессованной в корпус патрона 1. Сверху на корпусе установлена крышка 5 с предохранительным диском 20. Сам корпус патрона крепится к рабочему столу станка при помощи винтов 13.

Цанговый патрон работает следующим образом. После установки верхнего поджимного центра, заготовка помещается внутрь корпуса патрона базовой шейкой. Происходит поджим верхним центром. Включается привод зажима и цанга перемещается вниз. Давление подается в верхнюю часть привода зажима. При движении вниз цанги, происходит фиксация заготовки. После проведения обработки создается давление в нижней рабочей полости и цанга выдвигается вверх. Лепестки сжимаются. Происходит раскрепление заготовки.

### **3.2 Проектирование инструмента**

По степени точности и требований по твердости требуется отделочная обработка зубчатого венца. Для этого необходимо сформировать на профиле зуба припуск на чистовые переходы.

Есть два подхода по формированию профиля зуба: точная обработка может быть выполнена с использованием процессов лезвийными режущими кромками, так и абразивным материалом [21].

Из-за большого количества зубьев и большого модуля выборка материала очень существенная.

Чтобы ускорить процесс необходимо использовать высокопроизводительный метод обработки. В области зубонарезания таким методом является фрезерование червячной фрезой. Профилирование зубчатой поверхности происходит методом обката. На рисунке 10 показан станок 53А80 для обработки.



Рисунок 10 – Станок 53А80



Для ускорения процесса можно использовать двух или трех заходные фрезы, но увеличение данного параметра приводит к искажению профиля зуба. Поэтому конструкция фрезы будет однозаходной, для максимально равномерного формирования припуска под чистовую обработку. Фреза является дорогостоящим инструментом. Поэтому увеличение срока его службы и продление стойкости работы при одной наладке являются ключевыми факторами, которые обеспечивают эффективность данной операции.

Более оптимальным вариантом, в данном случае, является сборная конструкция фрезы. Использование вставок в виде зубчатых реек дает возможность оперативно их заменять по мере износа. Также решается вопрос по использованию сложно профильного корпуса фрезы, который можно использовать для зубообработки деталей с другими конструктивными параметрами путем замены инструментальных реек.

Недостатками сборного инструмента является снижение точности и жесткости. В данном случае обработка является предварительной с последующим зубошевингованием и зубошлифованием, так что этот недостаток не является критичным. А вот ускорение процесса за счет оперативной замены режущих элементов (ВК6ОМ) и возможность переточки режущей части отдельно для каждой рейки дает возможность обеспечить повышение производительности.

$$t_0 = [(175 + 36,2 + 10)/(2,7 \cdot 200 \cdot 1 \cdot \cos 7,9)]88 = 36 \text{ мин.}$$

Время операции составит 42,9 мин.

Выводы по разделу

Спроектирован цанговый патрон для всех зубообрабатывающих операций. Спецификации в таблицах Б.1 приложения Б и в таблице В.1 приложения В. Спроектирована червячная сборная с вставными зубьями червячная фреза для высокопроизводительной обработки.

#### **4 Экологичность и безопасность проекта**

Рассмотрим технологический процесс изготовления вала-шестерни из материала 40ХНА из заготовки штамповки массой 470 кг.

Анализ технологических операций на определение вредных и опасных факторов включает в себя учет материала 40ХНМА [3]. Он имеет плохую обрабатываемость и относится к категории труднообрабатываемых сталей, что может привести к большим силам и температурам при обработке. Припуски значительные и образуется большое количество металлической стружки и пыли. Они могут быть опасными для дыхательной системы и глаз.

На операциях обработки (токарная, фрезерная обработка, зубообработка, шлифование шеек и зубьев) опасные факторы однотипные. В процессе обработки могут возникать физические травмы от вращающихся частей оборудования, а также опасность от острых кромок и движущихся частей станков и транспортного оборудования.

При охлаждении зоны резания эмульсолом возникают испарения: Эмульсол может быть токсичным и вызывать раздражение кожи и дыхательных путей.

Производственный шум и вибрация разного рода. На штамповке возникают единичные возмущения ударного действия. При обработке будет вибрационная нагрузка. Длительное воздействие шума и вибрации может привести к потере слуха, проблемам с эндокринной системой.

Монотонность и физическое напряжение характерно для операций по механической обработке: Длительное выполнение однообразных операций может привести к усталости и снижению концентрации, что увеличивает риск получения травм.

Используется опасное электрическое оборудование с напряжением 380 В. Неисправное или неправильно используемое электрическое оборудование может стать источником электрического шока, а также причиной пожара.

Все последствия от действия вредных и опасных факторов группируем по видам, для каждого из которых будут предусмотрены меры защиты. Риск получения травм от вращающихся частей оборудования, острых кромок и движущихся частей. Воздействие токсичных испарений может вызвать раздражение кожи и дыхательных путей, а также привести к отравлению. Длительное воздействие шума и вибрации может привести к потере слуха и другим проблемам со здоровьем. Длительное выполнение однообразных операций может привести к усталости и снижению концентрации, что увеличивает риск получения травм. Неисправное или неправильно используемое электрическое оборудование может стать источником электрического шока или пожара.

Для снижения вредного влияния перечисленных факторов обязательно использование средств индивидуальной защиты (СИЗ), таких как защитные очки, перчатки, наушники и специальная одежда.

Вокруг подвижных частей должна быть установка защитных ограждений и экранов вокруг вращающихся частей оборудования.

Организационно и технически обеспечиваются регулярные проверки и обслуживание оборудования для предотвращения поломок и аварий.

Для обеспечения норм по чистоте воздуха должно быть обеспечено использование систем вентиляции для удаления токсичных испарений и пыли как местное, так и общецеховое. Последнее с системой фильтрации.

Организационные меры включают обучение работников правилам безопасности и проведение регулярных тренировок. Должна быть обеспечена разработка плана действий и следование ему в чрезвычайных ситуациях. Также составляется план пожарной безопасности, который включает в себя инструкции по действиям в случае пожара, расположение средств пожаротушения и эвакуационные маршруты.

Установка сигнализации и автоматических систем отключения в случае аварийной ситуации для оборудования. Использование эргономичной мебели

и правильной организации рабочего места для снижения физической нагрузки.

Соблюдение правил электробезопасности и регулярная проверка электрооборудования обеспечат как защиту от поражения током, так и обеспечат пожарную безопасность.

Установка звукоизоляционных материалов на стены и оборудование для снижения уровня шума. Для устранения вибраций используется виброизоляция в виде демпферных опор на станках и балансировка инструмента.

Массо-габаритные характеристики детали большие. Масса заготовки около 500 кг в готовом виде, как заготовка – до 619 кг. Транспортировка заготовки такой массой на производстве представляет собой сложную задачу, требующую использования специализированного оборудования и соблюдения специфических мер безопасности.

Основные опасности при транспортировке заготовки включают в себя риск получения травм при подъеме и перемещении груза, а также возможность повреждения оборудования или самой заготовки.

Для устранения этих рисков необходимо принять и организационные и технические меры. Для подъема и перемещения заготовки необходимо использование такого специализированного оборудования, как кран-балка, лебедки или тележки. Обязательно обучение персонала правилам безопасности при работе с тяжелыми грузами.

Установка защитных ограждений и барьеров вокруг рабочей зоны при манипуляции с заготовкой при установке и снятии со станка, чтобы предотвратить случайный контакт с движущимися частями.

При транспортировке заготовки массой до 620 кг необходимо соблюдать все меры безопасности, чтобы избежать возможных травм и повреждений оборудования.

На производстве с напряжением 380 В, искрами и промасленной ветошью, категория пожарной опасности будет В. Для обеспечения

пожарной безопасности необходимо предусмотреть установить в цеху автоматическую систему пожаротушения, которая может реагировать на возгорание.

По участку обработки вала-шестерни должно быть обеспечено наличие огнетушителей и других средств пожаротушения в легко доступных местах.

Организационно-технической мерой является регулярная уборка и удаление промасленной ветоши, которая может стать источником возгорания и ограничение доступа к опасным зонам и материалам, которые могут стать источником пожара.

Организация регулярных проверок электрооборудования и проводки необходима, чтобы исключить короткие замыкания и искрение. Обучение персонала правилам пожарной безопасности и проведение регулярных тренировок по эвакуации относится к организационным мерам.

Для снижения энергопотребления в производстве можно провести оптимизацию технологических и вспомогательных процессов. Улучшение теплоизоляции зданий может также снизить потери тепла.

Для контроля выбросов в воздух и воду необходима установка систем очистки воздуха и воды, включающая использование фильтров, абсорбентов и других технологий для очистки выбросов от вредных веществ.

Очистка дополняется мониторингом выбросов для контроля их соответствия установленным нормам.

Для утилизации твердых отходов выполним разделение отходов по типам для упрощения их последующей утилизации. Далее следует переработка отходов для получения вторичного сырья или энергии. Остальные отходы утилизируются на полигонах.

#### Выводы по разделу

В разделе предложены меры по безопасности и экологичности процесса изготовления вала-шестерни. Эти меры помогут снизить негативное воздействие производства на окружающую среду и способствовать экологической устойчивости.

## 5 Экономическая эффективность работы

Все предыдущие разделы были посвящены совершенствованию технологического процесса изготовления детали «крупно-модульная вал шестерня». Поэтому в конце бакалаврской работы необходимо провести расчеты, связанные с экономической эффективностью, этих совершенствований.

Для этого, сначала даем краткое описание, внесенных в технологический процесс, изменений (рисунок 11).

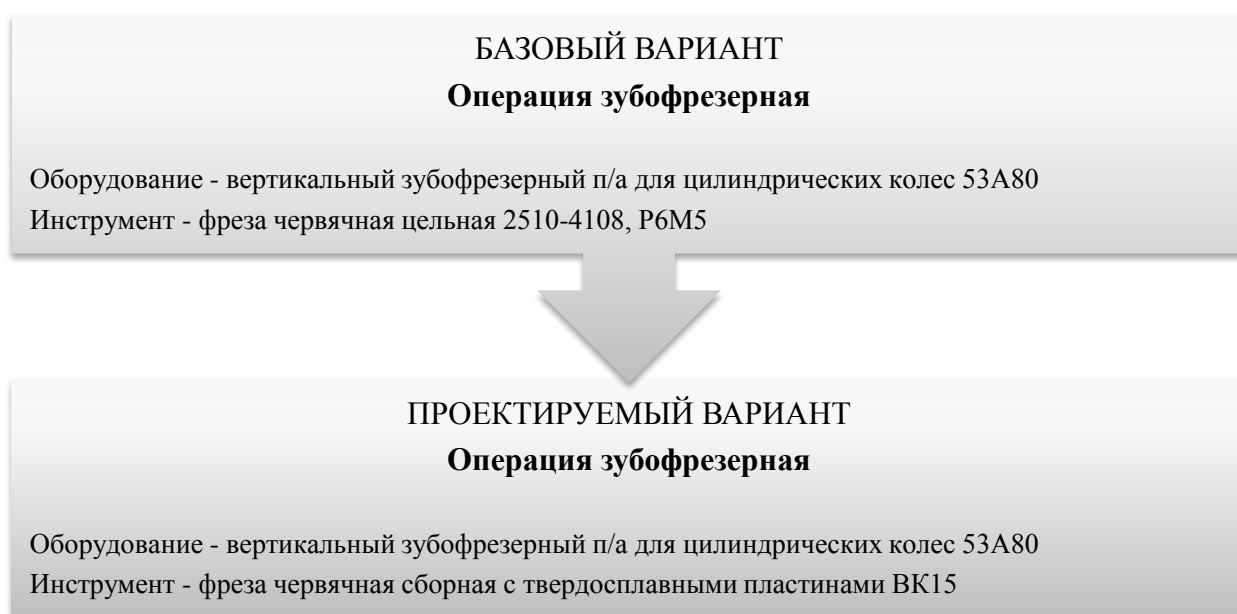


Рисунок 11 – Краткое описание, внесенных в технологический процесс, изменений

Как видно из рисунка 11, благодаря внесенным изменениям удалось достичь уменьшения трудоемкости выполнения данной операции, за счет сокращения количества переходов. Эти изменения позволили сократить общую трудоемкость изготовления детали «крупно-модульная вал шестерня» на 8,4 минуты.

На основе описанных изменений, будет осуществлен расчет значимых показателей, для подтверждения их экономической эффективности. Значимые показатели приведены на рисунке 12.



Рисунок 12 – Значимые показатели для подтверждения экономической эффективности изменений

Как видно из рисунка 12, отправной точкой в экономических расчетах является размер инвестиций. Именно этот показатель дает понимание в необходимых финансовых вливаниях в предложенные совершенствования. Для его определения используют специальную методику [6], которая позволяет учитывать все необходимые затраты в этот проект. Итоговый размер инвестиций и его детализация, представлен на рисунке 13.

Как видно из рисунка 13, самую весомую долю в инвестициях занимают затраты на оборудование ( $K_{ОБ}$ ), которые составляют 80,93 % всех затрат в производство. И это логично, потому что, если проект предполагает использование другого оборудования, это значит, что затраты на его приобретение будут самыми высокими. Следующая значимая величина затрат, это инструмент ( $K_{И}$ ), которые составляют 16,87 % от размера всех инвестиций. Это связано с тем, в технологическом процессе применяется инструмент, который имеет высокую покупную стоимость. Все остальные статьи затрат такой весомости в размере инвестиций не имеют, но малыми

долями его увеличивают. Доля остальных затрат изменяется от 2,95 % до 5,84 %.

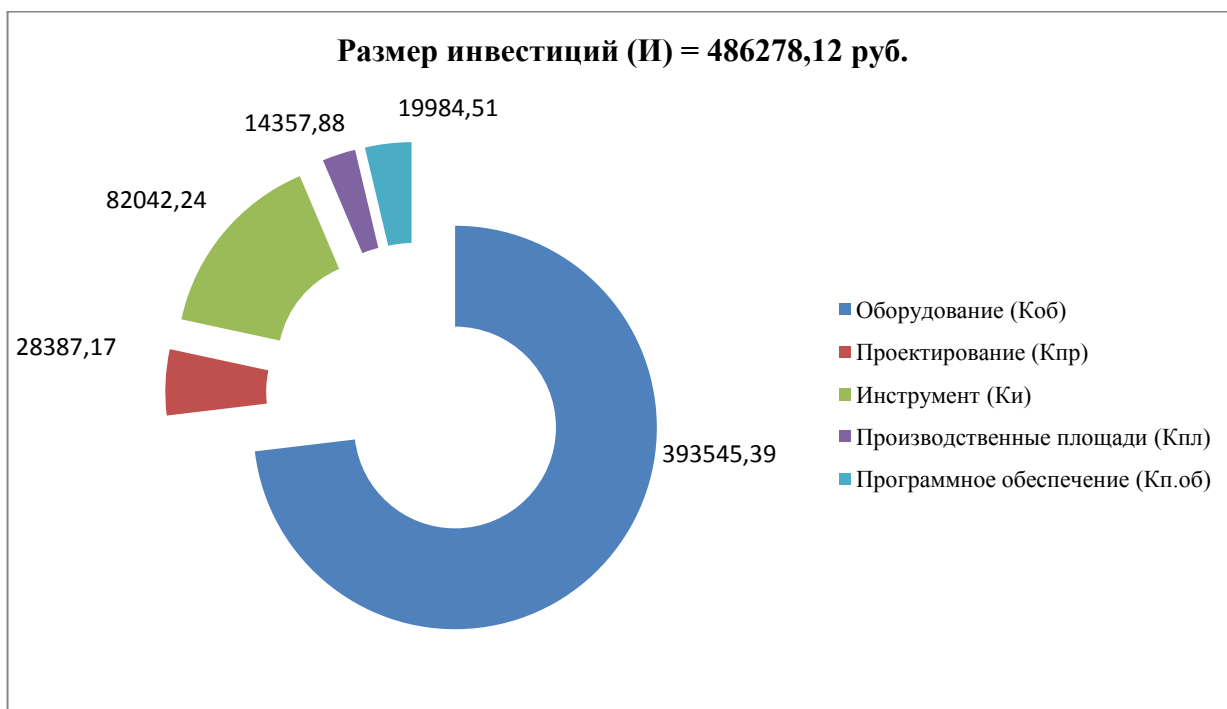


Рисунок 13 – Итоговый размер инвестиций и его детализация, руб.

Значения срока окупаемости можно рассчитать по формуле (27), (28), а экономический эффект определяется по формуле (29). Формулы и название условных обозначений этих показателей представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Формулы определений срока окупаемости и экономического эффекта и название условных обозначений

Название показателя	Формула для расчета	Условные обозначения, не встречающиеся ранее в разделе
1	2	3
Срок окупаемости	$T = \frac{I}{P_{чист}} \quad (27)$ $T = \frac{I}{(C_1 - C_2) \cdot P_T \cdot (1 - K_{нал})} \quad (28)$	<p>где «<math>P_{чист}</math>» – чистая ожидаемая прибыль, руб.;</p> <p><math>C_1</math> и <math>C_2</math> – себестоимость изготовления до и после совершенствования, соответственно, руб.;</p>



Продолжение таблицы 2

1	2	3
-	-	$K_{НАЛ}$ – коэффициент налогообложения, который, для юридических лиц, составляет 20 % или в абсолютной величине – 0,2» [6]
Экономический эффект	$ЭЭ = \left( \sum_1^T П_{ЧИСТ} \cdot \frac{1}{(1+E)^t} \right) - И$ (29)	где « $E$ – процентная ставка на капитал; $t$ – годы получения прибыли, в пределах принятого горизонта расчета» [6]

Рассчитаем по представленным в таблице 2 оставшиеся экономические показатели. Величина себестоимости и размер чистой прибыли определялись по специальным методикам [6] с применением программного обеспечения, такого как Microsoft Excel. С учетом полученных параметров и программы выпуска ( $П_{Г} = 500$  шт.), рассчитаем срок окупаемости и экономический эффект.

$$T = \frac{486278,12}{(1842,49 - 1492,79) \cdot 500 \cdot (1 - 0,2)} = \frac{486278,12}{139880} = 3,476 = 4 \text{ года.}$$

$$\begin{aligned} ЭЭ &= \left( 139880 \cdot \left( \frac{1}{(1+0,1)^1} + \frac{1}{(1+0,1)^2} + \dots + \frac{1}{(1+0,1)^4} \right) \right) - 486278,12 = \\ &= 77044,21 \text{ руб.} \end{aligned}$$

Выводы по разделу

Согласно проведенным расчетам, экономический эффект получен, его величина составляет 77044,21 руб. Поэтому предложенные совершенствования в технологический процесс можно считать целесообразными и обоснованными.

## Заключение

Выполнена разработка технологического процесса изготовления крупно модульного вала-шестерни. Эта деталь, являющаяся конструктивно сложным элементом механического редуктора, была тщательно изучена на предмет технологичности.

Главными проблемами при изготовлении вала-шестерни оказались высокая точность зубчатого венца и сложность обработки заготовки из-за её больших габаритов и массы. Штамповка была выбрана в качестве исходной заготовки, что позволило получить центральную ступень с существенно отличающимся диаметром. Однако, из-за большой массы заготовки её установка на станок занимала много времени. Поэтому было принято решение спроектировать новый режущий инструмент и станочное приспособление, чтобы увеличить производительность на всех этапах обработки.

Все технологические методы обработки соответствуют стандартным процедурам для данного типа заготовок. Наиболее эффективным оборудованием для выполнения технологического процесса оказался токарно-фрезерный центр, который позволил минимизировать переустановку вала и сформировать технические требования с минимальными затратами. Все технологические операции были оснащены необходимым режущим инструментом, зажимными приспособлениями и контрольно-измерительными средствами, что позволило достичь требуемых параметров по чертежу.

В процессе проектирования технологических операций были проведены расчёты припуска на обработку, операционных размеров, технологических допусков и режимов.

Разработанная технология соответствует всем необходимым экологическим стандартам и имеет экономическое обоснование предложенных улучшений.

## Список используемых источников

1. Антонюк В. Е. Конструктору станочных приспособлений : справ. пособие / В. Е. Антонюк. - Минск : Беларусь, 1991. - 400 с. : ил. - 5-50. - Текст : непосредственный.
2. Бушуев В. В. Практика конструирования машин : справочник / В. В. Бушуев. - Москва : Машиностроение, 2006. - 448 с. : ил. - (Библиотека конструктора). - Прил.: с. 440-448. - Библиогр.: с. 438-439. - ISBN 5-217-03341-X : 500-00. - Текст : непосредственный.
3. Горина Л. Н. Раздел выпускной квалификационной работы "Безопасность и экологичность технического объекта" : электрон. учеб.-метод. пособие / Л. Н. Горина, М. И. Фесина ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Управление промышленной и экологической безопасностью" . - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2018. - 41 с. - Прил.: с. 31-41. - Библиогр.: с. 26-30. - Режим доступа: Репозиторий ТГУ. - ISBN 978-5-8259-1370-4. - Текст : электронный.
4. Горохов В. А. Проектирование и расчет приспособлений : учебник для вузов / В. А. Горохов, А. Г. Схиртладзе. - Гриф УМО. - Старый Оскол : ТНТ, 2008. - 301 с. : ил. - Прил.: с. 252-297. - Библиогр.: с. 298-299. - ISBN 978-5-94178-181-2 : 329-60. - Текст : непосредственный.
5. Зубарев Ю. М. Специальные методы обработки заготовок в машиностроении : учеб. пособие для студентов машиностр. вузов / Ю. М. Зубарев. - Гриф УМО. - Санкт-Петербург : Лань, 2015. - 400 с. : ил. - (Учебник для вузов. Специальная литература). - Библиогр.: с. 392-395. - ISBN 978-5-8114-1856-5 : 1091-00. - Текст : непосредственный.
6. Зубкова Н.В. Методическое указание к экономическому обоснованию курсовых и дипломных работ по совершенствованию технологических процессов механической обработки деталей (для студентов специальностей 120100 / Н.В. Зубкова, – Тольятти : ТГУ, 2015. - 46 с.
7. Марочник сталей и сплавов / сост. А. С. Зубченко [и др.] ; под ред. А. С. Зубченко. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Машиностроение,

2003. - 782 с.

8. Назначение рациональных режимов резания при механической обработке : учебное пособие / В. М. Кишуров, М. В. Кишуров, П. П. Черников, Н. В. Юрасова. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 216 с. — ISBN 978-5-8114-4521-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/121986> (дата обращения: 17.05.2020)

9. Обработка металлов резанием [Текст] : справочник технолога / А. А. Панов [и др.] ; под общ. ред. А. А. Панова. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 2004. - 784 с. : ил. - Библиогр. в конце гл. - Прил.: с. 764-779. - Предм. указ.: с. 780-784. - ISBN 5-94275-049-1 : 1242-91. - 1000-00.

10. Расторгуев Д. А. Разработка плана изготовления деталей машин [Текст] : учеб.-метод. пособие / Д. А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2013. - 51 с. : ил. - Библиогр.: с. 50. - 28-58.

11. Расторгуев Д. А. Проектирование технологических операций [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. пособие / Д. А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - Тольятти : ТГУ, 2015. - 140 с. : ил. - Библиогр.: с. 55-56. - Прил. : с. 57-140. - ISBN 978-5-8259-0817-5 : 1-00.

12. Расторгуев Д. А. Технологическая часть выпускной квалификационной работы машиностроительного направления [Электронный ресурс] : электронное учеб.-метод. пособие / Д. А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2017. - 34 с. : ил. - Библиогр.: с. 31-34. - ISBN 978-5-8259-1145-8.

13. Расчет режимов резания при точении и фрезеровании [Текст] : метод. пособие к курс. работе по дисциплине "Технол. процессы машиностроит. пр-ва" для заоч. формы обучения спец. 12 01 00, 12 02 00, 15

01 00, 150200 / ТГУ ; Каф. "Технология машиностроения". - Тольятти : ТГУ, 2002. - 59 с. : ил.

14. Режущий инструмент [Текст] : учеб. для вузов / Д. В. Кожевников [и др.] ; под ред. С. В. Кирсанова. - Гриф УМО. - Москва : Машиностроение, 2004. - 511 с. : ил. - Библиогр.: с. 510-511. - ISBN 5-217-03250-2 : 312-00.

15. Режимы резания металлов : справочник / Ю. В. Барановский [и др.] ; под ред. А. Д. Корчемкина. - 4-е изд., перераб. и доп. - Москва : НИИТавтопром, 1995. - 456 с.

16. Строителев В. Н. Методы и средства измерений, испытаний и контроля [Текст] : учеб. для вузов / В. Н. Строителев ; [редкол.: В. Н. Азаров (председ.) и др.]. - Москва : Европ. центр по качеству, 2002. - 150 с. : ил. - (Управление качеством). - Библиогр.: с. 150. - Прил.: с. 115-149. - ISBN 5-94768-023-8 : 180-00.

17. Станочные приспособления : учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по направлениям подготовки 15.03.05 (151900) "Конструкторско-технол. обеспечение машиностроит. пр-в", "Автоматизация технол. процессов и пр-в (машиностроение)" / В. В. Клепиков [и др.]. - Гриф УМО. - Москва : Форум, 2016. - 318 с.

18. Схиртладзе А. Г. Технологическая оснастка машиностроительных производств : учеб. пособие. Т. 1 / А. Г. Схиртладзе, В. П. Борискин. - Гриф УМО. - Старый Оскол : ТНТ, 2008. - 547 с.

19. Grote K.-H., Antonsson E.K. Springer Handbook of Mechanical Engineering / K.-H Grote, E.K. Antonsson – New York : Springer Science - Business Media, 2008.

20. Nee A. Y. Handbook of Manufacturing Engineering and Technology / A. Y. C. Nee – London : Springer Reference, 2015.

21. Pahl G. Design for Minimum Cost. In: Engineering Design/ Pahl G., Beitz W., Feldhusen J., Grote KH. Springer: London. 2007. – p. 156

# Приложение А

## Технологическая документация

Таблица А.1 - Маршрутная карта

ГОСТ 3.1118-82 Форма 1												
Дуол.												
Бзам.												
Люол.												
								3	1			
Разраб.	Альферович											
Проверил	Расторгуев											
Утвердил	Логинев											
Н. контр.	Расторгуев											
Вал шестерня												
M 01	Сталь 30ХН3А ГОСТ 4543-71											
	Код	ЕВ	МД	ЕН	ЕН	Н. расх.	КИМ	Код заготовки	Профиль и размеры	КД	МЗ	
M 02		кг	470	1	619	0,7		Круг	461x764	1	619	
А	Цех Уч.	РМ	Опер.		Код, наименование операции		Обозначение документа					
Б	Код, наименование оборудования		СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Плз.
A03	000 Штамповка заготовительная											
B04	1 1 1 1											
A05	005 4269 Фрезерно-центровальная											
B06	Фрезерный станок (обрабатывающий центр) ИР320ПМФ4											
A07	07	2	010	4114	Токарно-винторезная		ИОТ Т5, С6					
B08	Токарный центр Traub TND 400											
A09	015 4153 Зубофрезерная											
B10	Вертикальный зубофрезерный полуавтомат 53A80											
A11	020 4157 Зубошпинговальная											
B12	Горизонтальный зубошпинговальный полуавтомат											
B13	5702В											
A14	025 5030 Закалка											
B15	1 1 1 1											
A16	030 4143 Круглошлифовальная											
МК	Маршрутная карта											

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

		ГОСТ 3.1118-82 Форма														
Дубл.	Взам.															
Тлоол.																
		2														
А	Цех	Уч.	РМ	Юлер.	Код. наименование операции	СМ	Проф.	Р	УГ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.
Б	Наименование детали, сб. единицы или материала		Обозначение документа													
К/М	Код. наименование оборудования		Обозначение. код													
Б01	Круглошлифовальный станок 3М194		1 1 1 1													
А02	07	2	035	4151	Зубошлифовальная											
Б03	Зубошлифовальный 5853		1 1 1 1													
А04	040 0125 Промывка		1 1 1 1													
Б05	045 0200 Контроль		1 1 1 1													
А06																
Б07																
А08																
Б09																
Б10																
А11																
Б12																
А13																
Б14																
О15																
Т16																
Т17																
МК	Маршрутная карта															





Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.2

ГОСТ 3.1105-84 Форме										
Дуол.										
Бзам.										
Тлоол.										
									3	
										015
КЭ	Карта эскизов									

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.2

ГОСТ 3.1404-86 Форма 3										
Дубл.										
Бзам.										
Любл.										
									5	1
Разраб.	Альферович									
Проверил	Рассторгуев									
Утвердил	Логинев									
Н. контр.	Рассторгуев									
Наименование операции	Вал шестерня									
Токарно-винторезная	Материал	Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры	МЗ	КОИД			
Оборудование, устройство ЧПУ	Сталь 30ХНМ ГОСТ 4543-71	кг	470		184x610	619	1			
Грауб TND 400	Обозначение программы	То	Тв	Тпз	Тшт.	СОЖ				
		22,1	5,3	25	30,6					
P	Диаметр	L	t	l	s	n	v			
T01	Центр ГОСТ 13214-79									
T02	Люнет 6046-0001 ГОСТ 21189-75									
T03	Патрон 7100-0016 ГОСТ 2675-80									
O04	1. Установить и закрепить заготовку									
O05	2. Точить наружную поверхность начерно									
T06	PCLNL 2525M16 Резец T15K6 ТУ 2-035-892-82									
P07		166	455	2,5	1	0,663	168	87,6		
O08	3. Точить кольцевые канавки									
T09	GYHL 2525M00-M25L Резец T14K8									
P10			3,5	15	0,663	196	61			
O11	4. Расточить канавку									
T12	FSVJB2520R-11S Резец T15K6									
P13			3,5	1	0,663	196	61			
OK	Операционная карта									

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.2

ГОСТ 3.1105-84 ФОРМЕ										
Дуол.										
Взам.										
Тлоол.										
									4	
										010
КЭ	Карта эскизов									

Приложение Б

Спецификация цангового патрона

Таблица Б.1 – Спецификация патрона

Формат	Экз.	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<i>Документация</i>						
A1			24ВКР.ОТМП.150.50.00.000.СБ	Сборочный чертёж. Сборочный чертёж		
<i>Детали</i>						
	1		24ВКР.ОТМП.150.50.00.001.	Корпус	1	
	2		24ВКР.ОТМП.150.50.00.002.	Крышка	1	
	3		24ВКР.ОТМП.150.50.00.003.	Тяга	1	
	4		24ВКР.ОТМП.150.50.00.004.	Корпус	1	
	5		24ВКР.ОТМП.150.50.00.005.	Кольцо опорное	1	
	6		24ВКР.ОТМП.150.50.00.006.	Крышка	1	
	7		24ВКР.ОТМП.150.50.00.007.	Кожух	1	
	8		24ВКР.ОТМП.150.50.00.008.	Поршень	1	
	9		24ВКР.ОТМП.150.50.00.009.	Штифт	1	
	10		24ВКР.ОТМП.150.50.00.010.	Винт упор	1	
	11		24ВКР.ОТМП.150.50.00.011.	Цанга	1	
	12		24ВКР.ОТМП.150.50.00.012.	Шток	1	
	13		24ВКР.ОТМП.150.50.00.013.	Винт установочный	4	
	14		24ВКР.ОТМП.150.50.00.014.	Винт гидроцилиндра	6	
	15		24ВКР.ОТМП.150.50.00.015.	Штифт	1	
	16		24ВКР.ОТМП.150.50.00.016.	Гайка	2	
	17		24ВКР.ОТМП.150.50.00.017.	Кольцо	1	
	18		24ВКР.ОТМП.150.50.00.018.	Манжета	3	
	19		24ВКР.ОТМП.150.50.00.019.	Манжета средняя	3	
	20		24ВКР.ОТМП.150.50.00.020.	Манжета	1	
			<b>24ВКР.ОТМП.150.50.00.000.СП</b>			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Разраб.	Альферович				Лист	Лист
Проб.	Расторгуев				1	2
Н.контр.	расторгуев				<b>ТМбп-1901ас</b>	
Утв.	Логинав					

КОМПАС-3D v21 Учебная версия © 2022 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены.  
 Идент. № докум. Идент. № листа Идент. № докум. Идент. № листа Идент. № докум. Идент. № листа

Не для коммерческого использования      Копировал      Формат А4



## Приложение В

### Спецификация фрезы

Таблица В.1 – Спецификация инструмента

Формат		Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол	Примечание
<i>Документация</i>							
A2				24.БР.ОТМП.150.75.00.000СБ	Сборочный чертеж		
<i>Детали</i>							
		1		24.БР.ОТМП.150.75.00.001	Корпус	1	
		2		24.БР.ОТМП.150.75.00.002	Режущая рейка	12	
		3		24.БР.ОТМП.150.75.00.003	Крышка левая	1	
		4		24.БР.ОТМП.150.75.00.004	Крышка правая	1	
		5		24.БР.ОТМП.150.75.00.005	Кольцо правое	1	
		6		24.БР.ОТМП.150.75.00.006	Кольцо левое	1	
		7		24.БР.ОТМП.150.75.00.007	Пластина опорная	12	
<i>Стандартные изделия</i>							
		8			Вит 2 М6 х 0,75-6g х 20.58.35X.01 ГОСТ Р 11738-84	6	
		9			Вит 2 М10 х 1-6g х 1558.35X.01 ГОСТ Р 11738-84	3	
				<b>24.БР.ОТМП.150.75.00.000.СП</b>			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<b>Фреза модульная</b>  ТГУ ТМдп-1901ас		
Разраб.		Альферович					
Проб.		Расторгуев					
Исполн.		Расторгуев					
Утв.		Логинов			Лит	Лист	Листов
					Д		1

КОМПАС-3D v21 Учебная версия © 2022 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены.

Не для коммерческого использования

Копировал

Формат А4