

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 вала-ротора перекачивающего насоса

Обучающийся	<u>Ю.М. Шишканов</u> (Инициалы Фамилия)	<u>_____</u> (личная подпись)
Руководитель	<u>к.т.н., 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 2023

Аннотация

Цель представленной работы - проектирование технологического процесса изготовления вала-ротора по техническим параметрам, сформулированным в рабочем чертеже. По заданию вал-ротор входит в конструкцию перекачивающего насоса и создает рабочее давление. При анализе исходных данных проведен контроль рабочего чертежа вала-ротора на соответствие технических требований, указанных на данном чертеже, функциональному назначению поверхностей вала-ротора. Выполнен качественный анализ технологичности с описанием главной проблемы при обработке данной детали – ее малой жесткости и больших деформаций. Также выявлена проблема с обработкой глубокого отверстия, для которого необходимо использовать или много переходную технологию сверления или специализированный инструмент сверло. В соответствии со структурой задания в технологическом разделе был выбран тип производства и его характеристики. В данном случае получился среднесерийный тип производства, под который подбиралось технологическое оборудование в виде станков с числовым программным управлением. С учетом выбранной горячей штамповки и требований рабочего чертежа детали, спроектированы технологические операции. Особенностью детали является обработка сквозного отверстия небольшого диаметра. Это требует технологического решения в виде использования однолезвийного сверла. Оно спроектировано в конструкторской части работы. Для базирования заготовки применяется система рычажных люнетов. Их конструкция также спроектирована в третьем разделе. В заключение проектирования, технологический процесс анализируется на вредные производственные факторы и, с учетом условий обработки, предлагаются меры по снижению их негативного влияния на работающих и окружающую среду. Замена много переходной технологии сверления на глубокое сверление обоснована в экономическом разделе.

Содержание

Введение.....	4
1 Анализ исходных данных.....	6
1.1 Анализ назначения детали	6
1.2 Классификация поверхностей	6
1.3 Анализ технологичности конструкции детали.....	7
1.4 Задачи работы	9
2 Разработка технологии изготовления	10
2.1 Выбор и проектирование заготовки.....	10
2.2 Выбор технологических баз	14
2.3 Разработка технологического маршрута.....	15
2.4 Выбор средств оснащения	17
2.5 Проектирование операции	20
3 Разработка специальной технологической оснастки	28
3.1 Проектирование приспособления	28
3.2 Проектирование инструмента	34
4 Экологичность и безопасность проекта.....	37
5 Экономическая эффективность работы	40
Заключение	44
Список используемых источников.....	45
Приложение А Технологические карты	48
Приложение Б Спецификация приспособления	56
Приложение В Спецификация инструмента	58

Введение

Цель представленной работы – разработать технологию изготовления вала-ротора, усовершенствованную относительно базового варианта, который реализуется с использованием стандартного инструмента на типовом оборудовании. Базовую технологию можно изменить по методам обработки, станкам и оснащению. Современные технологические процессы совершенствуются по этим направлениям.

Одно из направлений, наиболее эффективных в области обработки труднообрабатываемых материалов, это разработка гибридных технологий. В них комбинируют различные способы обработки материалов, включая высокоэнергетические, типа лазерных или вибрационных. За счет снижения сил резания и температур в зоне резания, это позволяет увеличить точность обработки, производительность и качество производства. Для вала-ротора возможен вариант применения вибрационного метода точения. Это положительно скажется на стружкодроблении, так как для стали 08X17H5 из класса нержавеющей сплавов проблема завивания стружки на автоматизированных станках является одной из главных.

Все шире применяются роботизированные системы для автоматизации технологических процессов для всех типов производств, включая мехобработку. Технологические и транспортные роботы выполняют операции быстро, надежно и стабильно по качеству и точности. Общие затраты на модернизацию за счет внедрения этих автоматизированных систем отбиваются за счет максимальной загрузки оборудования при изготовлении сложных деталей. Вал-ротор является технологически сложной и дорогостоящей продукцией, для которой данный способ изменения технологии мог бы повысить ее конкурентоспособность. Также автоматизация дополнительно обеспечит быстрый переход при переналадке для обработки других деталей.

Замена материала самой детали вала-ротора в данном конкретном случае не актуальна. Использование нового материала для элемента насоса, работающего в агрессивной среде, из-за чего и выбран тип коррозионно-стойкой стали, не оправдывает себя. Несмотря на то, что сплав 08X17H5 не обладает высокой стабильностью размеров и не высокой износостойкостью, его главное достоинство – коррозионная стойкость, перевешивает эти недостатки. Это свойство позволяет увеличить срок службы насоса и повысить эффективность его эксплуатации.

Одно из направлений по автоматизации не только технологических процессов, но и в целом производственного процесса, это использование методов искусственного интеллекта и аналитики больших данных для оптимизации работы технологического оборудования. Оно включает в себя технологии интернета вещей (IoT) и онлайн диагностику станков с их оперативным обслуживанием и ремонтом по фактическому состоянию оборудования. Это также касается управления ходом процесса обработки, включая выбор режимов и своевременной замены инструмента. Использование станка с ЧПУ с возможностью самодиагностики и сбором данных по текущей обработке заготовки отвечает эти требованиям.

Для вал-ротора данный способ совершенствования технологии имеет объективное ограничение из-за малого объема выпуска. Для использования всех преимуществ цифровизации технологических и производственных процессов, объем статистических данных по обработке должен быть большой, что для ограниченной серии выпуска вала-ротора не достижимо.

Использование лазерной или электроискровой обработки ограничено технологическими свойствами сплава 08X17H5.

Общее направление совершенствования технологии – использование станков с ЧПУ и совершенствование инструмента для обработки отверстия.

1 Анализ исходных данных

1.1 Анализ назначения детали

Вал-ротор входит в конструкцию перекачивающего насоса, в котором будет осуществляться подача рабочего давления жидкой среды. Вал-ротор имеет базовые поверхности под установку подшипников в виде системы ступенчатых шеек, по которым происходит установка в корпус.

Нагрузки на скручивание и изгиб значительные.

1.2 Классификация поверхностей

Вал типовой по установочным поверхностям (рисунок 1). Это поверхности 4 и 6 для базирования вала-ротора по подшипникам в корпусе насоса. Поверхность 15 является продольной базой.

Рабочие или исполнительные поверхности вала-ротора - шпоночные пазы 14 и 18.

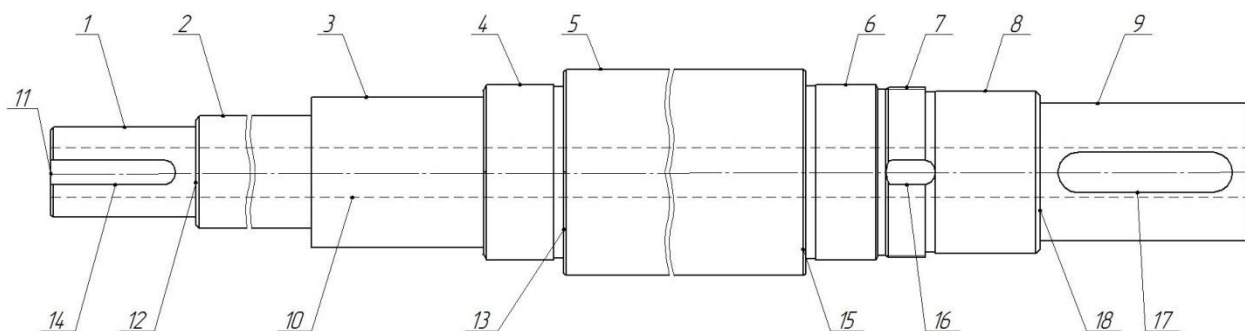


Рисунок 1 – Кодировка поверхностей

Присоединительные поверхности 1, 5, и 9, 7, 14 и 17 вспомогательные базы.

Центральное отверстие является свободным, кроме резьбовых участков 14 по краям под штуцеры. Все остальные поверхности являются свободными. Сплав в чертеже задан 08X17H5 ГОСТ 4543-71. Состав в таблице [2].

1.3 Анализ технологичности конструкции детали

Вал-ротор может быть классифицирован по конструктивно-технологическим признакам в зависимости от его формы, материала, размеров и требований к функциональности. Эта классификация является важным этапом при проектировании технологии производства деталей, так как она позволяет определить оптимальные методы обработки и подобрать соответствующий инструмент [2].

Первый этап классификации включает определение основных геометрических параметров детали, таких как длина, диаметр, соотношение размеров. Эта информация необходима для выбора подходящего метода получения заготовки: штамповка или прокат, выбора схемы установки.

Материал детали определяет выбор инструментального материала и способов получения заготовки. Сталь 08X17H5 является высоколегированной коррозионностойкой сталью с высокой пластичностью и удовлетворительной обрабатываемостью резанием [7].

Размеры детали средние. Они определяют не только методы обработки, но также выбор оборудования для производства деталей по рабочей зоне, точности и нагрузкам которые могут возникнуть при обработке. Деталь со средним диаметром до 90 мм и длиной до 700 мм может быть изготовлена на большинстве автоматизированных станков. При этом не требуются какие-либо специальные методы выверки или специальные приспособления.

Функциональные требования к валу типовые. Они включают прочность (сталь 08X17H5 соответствует по пределу прочности), износостойкость (обеспечивается сочетанием твердости, точности и шероховатости – все

требования типовые), точность и другие качества, необходимые для выполнения задачи. Эти требования определяют методы обработки (многопереходная технология) и контроля качества (операционного и комплексного в рамках отдельной операции).

Анализ возможности автоматизации производства детали. Вал-ропор, как указано в введении, может быть изготовлен полностью автоматически, что позволяет сократить затраты на рабочую силу и повысить производительность в рамках гибких производственных систем.

Вал-ропор является высокоточной деталью по всем параметрам.

Вал-ропора обладает целым комплексом недостатков.

Конструкция вала-ропора не обеспечивает возможность его обработки на станке с высокой точностью и производительностью [20]. Необходимо учитывать возможность доступа инструмента к рабочей поверхности вала с учетом дополнительных опор, которые служат для снижения деформаций заготовки.

Должна быть обеспечена технологичность получения заготовки. Выбор материала ограничивает его до проката или поковки.

Для обработки вала с высокой точностью и стабильностью должно быть обеспечено сочетание схемы резания, кинематики станка, схемы установки заготовки и режимов резания.

После обработки вала-ропора необходимо провести его контроль качества с заданной точностью. Для данного вала с длиной 700 мм, в силу сочетания его размеров – длины и диаметра, могут возникать проблемы при контроле требований по прямолинейности оси.

Комплекс из двух высокоточных шеек разнесен по краям детали. Это делает обработку этих поверхностей на кругло-шлифовальной операции двухступенчатым процессом.

Использовать установку вала по отверстию здесь не возможно [13]. Установка заготовки с поджимом задним центром не подходит из-за

сквозного отверстия. Поэтому необходимо использовать двух опорную схему вала-ротора в патроне и люнете.

Вал-ротор можно отнести к не технологичным деталям.

1.4 Задачи работы

Цель проектирование технологии выпуска вала-ротора в объеме 1000 деталей в год с техническими требованиями, указанными на рабочем чертеже – обеспечить технические требования и снизить затраты на производство.

Задачи работы:

1. Назначить серийность и выбрать характеристики производства.
2. Выбор заготовки.
3. Исходную заготовку спроектировать по стандартам. Далее провести выбор наиболее оптимальных по соотношению затраты-качество переходов.
4. Разработка технологического маршрута.
5. Выбор станков и оснащения (зажимные приспособления, инструмент, контрольно-измерительные средства).
6. Разработка операций (технологические режимы, нормы времени).
7. Проектирование зажимного приспособления для вала-ротора – люнета.
8. Проектирование режущего инструмента - сверла.
6. Разработать мероприятий по безопасности труда.
7. Выполнить технико-экономическое обоснование для внедрения усовершенствованного инструмента.

Выводы по разделу

В первом разделе сформирован и проанализирован с учетом классификации поверхностей вала комплекс требований.

Выполнен анализ технологичности.

Сформулированы после анализа технологичности цель и задачи работы.

2 Разработка технологии изготовления

2.1 Выбор и проектирование заготовки

Тип производства среднесерийный [14].

Анализ затрат на производство детали выполняется с учетом изменений технологии. В зависимости от выбранных методов и инструментов, производство вала-ротора может иметь разные затраты на исходную заготовку (проводится экономическое сравнение), оборудование, материалы и рабочую силу. Корректный выбор технологии изготовления детали по трудозатратам помогает их оптимизировать и, в конечном счете, повысить конкурентоспособность продукции.

«Масса прутка

$$M = \frac{\pi d^2}{4} l \rho, \quad (1)$$

где d – диаметр прутка, м;

l – длина прутка, мм;

ρ – плотность, кг/мм³» [5].

Диаметр увеличиваем на 5 мм, длину - на 2,5 мм.

$$M = \frac{\pi 0,095^2}{4} 0,705 \cdot 7850 = 39 \text{ кг.}$$

«Себестоимость изготовления C_T вала-ротора с учетом затрат на заготовительный этап и механическую обработку равна

$$C_T = C_{\text{заг.}} \cdot M + C_{\text{мех.}} \cdot (M - m) - C_{\text{отх.}} \cdot (M - m), \quad (2)$$

где $C_{\text{заг.}}$ – стоимость исходной заготовки, руб/кг;

$C_{\text{мех.}}$ – стоимость обработки, руб/кг;

m – масса вала-ротора, кг;

$C_{отх.}$ – цена лома, руб/кг» [4].

«Затраты на обработку

$$C_{мех} = C_c + E_H \cdot C_K, C_{мех}, \quad (3)$$

где C_c – текущие затраты, руб/кг;

E_H – коэффициент эффективности капитальных вложений;

C_K – капитальные затраты, руб/кг» [13].

Для станкостроения

$$C_{мех} = 4,7 + 0,15 \cdot 10,39 = 5,11 \text{ руб/кг.}$$

Для отходов принимаем $C_{отх} = 1,4$ руб/кг.

Второй вариант заготовки

$$C_{заг} = C_{пр} \cdot h_{\phi}, \quad (4)$$

где $C_{пр}$ – цена материала, руб/кг;

h_{ϕ} – коэффициент кратности ($h_{\phi} = 1$).

$$C_{заг} = 18,45 \cdot 1 = 18,45 \text{ руб./кг.}$$

$$C_{т.пр.} = 39 \cdot 18,45 + 5,11 \cdot (39 - 28) - 1,4 \cdot (39 - 28) = 763 \text{ руб.}$$

«Стоимость штамповки

$$C_{шт} = C_{баз} h_1 h_2 h_3 h_4 h_5, \quad (5)$$

где $C_{баз}$ – стоимость штамповки, руб/кг;

h_1 – коэффициент класса точности;

h_2 – коэффициент группы сложности;

h_3 – коэффициент марки материала и массы заготовки;

h_4 – коэффициент от марки материала;

h_5 – коэффициент серийности» [13].

$$C_{\text{шт}} = 29,96 \cdot 1 \cdot 1,18 \cdot 0,88 \cdot 0,89 \cdot 1 = 27,69 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{т.шт.}} = 39 \cdot 27,69 + 5,11 \cdot (33-28) - 1,4 \cdot (33-28) = 1098 \text{ руб.}$$

Выбираем более выгодный прокат.

Для расчета выберем диаметр 90 мм. Для обеспечения заданной точности необходимо рассчитать операционные размеры и припуски на обработку. Это возможно за счет аналитического расчета, при помощи определенных по формуле минимальных припусков. Для того чтобы исключить дефекты при обработке, необходимо учесть пространственные погрешности обрабатываемой поверхности.

Пространственные отклонения - величина коробления $\rho_{\text{кор}}$ возникает на заготовительном этапе. Она рассчитывается через длину заготовки (700 мм).

Суммарная погрешность

$$\rho_{\text{заг}} = \sqrt{\rho_{\text{кор}}^2 + \rho_{\text{см}}^2}, \quad (5)$$

«где $\rho_{\text{кор}}$ - коробление, мкм;

$\rho_{\text{см}}$ – отклонение от соосности, мкм» [13].

Отклонение от соосности отсутствует – одна ступень.

Кривизна

$$\rho_{\text{кор}} = \Delta_{\text{к}} \cdot l, \quad (6)$$

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

l – длина вала, мкм.

$\Delta_{\text{к}}$ примем для проката обычной точности [13]

$$\rho_{\text{кор}} = 2,5 \cdot 350 = 875 \text{ мкм.}$$

Общая погрешность заготовки

$$\rho_{\text{заг}} = 0,88 \text{ мм.}$$

С учетом обработки

$$\rho_i = k_i \cdot \rho_{\text{заг}}, \quad (7)$$

где k_i – коэффициент уточнения.

Размеры рассчитываем с учетом метода обеспечения точности на станке (на настроенном оборудовании). Все результаты расчетов в таблице, а результирующая схема распределения размеров и припусков показана на рисунке 2.

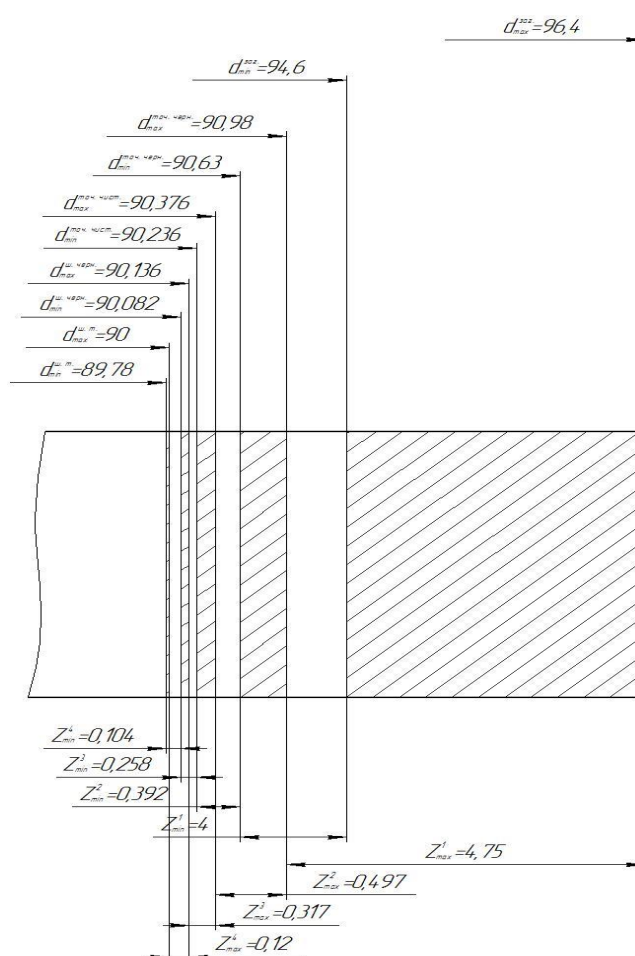


Рисунок 2 - Схема размеров для поверхности

При выборе проката точность отрезки на круглопильном станке 0,5 мм.
Отклонение от прямолинейности оси 0,9 мм.

2.2 Выбор технологических баз

Конфигурация обрабатываемой заготовки существенно влияет на деформацию от действия сил закрепления в приспособлении. Если заготовка имеет сложную форму или неоднородную структуру, то силы закрепления должны быть распределены равномерно. Иначе сила зажима может привести к деформации заготовки.

Также важно учитывать материал обрабатываемой заготовки (сталь 08X17H5). При черновой обработке будут значительные силы резания (десятки тысяч ньютонов), а при чистовой – динамические возмущения (обороты высокие). Вал может иметь различную устойчивость к деформации. Для минимизации деформации от действия сил закрепления необходимо правильно выбирать приспособление и оптимально распределять силы закрепления на заготовке, учитывая ее конфигурацию и материал.

Схемы базирования представлены на плане изготовления. Как пример для токарной операции - рисунок 3.

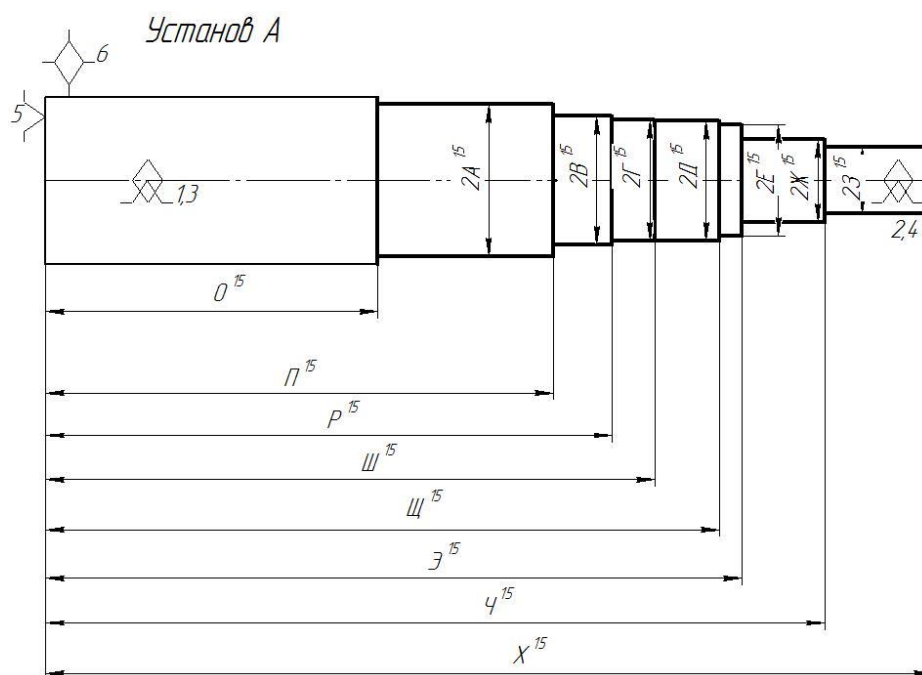


Рисунок 3 – Пример базирования

Выбор схемы базирования реализуется за счет выбора станочного приспособления – патрона поводкового и самоцентрирующих люнетов.

2.3 Разработка технологического маршрута

Для группы плоскостей используется точение – подрезка. Если указаны требования по точности расположения, выполняются черновой и чистовой переходы.

Для цилиндрических поверхностей на уровне 6 качества используем четыре перехода. Два до термообработки, два – после. Это последовательно точение и шлифование.

Для отверстий небольших диаметров задействуем центровку и сверление.

Для пазов используется фрезерование.

Резьбонарезание выполняется резьбовым резцом на токарном станке.

Последовательность переходов показана на наладке. Объединяем все переходы по операционно. Используем по максимуму принцип концентрации [9]. В результате общий маршрут будет следующий:

000 Заготовительная;

005 Термическая;

010 Контрольная;

015 Токарная;

020 Термическая;

025 Токарная;

030 Термическая;

035 Токарная;

040 Токарная;

045 Моечная;

050 Контрольная.

Отличие от базового техпроцесса - последние переходы по отделочному шлифованию шеек заменили на выглаживание. Это связано с пластичностью материала 08X17H5 даже после термообработки.

Основная проблема при обработке вала – деформации и вибрации.

Существует несколько методов и средств, которые можно применить для снижения вибраций при обработке точением вала.

При изготовлении валов можно использовать материалы с высокой жесткостью и прочностью, которые уменьшат вибрации и повысят точность обработки. Но это относится к прерогативе конструктора.

Это может быть использование специальных режимов обработки с управлением технологическими режимами. Например, при использовании режима "плавного входа", когда скорость резания постепенно увеличивается до заданной величины, что позволяет избежать резких колебаний и вибраций при ударном врезания резца.

При варьировании подачи исключается резание по «следу», которые приводит к автоколебаниям при резании. Недостаток данного способа – непостоянное качество поверхности.

Возможно использование различных вспомогательных приспособлений. При обработке длинных валов можно использовать поддерживающие опоры, которые помогают уменьшить вибрации и повысить точность обработки.

Можно повысить жесткость заготовки за счет ее натяжения или дополнительного скручивания на станке. Реализовать это можно для очень малых по диаметру валов (до 10 мм) [19]. Использование специальных систем для контроля вибраций, которые позволяют контролировать уровень динамических возмущений и своевременно принимать меры для их снижения путем изменения режимов обработки или замены инструмента.

Для снижения вибраций при обработке точением вала-ротора необходимо использовать комплексный подход, включающий выбор системы

установки заготовки и управление режимов резания, что возможно при использовании станка с ЧПУ.

Для обработки вала-ротора необходимо задействовать разнообразный инструмент. Это связано с выбранными переходами по обработке отдельных поверхностей [13].

Использование предварительного имитационного моделирования технологической операции при помощи специальных программных средств позволяет смоделировать процесс обработки и оптимизировать его по режимам резания для снижения вибраций при проектировании обработки валов [19].

Для использования комплекта инструментов в станке предусмотрено использование револьверной головке SAUTER. Ее вместимость 12 инструментов, в том числе возможно использование приводного инструмента.

2.4 Выбор средств оснащения

Для реализации предусмотренных операций из различных источников формируем комплект станочного оснащения (приспособления - [16], режущий инструмент – [19], контрольные средства – [14]).

Выбор станка является первым этапом формирования маршрута обработки. Существует несколько способов повышения эффективности использования технологического оборудования [11].

Одним из самых распространенных является оптимизация структуры технологической операции. Необходимо обеспечить принцип концентрации, то есть как можно больше переходов сделать на одной операции. Эта операция может включать несколько установов, позиций или переходов. За счет анализа последовательности переходов и сокращения технологического цикла, можно снизить влияние погрешности установки. Также обеспечивается точность расположения поверхностей, обработанных с

одного установка. Для этого станок должен иметь возможность по установке всех запланированных инструментов, выполнять быструю наладку оборудования, автоматизацию вспомогательных операций (особенно замену инструмента).

Для ускорения процесса обработки необходимо оценить схему установки и общую жесткость и виброустойчивость технологической подсистемы заготовки и инструмента. Для вала-ротора задействован осевой инструмент, включая сверло с вылетом больше 10 диаметров. Также используются мелкогабаритный инструмент (менее 20 мм диаметров). Это сверла, метчики, концевые фрезы. Анализ данных о производительности и состоянии оборудования позволит отдельные переходы выполнить совместно, чтобы повысить эффективность операции. На основе анализа технологичности вала-ротора разрабатывается улучшение исходного процесса. Это связано с выбором инструмента для сверления сквозного отверстия.

Также может потребоваться модернизация задействованного оборудования или приобретение нового.

Всем этим требованиям соответствует станок - токарный обрабатывающий центр Spectr TC2000. Дополнительным плюсом является, что во всем технологическом процессе используем один тип станка.

Комплект режущего инструмента показан в таблице А.2 приложения А. Это резцы 2101-0012 Т5К10, Т15К6 и Т30К4 ГОСТ 18879-73. Комплект канавочных и резьбовых резцов 035-2126-1179 Т14К8 ОСТ 2И10-7-74. Для отверстий сверло глубокое Т15К6 диаметр 15 мм; Сверло 2300-0858 диаметр 6 мм Р6М5 ГОСТ 19543-74. Для резьбы в отверстии 2629-2076 Метчик ГОСТ 17928-72. Пазы обрабатывают фрезами 16-1-А-4-117 ГОСТ 32831—2014 и 10–1-А-4-92 ГОСТ 32831—2014 из быстрорежущей стали Р6М5.

Поверхностное деформирование подпружиненным выглаживателем проводится.

Контроль указанных в плане изготовления технических требований обеспечивается выбором инструментального обеспечения. В случае обнаружения отклонений от требуемых параметров производится поднастройка станка с использованием соответствующих регулировочных механизмов или замена режущего инструмента. На станке с ЧПУ в программу вносится соответствующая постоянная коррекция положения инструмента.

Для операционного контроля операторы и размерной настройки станка наладчики используют различные контрольные средства, такие как оптические линейки, щупы, индикаторы часового типа, калибры. Для черновой обработки используем ШЦ-1 ГОСТ 166-80, для чистовой - микрометр ГОСТ 6507-60. Выбор этих средств с заданной погрешностью позволяет обеспечить необходимую точность позиционирования инструмента и траекторию его перемещения.

Особенность установки вала-ротора – использование люнета (рисунок 4).

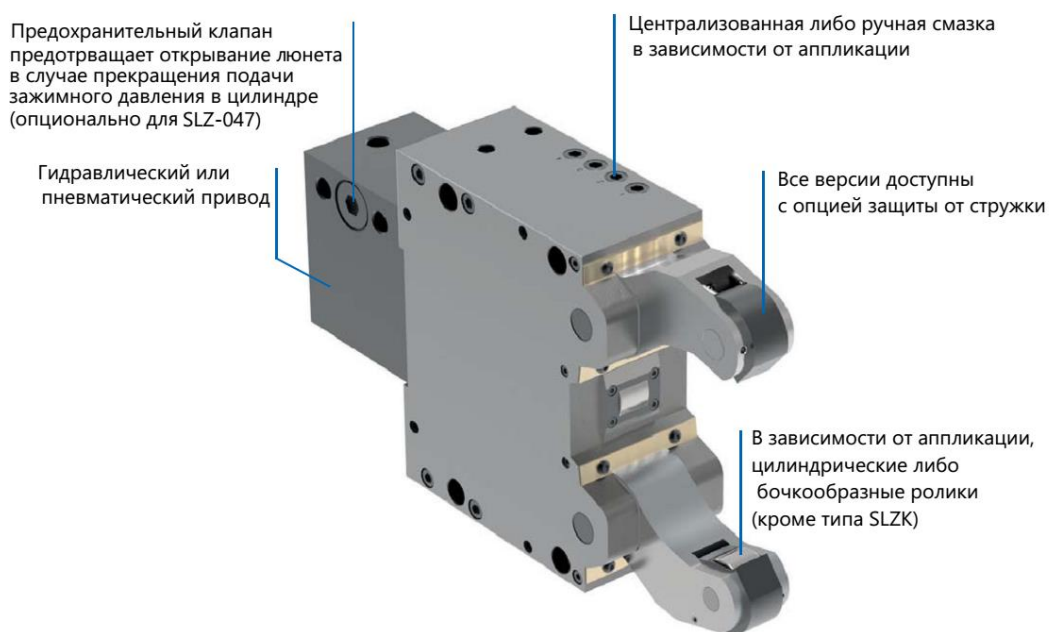


Рисунок 4- Люнет

Его использование обеспечивает беспрепятственное прохождение инструмента под ними, очистку роликов от стружки и грязи. Форма роликов подбирается в зависимости от формы базовой шейки.

2.5 Проектирование операции

Для определения режимов обработки в серийном производстве можно использовать методы аналитического расчета, статистического анализа и экспертной оценки. Эти методы позволяют определить оптимальные параметры обработки, установить временные нормативы и предотвратить возможные дефекты или отклонения в процессе.

Одним из основных методов расчета режимов резания является аналитический способ, по формулам из [14]. Он позволяет определить рабочие режимы обработки по переходам и временные показатели для каждого из них. Для этого необходимо изучить технологический процесс, выявить все рабочие переходы и вспомогательные переходы, которые нужны для технологических переходов, включая время выполнения каждого из них.

Измерение времени выполнения каждого рабочего элемента доступно для массового производства. В серийном производстве необходимо делать оценку или статистическую (если есть база данных) или использовать табличные параметры.

Далее следует расчет общего времени выполнения всех рабочих приемов. Определение производительности оборудования (количество изделий, произведенных за единицу времени) даст возможность провести расчет необходимого числа рабочих мест и оборудования для выполнения производственного плана и выполнить планировку участка.

При использовании методов статистического анализа проводятся измерения и сбор данных о процессе обработки, осуществленных в прошлом по разработанным и реализованным технологиям. Эти данные затем анализируются для определения параметров обработки и оптимальных

режимов на аналогичные операции. Для этого применяются различные статистические методы, такие как оценка дисперсии, доверительные интервалы, корреляционный анализ.

Экспертная оценка используется для определения режимов обработки на основе субъективного мнения опытных специалистов. Для этого проводятся консультации и обсуждения с участием экспертов, которые предлагают оптимальные значения параметров и режимов обработки (мастера на участке, нормировщики, опытные операторы).

Однако, для применения этих методов необходимо учитывать нормативные требования и стандарты, которые регулируют процесс обработки. Например, для определения временных нормативов и производительности оборудования могут использоваться нормативы, установленные в технических регламентах или предоставленные производителем оборудования. Также могут применяться нормативы по качеству и соответствию продукции, установленные соответствующими органами.

Глубина резания согласуется с расчетом припуска. Выбор подачи S (мм/об) ведут на основе учета глубины резания [19]. Глубина резания равна 2 мм. Подача 0,7 мм/об. «Скорость резания

$$V = \frac{C_v}{T^{m \cdot t x \cdot S y}} \cdot K_v \quad (8)$$

где

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{iv}, \quad (9)$$

где K_{mv} - учитывает прочность;

K_{pv} – коэффициент состояния поверхности;

K_{iv} – учитывает режущей материал» [5].

На параметры режима резания влияют материал заготовки по показателю твердости и прочности. Косвенно они оказывают влияние тепловые свойства.

Также учитываем материал режущего инструмента. Главное это его тип: быстрорежущий сплав или твердый сплав.

$$K_{mv} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}, \quad (10)$$

где n_v - показатель для метода обработки.

С учетом свойств материала 08X17H5X

$$K_{mv} = 1,1 \left(\frac{750}{980} \right)^1 = 0,84.$$

$$K_v = 0,84 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,76.$$

$$V = \frac{350}{35^{0,2} \cdot 1,2^{0,15} \cdot 0,7^{0,35}} \cdot 0,76 = 144 \text{ м/мин.}$$

Обороты

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \quad (11)$$

где V – скорость, м/мин;

D - диаметр, мм» [16].

Минутная подача:

$$S_m = S \cdot n. \quad (15)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 144}{3,14 \cdot 90,5} = 507 \text{ мин}^{-1};$$

$$S_m = 0,7 \cdot 507 = 355 \text{ мм/мин.}$$

Также при силовом расчете учитывается геометрическая форма (углы передний/задний, радиус закругления режущих кромок, вспомогательный и

главный углы в плане). При износе острота режущих кромок снижается, что ведет к росту силовой составляющей процесса. «Сила резания

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (12)$$

где

$$K_p = \left(\frac{980}{750}\right)^{0,35} \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4, \quad (13)$$

где k_1, k_2, k_3, k_4 – учитывают влияние геометрии режущей части (главного угла в плане, переднего, угла наклона, радиуса)» [16].

$$K_{mp} = \left(\frac{980}{750}\right)^{0,35} = 1,1.$$

$$K_p = 1,1 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,93 = 0,91.$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1,2^1 \cdot 0,7^{0,75} \cdot 144^{-0,15} \cdot 0,91 = 1190 \text{ Н.}$$

Мощность:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}. \quad (14)$$

$$N = \frac{1776 \cdot 187}{1020 \cdot 60} = 5,4 \text{ кВт.}$$

Проверка по мощности:

$$N_e \leq N_{\Pi} \cdot \eta, \quad (15)$$

где N_{Π} – мощность привода, кВт ;

η – потери привода.

$$5,4 \leq 15 \cdot 0,95 = 13,5.$$

Все переходы по режимам резания показаны в таблице А.2 приложения А. Траектория и настроечные размеры в наладке.

Сверление

$$K_{mv} = 1,1 \left(\frac{750}{980} \right)^1 = 0,84.$$

$$K_v = 0,84 \cdot 1 \cdot 1 = 0,84.$$

$$V = \frac{9,8 \cdot 15^{0,4}}{35^{0,2} \cdot 0,15^{0,5}} \cdot 0,84 \cdot 0,75 = 23,1 \text{ мм/мин.}$$

$$n = \frac{1000 \cdot 23,1}{3,14 \cdot 15} = 491 \text{ мин}^{-1}.$$

$$S_m = 0,15 \cdot 491 = 73,6 \text{ мм/мин.}$$

Момент сверления

$$M = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \quad (16)$$

где C_M – коэффициент условий;

x, y, n, u, q, ω – показатели степени;

K_{mp} – коэффициент на материал.

При проектировании технологических операций с использованием табличных данных необходимо учитывать следующие особенности нормирования [15].

Для серийного производства нормирование ведут с использованием стандартных таблиц нормативов вспомогательного времени, которые могут содержать нормы времени по установке или снятию заготовки, управлению и другим действия в зависимости от конкретной операции.

Штучно-калькуляционное время

$$T_{шт-к} = \frac{T_{п-з}}{n} + T_{шт}. \quad (17)$$

где n – партия запуска (709 детали).

$T_{п-з}$ определяет время подготовки к обработке партии запуска детали.

Вторым слагаемым является штучное время $T_{шт}$:

$$T_{шт} = T_o + T_v + T_{об} + T_{от}, \quad (18)$$

«где T_o – время обработки, мин;

T_v – время на вспомогательные переходы, мин;

$T_{об}$ – время обслуживания, мин;

$T_{от}$ – время отдыха» [8].

Скоростные характеристики станка требуют учета его особенностей не только непосредственно на обработке, но и вне ее. Скорость холостого хода, смена инструмента, мощность приводов, наличие дополнительных приспособлений влияют на вспомогательное время.

Определение норм времени на выполнение операции ведется с учетом выбранных режимов резания, а также количества деталей в партии запуска.

«Время обработки:

$$T_o = \frac{l_1 + l_p + l_2}{S_{мин}}, \quad (19)$$

где l_1 – расстояние быстрого подвода, мм;

l_p – поверхность резания, мм;

l_2 – расстояние перебега, мм;

$S_{мин}$ – минутная подача, мм/мин» [12].

Учитывая снятие напуска на длину 180 мм, 150 мм, 85 мм с одной стороны и 280 мм, 250 мм, 220 мм, 210 мм по два раза и 58 мм общая длина рабочего хода на черновом точении

$$T_o = \frac{(700 + 180 + 150 + 85 + 280 + 250 + 220 + 210 + 210 + 58 + 5 \cdot 11) \cdot 1}{363} = 6,6 \text{ мин.}$$

Для 025 операции время обработки отверстия сверлением составит

$$T_o = \frac{(700 + 2 + 3) \cdot 1}{73,6} = 9,5 \text{ мин.}$$

Остальные переходы считаем аналогично.

Для всех технологических переходов необходимо определить время вспомогательных переходов

$$T_B = (T_{y.c.} + T_{з.о.} + T_{уп} + T_{из}) \cdot K_{cp}, \quad (20)$$

«где $T_{y.c.}$ - время базирования и снятие;

$T_{з.о.}$ - время фиксации и раскрепления;

$T_{уп}$ - время управления, мин;

$T_{из}$ - время операционных измерений, мин;

K_{cp} - коэффициент серийного производства, принимаем 1,85» [21].

$$T_B = (0,15 + 0,05 + 0,05 \cdot 11 + 0,2 \cdot 4) \cdot 1,85 = 2,9 \text{ мин.}$$

Оперативное время

$$T_{оп} = T_B + T_o. \quad (21)$$

$$T_{оп} = 2,9 + 9,5 + 6,6 = 19 \text{ мин.}$$

Время на организационно-техническое обслуживание

$$T_{об} = T_{оп} \cdot \frac{a}{100}. \quad (22)$$

где a – коэффициент.

На отдых

$$T_{от} = T_{оп} \cdot \frac{b}{100}. \quad (23)$$

где b – для детали заданной массы.

$$T_{об} = 19 \cdot \frac{6}{100} = 1 \text{ мин.}$$

$$T_{от} = 19 \cdot \frac{5}{100} = 0,8 \text{ мин.}$$

В результате

$$T_{шт} = 19 + 1,8 = 20,8 \text{ мин.}$$

Штучно-калькуляционное время

$$T_{шт-к} = \frac{25}{709} + 20,8 = 20,84 \text{ мин.}$$

Фактически корректировка норм времени на операции может быть проведена, так как состояние оборудования и инструмента, опыт и квалификация оператора, а также сложность и точность выполняемой операции, могут скорректировать время.

Важной особенностью является то, что при использовании усредненных табличных нормативов необходимо проверять их актуальность и соответствие выбранному уровню технологий, чтобы обеспечить эффективность нашего производства. При внедрении предложенного техпроцесса нормативы времени могут быть уточнены.

Выводы по разделу

В разделе спроектирована технология изготовления вала-ротора, выбором заготовки, расчетом размеров для технологических переходов для самой точной.

3 Разработка специальной технологической оснастки

3.1 Проектирование приспособления

Для реализации токарной операции необходимо проанализировать условия обработки на ней. Факторы, влияющие на точность установки заготовки на станке, могут быть разными, но в общем случае необходимо учесть следующие параметры.

Выбор и подготовка позиционирующих элементов определяют точность и жесткость установки. В данном случае позиционирующие элементы с высокой точностью – сменные кулачки проточенные перед использованием и базовые ролики люнета. Они должны передавать усилия закрепления равномерно и стабильно во время всей операции обработки [1].

Система зажима должна быть механизирована. Она должна находиться в хорошем состоянии для обеспечения надежности закрепления. Это возможно за счет регулярного обслуживания и наблюдения. Проверка на наличие износа, утечек рабочей среды или поломок позволит избежать брака.

Заготовка должна быть закреплена на станке с равномерным распределением усилий зажима. Использовать для монтажа люнетов необходимо нижние направляющие с жесткими и надежными системами их крепления [17].

Размерная настройка станка для достижения высокой точности должна контролироваться система операционного контроля и диагностикой оборудования. Необходимо проверять и регулировать настройки позиционирования, скорости и давления, чтобы минимизировать погрешность.

Снижение погрешности для каждого из этих параметров могут включать тщательный выбор и проверку базовых элементов, чтобы они соответствовали требованиям точности обработки.

Необходимо регулярное проведение обслуживания и замены направляющих, базовых и зажимных элементов оснастки для поддержания их точности.

Один из расчетных методов основывается на расчете силы зажима (W), которая равна произведению коэффициента трения (μ) между заготовкой и станком, нормальной силы (T) и коэффициента безопасности (K) (рисунок 5).

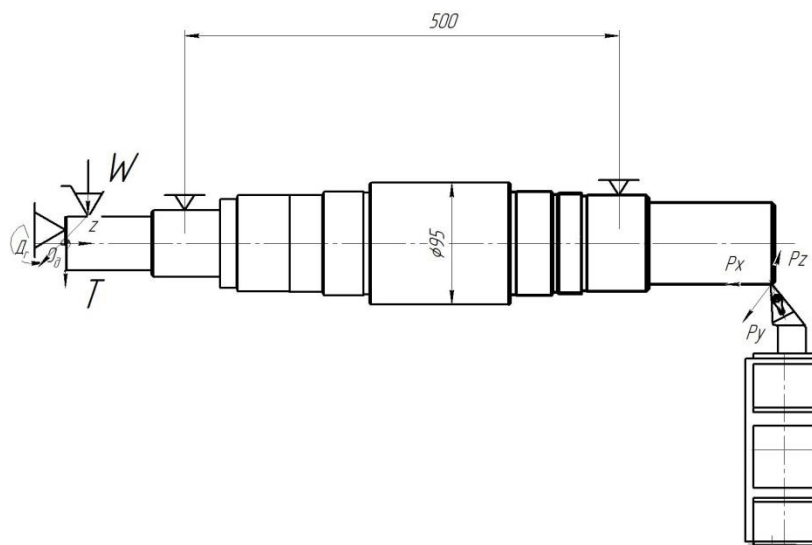


Рисунок 5 -Схема сил резания и зажима при точении

Для нахождения коэффициента трения (μ) необходимо учитывать тип материала заготовки и материал поверхности стола станка.

Предельные ограничения по минимуму и максимуму силы зажима зависят от конкретных параметров станка, его конструкции, допустимых нагрузок.

Выбор правильной силы зажима требует опыта и знаний технолога. Неправильно рассчитанная или недостаточная сила зажима может привести к отклонениям в точности обработки, проблемам с надежностью фиксации заготовки и общей безопасности процесса. Поэтому для корректного расчета силы зажима обязательно учитываем коэффициент безопасности.

Заготовка вала-ротора прокат, после термообработки, 08X17H5.

Момент сверления и сила тангенциальная при точении равны 83,5 Н·м и 1190 Н соответственно.

Осевая сила прижимает заготовку к осевым упорам, что снижает необходимую силу закрепления. Ее учитывать не будем.

Проворачиванию заготовки в кулачках патрона препятствует момент закрепления. Так как проектируем люнет, учтем только силу, которая отжимает заготовку в радиальном направлении. Ее примем как 70% от тангенциальной. Тогда для расчета применим 833 Н.

Дополнительно рассчитаем параметры патрона. Сила зажима в патроне

$$W = \frac{k \cdot (P_v \cdot l_1 + P_h \cdot l_1 + P_x \cdot l_2)}{m \cdot f \cdot l_3}, \quad (24)$$

«где k – коэффициент безопасности;

P_Z – тангенциальная сила резания, Н;

P_Y – радиальная сила резания, Н;

P_x – осевая сила резания, Н;

$l_{1,2,3}$ – плечи действия сил резания и сил закрепления м;

m – количество прижимов;

f – коэффициент трения» [4].

«Коэффициент безопасности

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6, \quad (25)$$

где k_0 – базовый коэффициент;

k_1 – коэффициент непостоянства сил резания;

k_2 – коэффициент для износа;

k_3 – коэффициент для ударного резания;

k_4 – коэффициент зажима ручного и механизированного;

k_5 – коэффициент удобства для ручного зажима;

k_6 – коэффициент базирования» [18].

Тогда

$$k = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 2,28.$$

$$W = \frac{2,5 \cdot (1190 \cdot 0,045)}{2 \cdot 0,3 \cdot 0,045} = 4958 \text{ Н.}$$

Дополнительные потери в направляющих

$$W_1 = \frac{W}{1 - \left(\frac{l_k}{H_k} \cdot f_1 \right)}, \quad (26)$$

«где W - исходная расчетная сила, Н;

l_k - плечо до места действия W , м;

H_k - длина направляющей, м;

f_1 - коэффициент трения» [4].

$$W_1 = \frac{4958}{1 - \left(\frac{70}{100} \cdot 0,1 \right)} = 5210 \text{ Н.}$$

Для клинового патрона

$$Q = \frac{W}{i_C}, \quad (27)$$

где i_C - передаточное силовое отношение.

Отношение i_C по углу α клинового механизма примем равным 2,7.

$$Q = \frac{5210}{2,7} = 1930 \text{ Н.}$$

Давление в рабочей среде люнета примем как радиальную силу с учетом коэффициента безопасности (2,5). Тогда это усилие должно превышать 2082 Н. Примем окончательно 3000 Н.

Для пневматики

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{Q}{P \cdot \mu}} \quad (28)$$

где P – давление, Мпа;

η - коэффициент полезного действия.

Для патрона

$$D = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{1930}{0,95 \cdot 0,4}} = 80 \text{ мм.}$$

Для люнета

$$D = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{3000}{0,95 \cdot 0,4}} = 100 \text{ мм.}$$

Оставляем по расчету оба значения.

Для повышения точности станочного приспособления и снижения погрешности установки заготовки необходимо обеспечить высокую точность изготовления всех деталей и сборки приспособления, используя современное оборудование и инструменты, которые учувствуют в формировании замыкающего звена – оси центрирования.

Жесткость люнета является ключевым фактором для достижения высокой точности обработки. Необходимо обеспечить достаточную жесткость и самого приспособления и систему его крепления к станку.

Учет температурных и деформационных изменений из-за тепловых и силовых деформаций приспособления и заготовки. Они могут привести к искажениям и погрешностям и случайным и статическим. Необходимо учитывать эти факторы и применять компенсационные меры, такие как стабилизация температуры и компенсация деформаций подстройкой станка.

Погрешность установки в данном приспособлении определяется параметрами клина, на который опираются ролики рычагов, параметры посадок рычагов на осях поворота, а также зазоры в опорных роликах. Там предусмотрены игольчатые подшипники.

Общая погрешность

$$\Delta_{\varepsilon} = \sqrt{\sum_{i=1}^n TA^2}, \quad (29)$$

где TA – допуски составляющих звеньев размерной цепи, мм.

Погрешность равна сумме зазоров в сопряжениях и отклонению размеров рычагов и опорного клина. Принимаем конструктивно

$$\Delta_{\varepsilon} = \sqrt{0,008^2 + 0,005^2 + 0,008^2 + 0,009^2 + 0,006^2} = 0,017 \text{ мм.}$$

Люнет предназначен для установки и базирования заготовки вала на токарной операции.

Люнет состоит из привода зажима 1, корпуса 5, рычагов двух типов: прямого 3 и поворачивающихся 11, опорного клина-штока 7, поворотных осей 13, базовых роликов 18 с игольчатыми подшипниками 17. Все элементы зафиксированы крышкой 6 и винтами 35.

Привод зажима 1 пневматический и соединяется своим штоком через фиксирующие пластины 25 и 26. Они закрепляются винтами 28 и 31. Для передачи осевого усилия используются шпонки 30. На центральном штоке рычаги 3 крепятся к копиру 7 при помощи винта 37. Поворотные рычаги 11 опираются на копиру 7 через опорные ролики 10. Для обеспечения постоянного поджима этих роликов к опорной поверхности копира 7 используются рычажные пластины 12 с пружинами 15. Все двойные ролики 18 расположены на осях 16. Внутри них сделаны сквозные отверстия для подачи консистентной смазки в игольчатые подшипники. Для герметизации используется боковая заглушка 20. Для точного позиционирования крышки 6 относительно корпуса 5 используется два штифта 21. Качающиеся ролики 16 опираются на опорные ролики 9.

Работает люнет следующим образом. Подается давление в привод 1. Шток-клин 3 с опорным роликом 18 двигается к заготовке. Скользя опорными роликами 10 на поверхность копира 7 штока-клина 3, рычаги 11

поворачиваются к заготовке. Профиль копира 7 подобран таким образом, чтобы схождение рычагов 11 по дуге и прямолинейное движение штока-клина 3 выполнялось одновременно и на равное расстояние. Это обеспечит центрирование с погрешностью 0,017 мм. Схождение из рычагов 11 выполняются до контакта заготовки. После этого происходит обработка, в том числе, под роликами 18 люнета. При прохождении зоны резания под ними за счет возможности поворота они перескакивают через поверхность резания, не прерывая контакта с заготовкой, обеспечивая стабильность оси заготовки.

Конструкция патрона удобна для обслуживания и ремонта. Она доступна для обслуживания и ремонта (после демонтажа со станка) и имеет возможность быстрой замены изношенных деталей. В данном случае это сменные кулачки, так как все остальные элементы находятся в корпусе патрона и работают в благоприятных по износу условиях.

Безопасность эксплуатации предложенного приспособления обеспечивается мероприятиями в четвертом разделе работы.

Назначение патрона базировать и фиксировать цилиндрическую заготовку вала-ротора на токарной операции.

3.2 Проектирование инструмента

Достоинство спирального сверла возможность его использования без дополнительных затрат.

Корпус имеют винтовые стружечные канавки для отвода стружки из зоны обработки (рисунок 6). Но данный тип сверла не имеет достаточного вылета для обработки отверстия на всю глубину (даже на половину) [10].

Используем модернизированный вариант инструмента, показанный на рисунке 7.

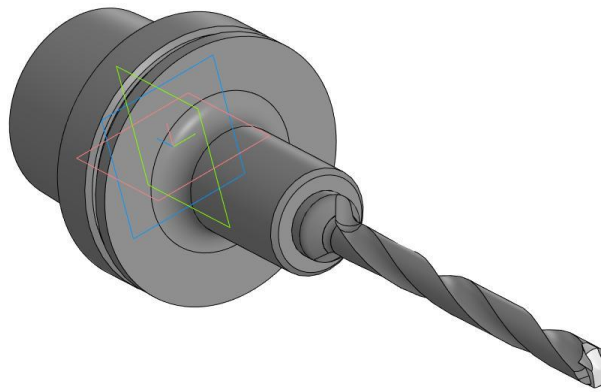


Рисунок 6 – Сверло сборное

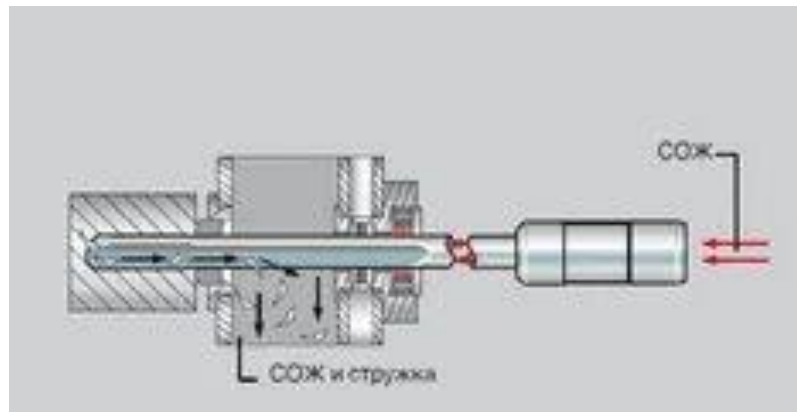


Рисунок 7 – Схема глубокого сверления

Как видно, использование данной схемы обработки приводит к тому, что необходимо использовать элемент для подачи СОЖ внутрь корпуса инструмента, а также направляющее приспособление – стружкоприемник. Оно способно принимать СОЖ, вымываемое из отверстия вместе со стружкой.

Данная конструкция сверла обеспечивает высокопроизводительную или высокоточную обработку, при чем за один проход на всю длину заготовки, что значительно сокращает основное и вспомогательное время. Также повышается точность на самой поверхности, связанная с переустановкой заготовки.

Сам адаптер для подачи СОЖ во вращающееся сверло показан на рисунке 8.

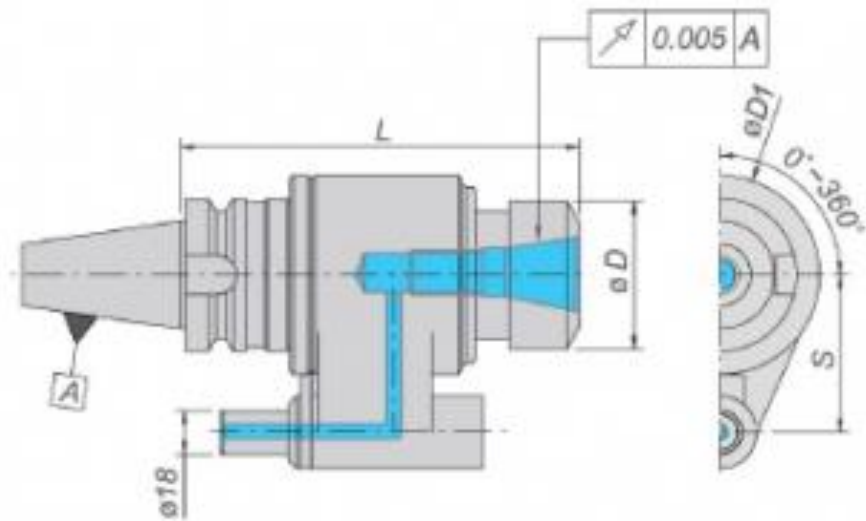


Рисунок 8 – Адаптер для инструмента

Изменение конструкции инструмента приводит к следующим результатам

$$V = \frac{19,6 \cdot 14^{0,4}}{35^{0,2} \cdot 0,4^{0,5}} \cdot 0,84 \cdot 0,75 = 27,4 \text{ мм/мин.}$$

$$n = \frac{1000 \cdot 27,4}{3,14 \cdot 15} = 581 \text{ мин}^{-1}.$$

Результат вычислений

$$S_m = 0,4 \cdot 581 = 233 \text{ мм/мин.}$$

Время сверлильного перехода для 015 операции время обработки отверстия сверлением составит

$$T_o = \frac{(700+2+3) \cdot 1}{233} = 3 \text{ мин.}$$

Новое время операции составит 13,5 мин.

Выводы по разделу

В разделе разработаны средства оснащения: патрон и сверло.

4 Экологичность и безопасность проекта

В разделе по методике [3] разрабатываются меры по обеспечению условий труда и экологичности.

Технологический процесс изготовления имеет несколько однотипных токарных операций, где начиная с заготовки – проката, проходит постепенное доведение до заданных технических требований.

На 015, 025, 035 и 040 операциях используется токарный центр Spectr TC2000, который обеспечивает концентрацию переходов.

Для установки используется патрон самоцентрирующий ГОСТ 24351-80 и люнеты SMW-AUTOBLOK. Для обточки, обработки канавок используются резцы 2101-0012 T5K10, 2101-0012 T15K6 и 2130-0002 T15K6 ГОСТ 18884-73. Для глубокого сверления сверло одно кромочное T15K6. Для резьбы 035-2126-1179 резец резьбовой T14K8. Пазы обрабатываем фрезами 16-1-A-4-117 и 10-1-A-4-92 ГОСТ 32831—2014 P6M5. Для отверстий под смазку сверла 2300-0858 6 мм P6M5 ГОСТ 19543-74, для резьбы - метчик 2629-2076 ГОСТ 17928-72А. Для 020 термической операции используем печь для нормализации. Для операции 045 моечной – моечную камерную машину.

В цехе по обработке валов из легированной стали 08X17H5 могут возникать разнообразные опасные и вредные производственные факторы. Среди них шум и вибрация, которые возникают при работе станков и оборудования и могут привести к нарушению слуха, усталости и стрессу у рабочих. Стандарты по снижению шума и вибрации включают использование звукоизолирующих материалов, амортизаторов, регулярную проверку и обслуживание оборудования.

Пыль и дым возникают при обработке материалов и могут привести к заболеваниям дыхательных путей, аллергии и другим заболеваниям. Стандарты по снижению пыли и дыма включают использование систем вентиляции и очистки воздуха, защитных масок и регулярную очистку помещений.

Токсичные вещества используются при обработке материалов и могут привести к отравлениям и заболеваниям. Для снижения токсичных веществ необходимо использование безопасных материалов (по снижению температуры в зоне резания и снижению образования токсичных испарений от действия СОЖ). Для рабочих необходимо использование защитной одежды (СИЗ для органов дыхания). Для оборудования используется местная вытяжка дополнительно к общей.

Одним из опасных факторов, связанных с работой на станках указанных выше моделей, возникает из-за движущихся элементов станка (шпиндель с патроном, инструмент в резцедержателе, суппорт, рычаги люнетов). Это может привести к травмам.

Для снижения опасности получения травм используют защитную одежду (перчатки, спецовку, обувь). Использование СИЗ включает применение также защитных очков для защиты от механических повреждений и травм глаз.

Предусматривается использование защитных ограждений в виде экранов-барьеров, которые устанавливаются вокруг движущихся частей станка для предотвращения контакта с ними. Должна проводиться регулярная проверка и обслуживание оборудования по работе защитных экранов и кожухов, а также систем автоматического выключения оборудования при нахождении рабочего в опасной зоне. Службы охраны труда на предприятии проводят обучение и инструктаж по технике безопасности на рабочих местах, включая правила работы на станках и обучение мерам по предотвращению травм, аварий, пожара.

Для обеспечения безопасной работы на рабочих местах, включая снижения монотонности труда и нагрузки на зрение, должны быть порядок (система бережливого производства) и чистота на рабочем месте, обеспечение достаточного освещения и вентиляции. На токарном станке Spectr TC200, где цикл обработки ведется по программе автоматически с использованием механизированных патрона и люнетов, нужно использовать

защитное ограждение рабочей зоны. Это экран, который исключает попадание человека в рабочую зону при выполнении автоматического цикла. Дополнительно они предотвращают разлет стружки и пыли. Блокировочные устройства предотвращают включение станка без установки защитного ограждения в нужном положении, а сигнализация предупреждает оператора о том, что защитное ограждение не установлено или не работает.

На производственном участке устанавливаются системы пожаротушения и пожарной сигнализации, так как категория пожарной опасности данного цеха В. Также должны на каждом участке иметься в наличии средства первичного пожаротушения (огнетушители, песок). Организационные меры по обеспечению пожарной безопасности включают проведение обучения и инструктажи для сотрудников, а также контроль за соблюдением правил безопасности. Необходимо обеспечить организацию путей эвакуации в случае пожара с установкой знаков безопасности и планов эвакуации.

Отходы и загрязнения при изготовлении вала-ротора имеют твердое, жидкое и газообразное состояния. При снятии припуска образуется стружка (в виде ленты - сливная), СОЖ приводит к токсичным испарениям. Также используется ветошь. Необходимо использовать систему утилизации твердых отходов. Стружку отправляют на переплавку, остальное вывозится на мусорные полигоны. Для очистки воды используют очистные сооружения с отстаиванием воды, и дальнейшей ее механической и химической очисткой и обеззараживанием. Очистка воздуха проводится механической фильтрацией, при помощи которой удаляются крупные частицы и пыль из воздуха.

Выводы по разделу

В данном разделе на основе анализа вредных факторов при производстве вала-ротора предлагается комплекс мер для снижения их вредного влияния.

5 Экономическая эффективность работы

Любое техническое решение предполагает экономическое обоснование предложенных совершенствований. В этом и заключается основная задача данного раздела бакалаврской работы.

Подробное описание производимого изделия, его технологического процесса, применяемой оснастки и инструмента, а также трудоемкость операций, представлены в предыдущих разделах бакалаврской работы. Но для выполнения основной задачи данного раздела, наибольший интерес представляют только предложенные изменения в технологический процесс.

Предложенные изменения технологического процесса и результаты, представлены на рисунке 9.

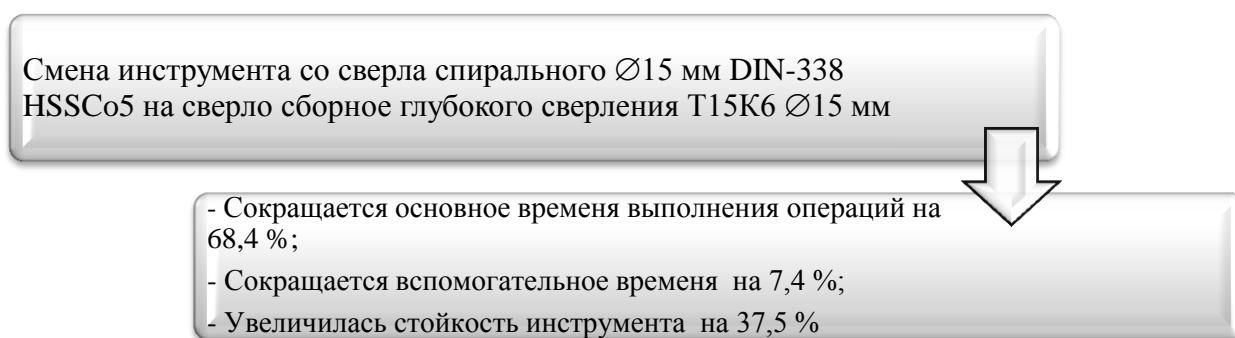


Рисунок 9 – Основные изменения технологического процесса и их технические результаты

Основываясь на технических результатах, представленных на рисунке 9, можно сделать предварительный вывод об эффективности предложенных совершенствований. Однако, для получения действительного подтверждения эффективности предложенных совершенствований, необходимо провести комплекс экономических расчетов. Этот комплекс, укрупнено, можно разделить на несколько этапов. Последовательность и название этапов, а также проводимые расчеты для их выполнения

представлены на рисунке 10.



Рисунок 10 – Последовательность выполнения этапов экономических расчетов определению эффективности проекта

Представленные на рисунке 10 расчеты и методики для их проведения [6] позволят получить результаты и сделать итоговые выводы по эффективности предложенных мероприятий. Для упрощения выполнения перечисленных расчетов дополнительно используется программное обеспечение Microsoft Excel.

Результаты расчетов по определению себестоимости изготовления продукции двух сравниваемых вариантов представлены на рисунке 11.

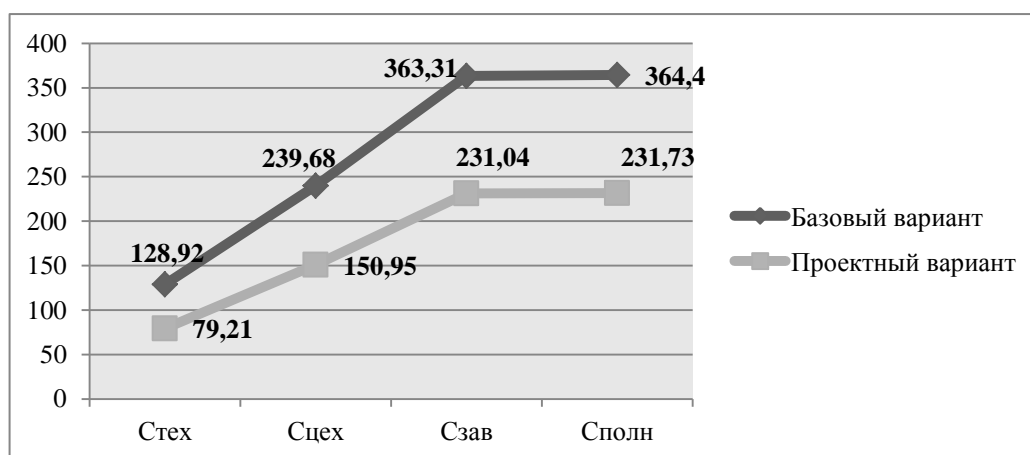


Рисунок 11 – Результаты расчетов по определению себестоимости

На рисунке 12 видно, что технологическая ($C_{ТЕХ}$), цеховая ($C_{ЦЕХ}$), производственная ($C_{ЗАВ}$) и полная ($C_{ПОЛН}$) себестоимости, по сравниваемым вариантам, в проектном варианте имеют меньшие значения. Это показывает снижение итоговых расходов на производство после предложенных совершенствований на 36,4 %.

Результаты расчетов по определению капитальных вложений в совершенствованный технологический процесс, представлены на рисунке 13.

Общие капитальные вложения $K_{общ} = K_{вв.пр} = 56519,9$ руб.	
Прямые капитальные вложения $K_{об} = 0$ руб.	Сопутствующие капитальные вложения $K_{соп} = 56519,9$ руб.

Рисунок 13 – Результаты расчетов по определению капитальных вложений

Из рисунка 13 видно, что прямые капитальные вложения отсутствуют, это связано с тем, что предложенные совершенствования не коснулись изменения применяемого оборудования. Соответственно, общие капитальные вложения складываются только из значений, которые входят в сопутствующие капитальные вложения.

Результаты расчетов по определению экономической эффективности проекта представлены на рисунке 14.

Результаты расчетов
<ul style="list-style-type: none">• Срок окупаемости $T = 1$ год• Чистая прибыль $P_{\text{чист}} = 106136$ руб.• Интегральный экономический эффект $E_{\text{инт}} = 9382,2$ руб.

Рисунок 14 – Результаты расчетов по определению экономической эффективности

Вывод по разделу

Как видно из рисунка 14, предложенные совершенствования технологического процесса можно внедрять, т. к. это позволит получить предприятию экономический эффект в размере 9382,2 руб.

Заключение

Рассматривается технологический процесс изготовления вала-ротора, который входит в конструкцию насоса.

В первом разделе выполнен анализ исходных данных, проанализирован рабочий чертеж вала-ротора по соответствию технических требований, указанных на чертеже, назначению всех поверхностей вала-ротора. Выполнен анализ технологичности с описанием главного недостатка при обработке данной детали – малой жесткости и больших деформаций. Также к проблемным вопросам относится обработка глубокого отверстия, для которого необходимо использовать или много переходную технологию или специализированный инструмент. По заданию данная деталь ходит в конструкцию перекачивающего насоса и создает рабочее давление. В соответствии со структурой задания в технологическом разделе был выбран тип производства и его характеристики. В данном случае получился средне-серийный тип производства, под который подбиралось технологическое оборудование в виде станков с числовым программным управлением. С учетом выбранной горячей штамповки и требований рабочего чертежа детали, спроецированы технологические операции. Особенностью детали является обработка сквозного отверстия небольшого диаметра, которое требует технологических решений в виде одностороннего пушечного сверла. Оно спроектировано в конструкторской части работы. Для базирования заготовки применяется система самоцентрирующих люнетов. Их конструкция спроектирована также в третьем разделе. В заключении проектирования, технологический процесс анализируется на вредные производственные факторы и, с учетом условий обработки, предлагаются меры по снижению их влияния на здоровье работающих и окружающую среду. Замена много переходной технологии сверления на глубокое сверление обосновано в экономическом разделе

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: 17.10.2023)

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. Проектирование металлообрабатывающих инструментов : учеб. пособие / А. Г. Схиртладзе, В. А. Гречишников, С. Н. Григорьев, И. А. Коротков. - Изд. 2-е стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2015. - 256 с. : ил. - (Учебник для вузов. Специальная литература). - URL: <https://e.lanbook.com/book/64341> (дата обращения: 10.10.2023)

11. 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.

12. 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.

13. 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.

14. Расчет режимов резания при точении и фрезеровании [Текст] : метод. пособие к курс. работе по дисциплине "Технол. процессы машиностроит. пр-ва" / ТГУ ; Каф. "Технология машиностроения". - Тольятти : ТГУ, 2002. - 59 с. : ил.

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" / 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. Li, Chun Characterizing the Vibration Responses of Flexible Workpieces during the Turning Process for Quality Control /Chun Li, Zhexiang Zou, Wenbo Duan // Applied Sciences. 13. 12611. 10.3390/app132312611. – 2023.

Приложение А

Технологические карты

Таблица А.1 - Маршрутная карта

ГОСТ 3.1118-82 Форма 1													
Дубл.													
Взам.													
Тиссл.										3 1			
Разраб.	Шишканов												
Проверил	Рассторгуев Д.А.												
Утвердил	Логинов Н.Ю.												
Н. контр.	Рассторгуев Д.А.												
Вал													
М 01	Сталь 31Х19Н9МВБТ ГОСТ 5632-72												
	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н. расх.	КИМ	Код заготовки	Профиль и размеры	КД	МЗ			
М 02	10	кг	28	1	1	0,78	05	82,5x772	1	36			
А	Цех Уч. РМ	Опер.	Код, наименование операции										
Б	Код, наименование оборудования		СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Плз.	Тшт.
А03	000	4286	Фрезерно-отрезная										
Б04	Отрезной станок 8Б672												
А05	005	5022	Термообработка										
Б06	Печь												
А07	015	4110	Токарная										
А08	Токарный центр Spectr TC2000												
Б09													
А10	020	5022	Термообработка										
Б11													
А12	025	4110	Токарная										
Б13	Токарный центр Spectr TC2000												
А14	030	5000	Термическая обработка										
Б15													
А16													
МК	Маршрутная карта									2			

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

		ГОСТ 3.1118-82										Форма
Дубл.												
Взам.												
Губл.												2
вал												
А	Цех	Уч.	РМ	Юлер.	Код. наименование операции	Обозначение документа						Тшт.
						Код. наименование оборудования	СМ	Проф.	Р	УГ	КР	
Б	Наименование детали, со. единицы или материала					Обозначение код						
К/М												
А01												
Б02									1	1	1	
А03					035 4233 Токарная с ЧПУ							
Б04					Токарный центр Spectr TC2000				1	1	1	
А05					040 4233 Токарная с ЧПУ							
Б06					Токарный центр S spectr TC2000				1	1	1	
А07					045 0125 Промывка							
Б08					LVT400-M				1	1	1	
А09					050 0200 Контроль							
Б10												
А11												
Б12												
А13												
Б14												
А15												
Б16												
А17												
МК	Маршрутная карта											3

Продолжение Приложения А

Таблица А.2 – Операционная карта

ГОСТ 3.1404-86 Форма 3											
Дюбл.											
Взам.											
Посл.											
										4	1
Разраб.	Шилшканов Ю.М.										
Проверил	Расторгуев Д.А.										
Утвердил	Логинев Н.Ю.										
Н. контр.	Расторгуев Д.А.										
Наименование операции		Вал насоса		МД	Профиль и размеры	МЗ	КОИД				
Токарная		ТВ220	кг	28	90x700	32	1				
Оборудование, устройство ЧПУ		Обозначение программы		Тр	Тшт.	СОЖ					
Токарный центр Spectr TC2000		13	2,9	25	13,5						
P		D или B	L	t	i	s	n	v			
T01	Патрон ГОСТ 2571-71										
T02	Люнет 6046-0012 ГОСТ 21190-75										
T03											
O04	1. Установить вала, закрепить в люнетах										
T05	Консоль поворотная										
T06	Строп цепной										
T07	Захват (2 шт)										
T08	Подставка										
T09	Хомут										
T10	Рукавицы ГОСТ 12.4.010-75										
O11	2. Подрезать поверхность										
T12	2112-0009 Резец T15K6 ГОСТ 18880-73										
O13	3. Переустановить и закрепить заготовку										
OK	Операционная карта										

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.2

Дуол. Взам. Плол.	ГОСТ 3.1404-86 Форма											
											2	
											025	
<i>P</i>											<i>V</i>	
O01	4. Подрезать поверхность											
T02	2112-0009 Резец T15K6 ГОСТ 18880-73											
O03	5. Установить и закрепить заготовку											
O04	6. Точить наружную поверхность начерно											
M05												
T06	Крючок											
T07	Щетка-сметка											
T08	DINL3232P15 Резец T15K6 ТУ 2-035-892-82											
T09	Скоба регулируемая											
T10	Линейка ГОСТ 427-75											
T11	Очки ГОСТ 12.4.013-85											
O12	7. Точить наружную поверхность начисто											
M13												
T14	Крючок											
T15	Щетка-сметка											
T16	DINL3232P15 Резец T15K6 ТУ 2-035-892-82											
T17	Скоба регулируемая											
T18	Линейка ГОСТ 427-75											
OK	Операционная карта											

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.2

		ГОСТ 3.1404-86 Форма										
Дубл.	Взам.											
Глоул.												
		3										
		025										
P		П	И	Д	или	В	L	t	i	s	n	v
T01	Очки ГОСТ 12.4.013-85											
O02	8. Контролировать деталь.											
T03	Линейка ГОСТ 427-75											
T04	Штангенциркуль ШЦК-1-250-0,02 ГОСТ 166-89											
O05	9. Точить канавку											
T06	035-2128-0541 Резец Т14К8 ОСТ 2И10-8-84											
O07	10. Нарезать резьбу											
T08	2660-0005 Резец Т15К6 ГОСТ 18885-73											
P09	-											
O10	11. Фрезеровать пазы											
T11	2223-1253 Фреза 16, z=3 P8M3K6C ГОСТ 23247-78											
P12	-	5	56	16	3	0,021	107	5,4				
O13	12. Сверлить заготовку 15 мм											
T14	2301-0880 Сверло 15 P6M5 ГОСТ 19546-74											
P15	-	15	118	7,5	1	0,131	184	8,7				
O16	13. Центровать отверстия											
T17	2317-0135 Сверло 4 P6M5 ГОСТ 14952-75											
P18	-	4	7	2	1	0,075	1460	18,3				
OK	Операционная карта											

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.2

Дюбл. Взам. Площ.	ГОСТ 3.1404-86. Форма										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Р	ПИ	Д	или	В	L	t	i	s	n	V	
001	14.	Сверлить заготовку 14 мм									0,32
T02	2300-0858 Сверло диаметр 6 Р6М5 ГОСТ 19543-74										
P03	-	11	19	5,5	1	0,202	293	10,1			
O04	15. Нарезать внутреннюю резьбу										
T05	2629-2076 Метчик ГОСТ 17928-72										
P06	-	12	17	0,68	1	1,25	252	9,5			
07											
08											
09											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
OK	Операционная карта										

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.2

ГОСТ 3.1105-84		Формы	
Дубл.			
Взам.			
Полл.			
			3
			015

Technical drawing of a stepped shaft with the following dimensions and diameters:

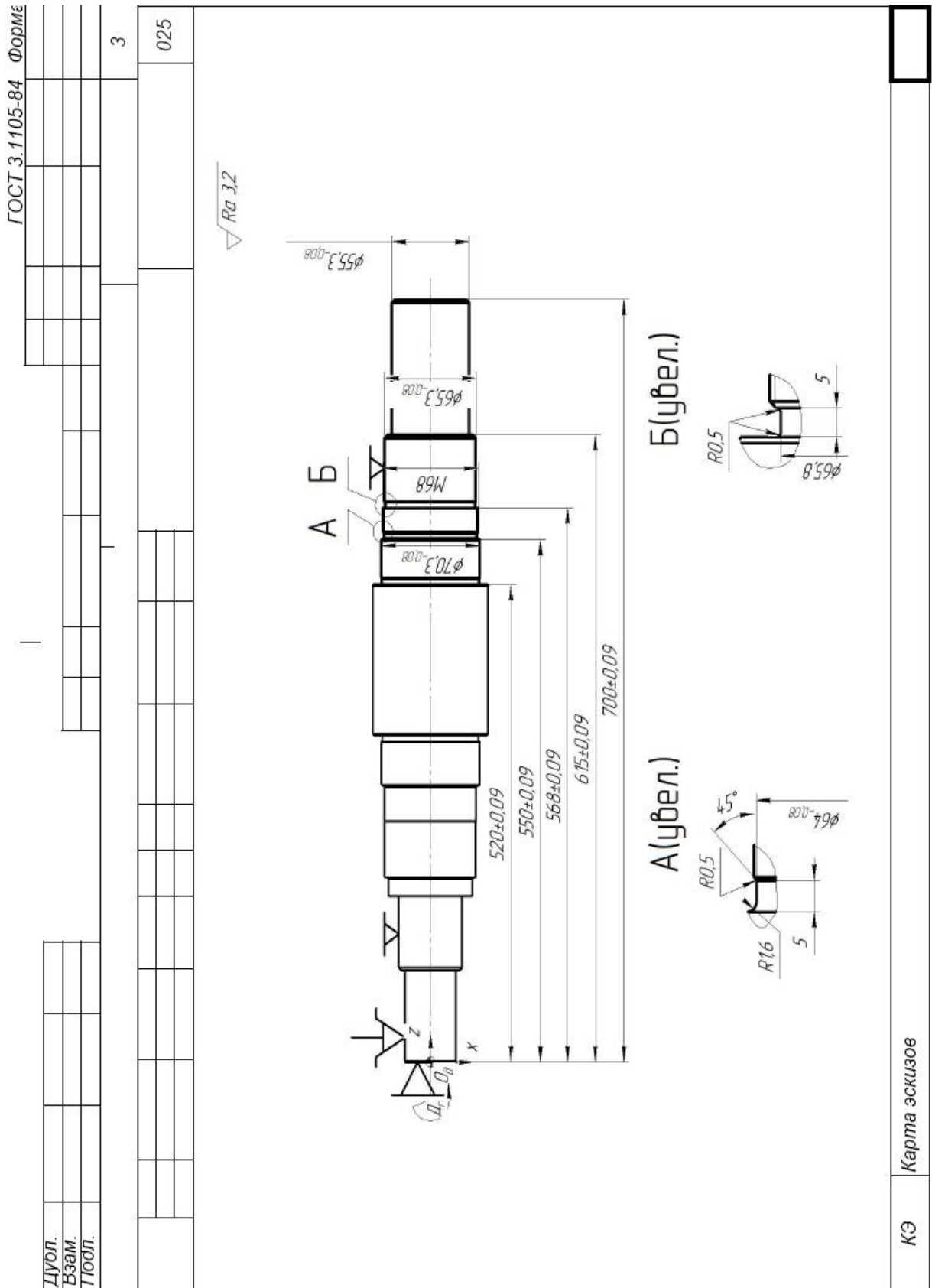
- Total length: 700
- Section 1 (left): length 180*
- Section 2: length 388±0,09, diameter $\phi 90,3_{-0,08}$
- Section 3: length 420±0,09, diameter $\phi 70,3_{-0,08}$
- Section 4: length 442±0,09, diameter $\phi 65,3_{-0,08}$
- Section 5: length 479,5±0,09, diameter $\phi 61,1_{-0,08}$
- Section 6: length 490±0,09, diameter $\phi 45,3_{-0,08}$
- Section 7 (right): diameter $\phi 36,3_{-0,08}$

Additional features: chamfers at both ends, a groove labeled 'B' on the $\phi 90,3$ section, and a hole labeled 'z' in the left section. Coordinate axes X, Y, and Z are shown.

КЭ Карта эскизов

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.2



КЭ Карта эскизов

Приложение Б

Спецификация приспособления

Таблица Б.1 – Спецификация приспособления

Лист		Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
									№
Лист 1						Документация			
Лист 2		A1			23.ВКР.ОТМП.18.65.00.000.СБ	Сборочный чертеж			
Лист 3						Сборочные единицы			
Лист 4			1		23.ВКР.ОТМП.18.65.01.000.	Привод зажима	1		
Лист 5						Детали			
Лист 6			2		23.ВКР.ОТМП.18.65.02.000.	Стойка	4		
Лист 7			3		23.ВКР.ОТМП.18.65.00.003.	Штак	1		
Лист 8			4		23.ВКР.ОТМП.18.65.00.004.	Плита	1		
Лист 9			5		23.ВКР.ОТМП.18.65.00.005.	Корпус	1		
Лист 10			6		23.ВКР.ОТМП.18.65.00.006.	Крышка	1		
Лист 11			7		23.ВКР.ОТМП.18.65.00.007.	Копир	1		
Лист 12			8		23.ВКР.ОТМП.18.65.00.008.	Кольцо	6		
Лист 13			9		23.ВКР.ОТМП.18.65.00.009.	Палец	3		
Лист 14			10		23.ВКР.ОТМП.18.65.00.010.	Ролик	2		
Лист 15			11		23.ВКР.ОТМП.18.65.00.011.	Рычаг	2		
Лист 16			12		23.ВКР.ОТМП.18.65.00.012.	Планка	2		
Лист 17			13		23.ВКР.ОТМП.18.65.00.013.	Ось	2		
Лист 18			14		23.ВКР.ОТМП.18.65.00.014.	Ось роликов	3		
Лист 19		23.ВКР.ОТМП.18.65.00.000.СП							
Лист 20		Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
Лист 21		Разраб.	Шижанов				Лит.	Лист	
Лист 22		Проб.	Расторгуев					Листов	
Лист 23		Исконтр.	Расторгуев				1 2		
Лист 24		Утв.	Логинов				ТГУ, ИМ, зр. ТМдз-1801а		
Лист 25		Люнет самоцентрирующий					Формат А4		

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

Не для коммерческого использования

Копировал

Формат А4

Приложение В

Спецификация инструмента

Таблица В.1 – Спецификация инструмента

Формат Зона Лист	Обозначение	Наименование	Кол	Приме- чание
		<u>Документация</u>		
A2	23.ВКР.ОТМП.18.75.00.000.СБ	Сборочный чертёж		
		<u>Детали</u>		
	1 23.ВКР.ОТМП.18.75.00.001	Режущая часть	1	
	2 23.ВКР.ОТМП.18.75.00.002	Державка	1	
23.ВКР.ОТМП.18.65.00.000.СП				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Шишканов Ю.М.		
Проб.		Расторгуев Д.А.		
Н.контр.		Расторгуев Д.А.		
Учт.		Логинов Н.Ю.		
Сверло однофрезное		Лит.	Лист	Листов
				1
		ТГУ, ИМ, ТМБз-1801а		
		Формат А4		

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

Перв. примен.

Стр. №

Подп. и дата

Инд. № дроб.

Инд. № лист

Инд. № табл.

Не для коммерческого использования

Копировал