

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»
Институт машиностроения
Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного
производства»
Направление 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств»
Профиль «Технология машиностроения»

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Разработка установки управления осью маложестного вала на
токарных операциях на примере технологического процесса изготовления
шлицевого вала

Студент(ка)	<u>Р.О. Алашеев</u> (И.О. Фамилия)	<u>(личная подпись)</u>
Руководитель	<u>Д.А. Расторгуев</u> (И.О. Фамилия)	<u>(личная подпись)</u>
Консультанты	<u>Л.Н. Горина</u> (И.О. Фамилия)	<u>(личная подпись)</u>
	<u>Н.В. Зубкова</u> (И.О. Фамилия)	<u>(личная подпись)</u>
	<u>В.Г. Виткалов</u> (И.О. Фамилия)	<u>(личная подпись)</u>

Допустить к защите

И.о. заведующего кафедрой
к.т.н, доцент

А.В. Бобровский
(личная подпись)

« _____ » _____ 2016 г.

Тольятти 2016

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»
Институт машиностроения
Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»

УТВЕРЖДАЮ

И.о. зав. кафедрой _____ А.В.Бобровский

«___» _____ 2016 г.

ЗАДАНИЕ

**на выполнение выпускной квалификационной работы
(уровень бакалавра)**

**направление подготовки 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств»
профиль «Технология машиностроения»**

Студент Алашеев Роман Олегович гр. ТМбз-1131

1. Тема Разработка установки управления осью мало жесткого вала на токарных операциях на примере технологического процесса изготовления шлицевого вала

2. Срок сдачи студентом законченной выпускной квалификационной работы «» 2016 г.

3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе годовой объем выпуска 500 дет/год, 2 смены

4. Содержание выпускной квалификационной работы (объем 40-60 с.)

Титульный лист.

Задание. Аннотация. Содержание.

Введение, цель работы

1) Анализ исходных данных

2) Проектирование установки для управления осью заготовки

3) Технологическая часть работы

4) Проектирование режущего инструмента

5) Безопасность и экологичность технического объекта

6) Экономическая эффективность работы

Заключение. Список используемой литературы.

Приложения: технологическая документация

УДК621.9

Аннотация

Алашеев Р.О. Разработка установки управления осью маложесткого вала на токарных операциях на примере технологического процесса изготовления шлицевого вала. Выпускная квалификационная работа. Тольятти. Тольяттинский Государственный университет, 2016 год. – 76 с., 8 л. формата А1

В работе проектируется установка для управления осью маложесткого вала на токарных и шлифовальных операциях.

В работе на примере технологического процесса изготовления вала рассматривается технология обработки с использованием системы управления осью заготовки. Это позволяет скомпенсировать упругие деформации, возникающие от действия сил резания.

Данная установка и способ управления осью необходим для повышения точности и производительности обработки. Пример применения такой установки приводится в технологическом процессе изготовления шлицевого вала.

Технологические усовершенствования обоснованы в экономическом разделе.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение, цель работы.....	5
1. Анализ исходных данных.....	6
1.1 Способы и устройства повышения точности при обработке валов малой жесткости	6
1.2 Анализ исходных данных	16
2. Проектирование установки для управления осью заготовки	16
2.1 Расчет центрального усилия поджима задней бабки	16
2.2 Разработка приспособления для управления осью заготовки	19
3. Технологическая часть работы	23
3.1 Классификация поверхностей детали.....	23
3.2. Выбор метода получения и проектирование заготовки	26
3.3 Выбор методов обработки отдельных поверхностей	29
3.4 Расчет припуска на наиболее точную поверхность	32
3.5 Проектирование заготовки	36
3.6 Разработка технологического маршрута.....	37
3.7 Выбор средств технологического оснащения	40
3.8 Разработка технологических операций	42
4. Проектирование режущего инструмента.....	49
5. Безопасность и экологичность технического объекта	50
6. Экономическая эффективность работы	57
Заключение	61
Список используемой литературы	62
Приложения	65

ВВЕДЕНИЕ, ЦЕЛЬ РАБОТЫ

При обработке маложестких валов основная трудность – большой прогиб вала при действии сил резания. Поэтому необходимо или повышать жесткость заготовки, или искать другие пути компенсации прогибов. Повышение жесткости связано с установкой дополнительных люнетов, что приводит к усложнению технологической системы. В каждом случае установка люнетов индивидуальна и требует перенастройки.

В работе предлагается управлять осью вала за счет приложения изгибающего момента на его торце.

Цель работы – разработать установку для управления осью маложесткого вала для повышения точности и производительности.

Для этого необходимо проанализировать существующие способы управления точностью, выбрать наиболее эффективный и конструктивно разработать установку для его реализации.

Применить данное устройство и технологию при разработке технологического процесса изготовления маложесткого вала.

1. АНАЛИЗ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

1.1 Способы и устройства повышения точности при обработке валов малой жесткости

Задача подраздела – выявить наиболее прогрессивное техническое решение для достижения цели - разработать установку для управления осью мало жесткого вала для повышения точности и производительности.

В качестве объекта усовершенствования, как технологической системы, примем способ управления обработкой точением и шлифованием и устройство для его осуществления. Выявить прогрессивные решения, которые могут лечь в основу усовершенствованного объекта, можно в результате патентного исследования достигнутого уровня вида техники “ способ управления обработкой”.

Управление подсистемой заготовка-опоры предназначено для повышения точности геометрии мало жесткой детали, производительности без увеличения энергозатрат.

Способы обработки характеризуются перечнем действий и их содержанием, последовательностью выполнения и режимами. Устройство характеризуется такими конструктивными признаками, как форма, конструкция, соотношение размеров.

Основная рубрика МПК следующая: В23 В1/00 – способы обработки точением.

Ниже приведены описания технических решений, найденных в процессе поиска [28].

Цель способа обработки не жестких деталей - повышение точности обработки и виброустойчивости [1].

Цель достигается за счет внецентренного растяжения детали и создания изгибающего момента в направлении, противоположном изгибающему моменту резания. Величину эксцентриситета приложения силы устанавливают в зависимости от координаты режущего инструмента вдоль оси детали, ее размеров и режима резания.

На рис. 1.1 показана схема обработки при центральном растяжении и положение оси вала при одновременном растяжении и нагружении резцом. Обозначения на рис. 1.1 следующие: P – сила растяжения; y – прогиб детали; e – параметр эксцентриситета при внецентренном растяжении; M_1 – момент от силы резания; M_2 – момент от сил внецентренного растяжения; $S_{пр}$ – продольная подача.

Деталь 1 устанавливают в зажимном патроне 2 токарного станка. Второй конец детали 1 поджимают подпружиненным центром и начинают резание резцом 3. После врезания и обработки участка детали, достаточного для зажима, этот конец детали автоматически зажимается элементами 4 механизма натяжения. Одновременно осуществляется внецентренное нагружение детали 1 растягивающей силой P . Внецентренным растяжением создают дополнительные моменты M_2 , которыми видоизменяют ось вала и противодействуют прогибу y от момента M_1 , создаваемого силами резания P от резца 3. Начальная величина эксцентриситета e устанавливается смещением механизма натяжения. В дальнейшем величину эксцентриситета e регулируют в зависимости от координаты резца относительно детали. Учитывают ее размеры и режим резания. При этом повышается жесткость системы СПИЗ. Это повышает точность обработки и виброустойчивость.

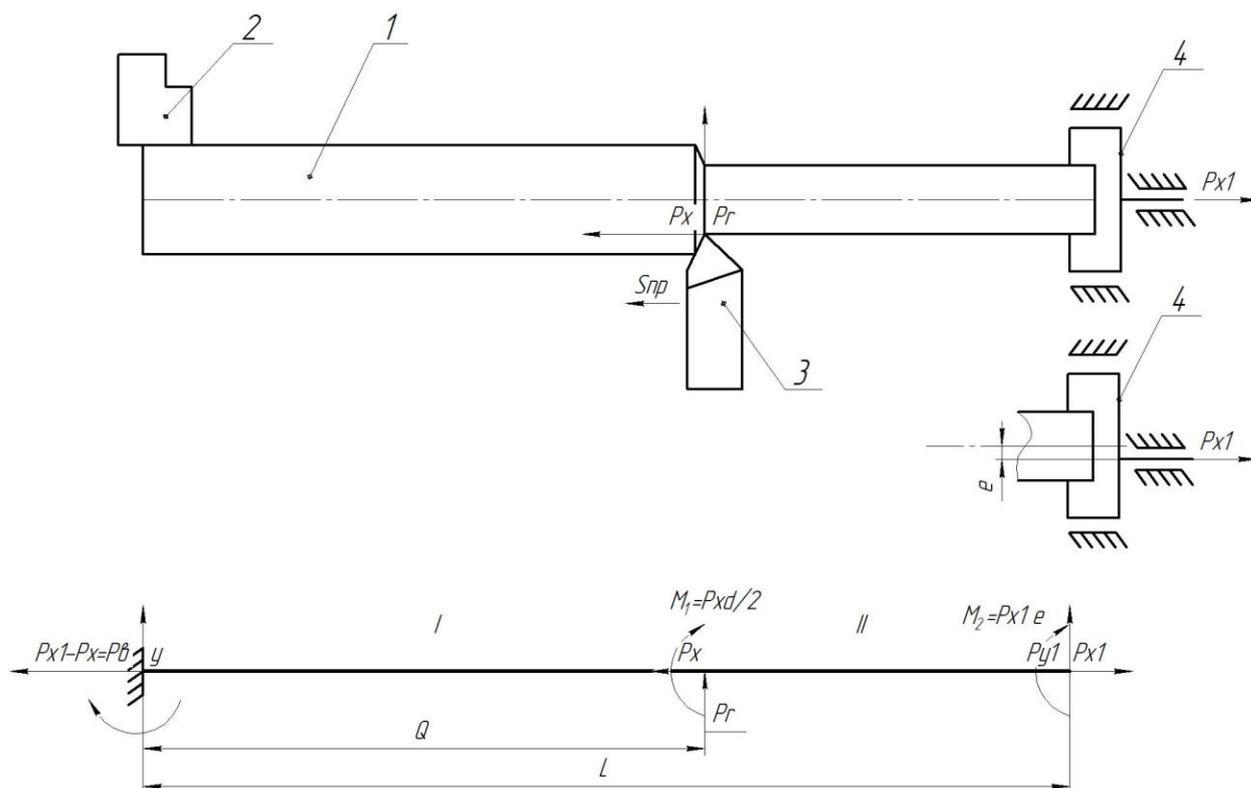


Рис. 1.1 Схема к авторскому свидетельству СССР № 869972

Цель способа обработки нежестких деталей – повышение точности обработки за счет компенсации упругих деформаций обрабатываемой детали в месте приложения силы резания [2].

Для достижения цели к торцу детали прикладывают опорный момент, величину которого изменяют в зависимости от координаты режущего инструмента при его перемещении вдоль оси детали.

На рис. 1.2 показана схема нагружения обрабатываемой детали силой резания P и опорным моментом M , а также осевые линии. Одна от действия силы резания P , а другая от опорного момента M , а также от совместного действия силы резания и опорного момента $P+M$. На рис. 1.2 приведена также схема управления статическими и динамическими деформациями обрабатываемой детали. Схема управления деформациями состоит из детали 1, патрона 2 токарного станка, заднего центра 3, диска 4, динамического виброгасителя 5, кулачка 6, режущего инструмента 7, датчика положения 8, программного блока 9.

Предлагаемый способ реализуется следующим образом. Деталь 1 закрепляют в патроне 2 токарного станка и поджимают задним центром 3 через диск 4. На диск 4 воздействует динамический виброгаситель 5, создавая опорный момент на конце детали 1, противодействующий изгибающему моменту от действия радиальной составляющей силы резания P режущего инструмента 7. При движении режущего инструмента 7 вдоль оси обрабатываемой детали 1 величина опорного изгибающего момента меняется от нуля до максимума по середине длины детали.

Усилие, создающее опорный момент, передается через виброгаситель, смещает спектр частот в сторону их возрастания и уменьшает амплитуду колебаний. Параметром виброгасителя является соотношение между его массой и жесткостью. Он определяется из условия гашения изгибных колебаний детали. При данной постановке виброгасителя уменьшаются колебания детали и исключается возможность параметрического резонанса. Динамический виброгаситель 5 соединен с кулачком 6, выполняющим роль программного устройства при реализации способа обработки нежестких деталей. Виброгаситель осуществляет управление опорным моментом через диск 4, контактирующий непосредственно с деталью 1. В процессе обработки перемещение режущего инструмента 7 вдоль оси обрабатываемой нежесткой детали 1 фиксируется датчиком положения 8, по сигналам которого программный блок 9 подает команду на вращение кулачка 6 динамического виброгасителя 5. Профиль кулачка 6 динамического виброгасителя выполнен в соответствии с законом изменения осевой линии нежесткой детали при обработке ее резанием. Кулачок 6 воздействует на виброгаситель 5, последний передает усилие на диск 4. Опорный момент, создаваемый при передаче усилия на диск 4 изгибает деталь 1 в направлении, противоположном изгибу детали от силы резания. Процесс обработки осуществляют так, чтобы упругие деформации заготовки в зоне резания отсутствовали. Обрабатывается практически недеформированная

деталь. Предлагаемый способ, в отличие от известных, обеспечивает условия достижения высокой точности обработки за счет компенсации упругих деформаций в зоне резания.

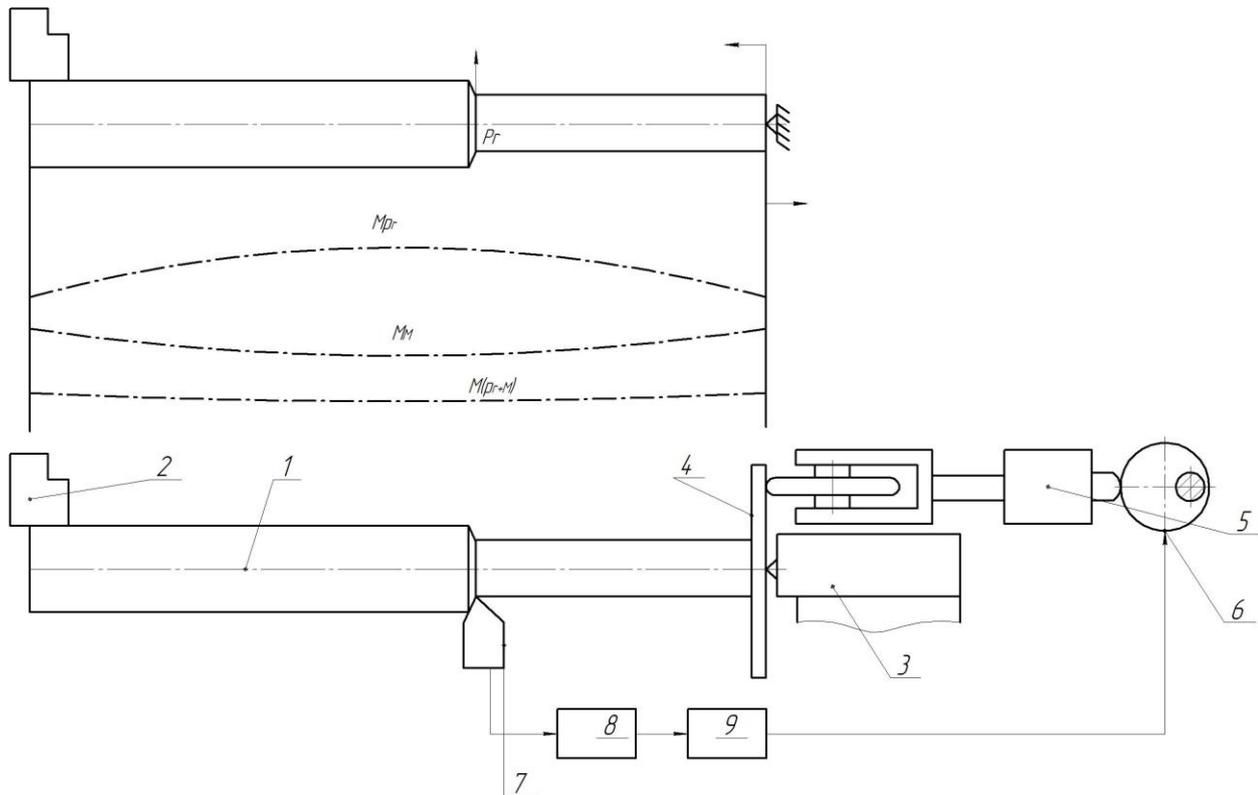


Рис. 1.2 Схема к авторскому свидетельству СССР № 973240

Цель способа обработки нежестких валов в центрах [3] – повышение точности обработки и улучшение условий резания. Для этого торцы вала протачивают или фрезеруют параллельно друг другу, но под углом к оси самого вала. Выполняют зацентровку перпендикулярно торцам со смещением относительно геометрической оси вала в противоположные стороны и на одинаковую величину. Смещение выбирают из расчета обеспечения припуска на всей длине обрабатываемого вала с максимальной его величиной у торцов. Улучшение условий резания обеспечивается при этом в результате образования дробленой стружки.

На рис. 1.3 показана операция зацентровки на косоугольно срезанных торцах заготовки. Из-за этого характер снятия припуска

меняется при обработке детали. На рис. 1.3. показан график изменения податливости под воздействием пульсирующей нагрузки по длине вала. Заготовку, подлежащую последующей обработке в центрах на токарных или шлифовальных станках, отрезают с получением параллельных косоугольных срезов. В полученной заготовке сверлят соосные центровые отверстия с эксцентриситетом, одинаковым в противоположные стороны от оси. Его величину выбирают исходя из обеспечения снятия припуска по всей длине заготовки и максимальной разницы его значений по обе стороны эксцентричной зацентровки у торцов. На максимальном расстоянии от опор, характеризующемся наибольшей податливостью будет равномерный припуск. Неравномерность припуска переносится в поперечные сечения детали, примыкающие к опорам детали и характеризующиеся наибольшей жесткостью. В процессе обработки величина пульсации усилия резания изменяется от максимальной у торцов детали до минимальной посередине. Максимальное значение пульсации силы у торцов заготовки воспринимается опорами зацентровки, где величина податливости минимальна. Далее возможен прогиб заготовки с появлением бочкообразности. По мере удаления от центровых опор величина пульсации снижается и становится минимальной по середине вала. Появляющаяся тенденция к прогибу заготовки погашается за счет увеличивающегося припуска с противоположной стороны диаметра. При переходе инструмента на другую сторону пульсация нагрузки и податливость детали меняются в противоположном направлении. Происходит перегиб оси детали в противоположную сторону – здесь также возможно появление некоторой бочкообразности, но так как перегиб происходит в противоположную сторону, общий перегиб оси становится значительно уменьшенным по форме. Отклонение от геометрической формы даже при безлюнетной обработке – минимальное. Если, например, ось правой стороны детали в результате неравномерности припуска прогнется в одну сторону, то ось левой стороны в результате такого же

неравномерного припуска изогнется в противоположную сторону. Произойдет выравнивание бочкообразности, т. е. приближение к правильной геометрической форме. Основной эффект - происходит дробление стружки особенно интенсивно по краям заготовки. Этот способ точения с дроблением стружки особенно эффективен при обработке нержавеющей и жаропрочных сталей. Способ позволяет применять люнеты. Для этого необходимо развернуть люнетное устройство на угол эксцентриситета зацентровки.

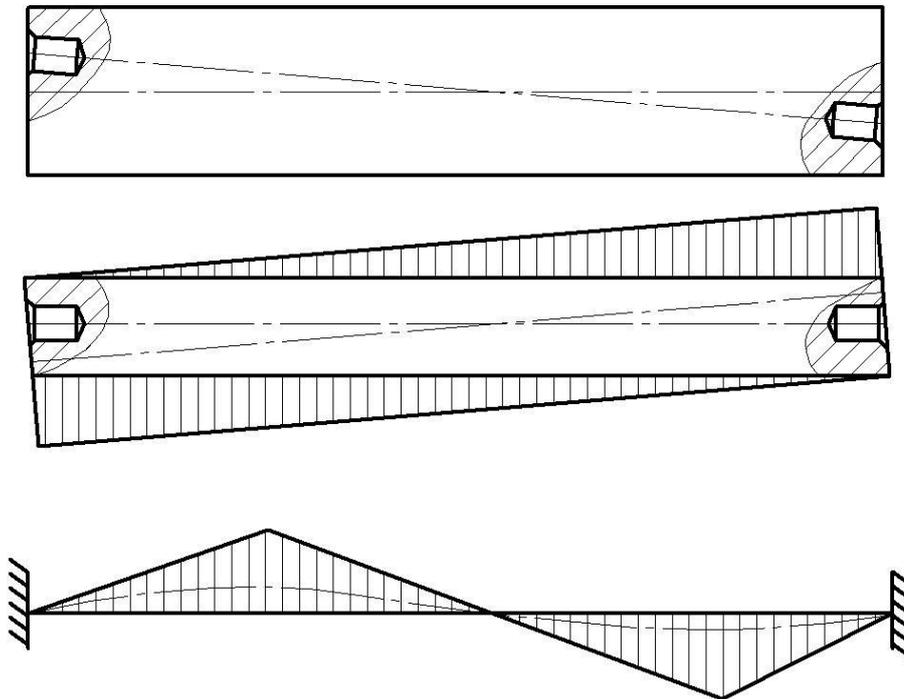


Рис. 1.3 Схема к авторскому свидетельству СССР №770660

Цель способа обработки нежестких деталей – повышение точности обработки [4].

Она достигается за счет закрепления вала в зажимных механизмах передней и задней бабок станка и управления положением оси детали путем создания изгибающего момента. Его создают приложением внецентренного продольного усилия. Продольные усилия прилагают к торцу детали не менее чем в трех разных точках, расположенных эксцентрично относительно оси детали на одинаковую величину. Направление изгибающего момента регулируют путем изменения направления и величины прилагаемых усилий.

На рис. 1.4 представлена схема токарной обработки, реализующая данный способ. Деталь 1 устанавливают и центрируют в переднем 2 и заднем 3 подпружиненном центрах станка. После этого зажимают механизмами 4 и 5 соответственно передней и задней бабок. Включается привод главного движения. Вращение при этом передают посредством поводка 6 кольцу 7 и далее детали 1. Инструмент 8 подводят к детали 1, настраивают на размер и осуществляют врезание. Одновременно к наружным неподвижным кольцам 9, расположенным у торцов в плоскостях, перпендикулярных к оси детали 1, прилагают не менее чем в трех разных точках продольные растягивающие усилия P_1, P_2, P_3 разной величины $P_1 < P_2 < P_3$. Так как величины сил P_1, P_2, P_3 разные, возникает эксцентриситет продольных растягивающих усилий, которые создают управляемый изгибающий момент $M_{изг}$, который противодействует моменту сил резания. Происходит изменение осевой линии детали 1 и внесение корректирующей поправки в относительное положение детали 1 и инструмента 8. По мере перемещения инструмента по длине обработки регулируют величины продольных усилий P_1, P_2, P_3 . Делают это по программе или по результатам измерений размеров деталей. Также изменяют эксцентриситет продольных сил P_1, P_2 и P_3 , а за счет этого величину изгибающего момента $M_{изг}$ и величину корректирующей поправки.

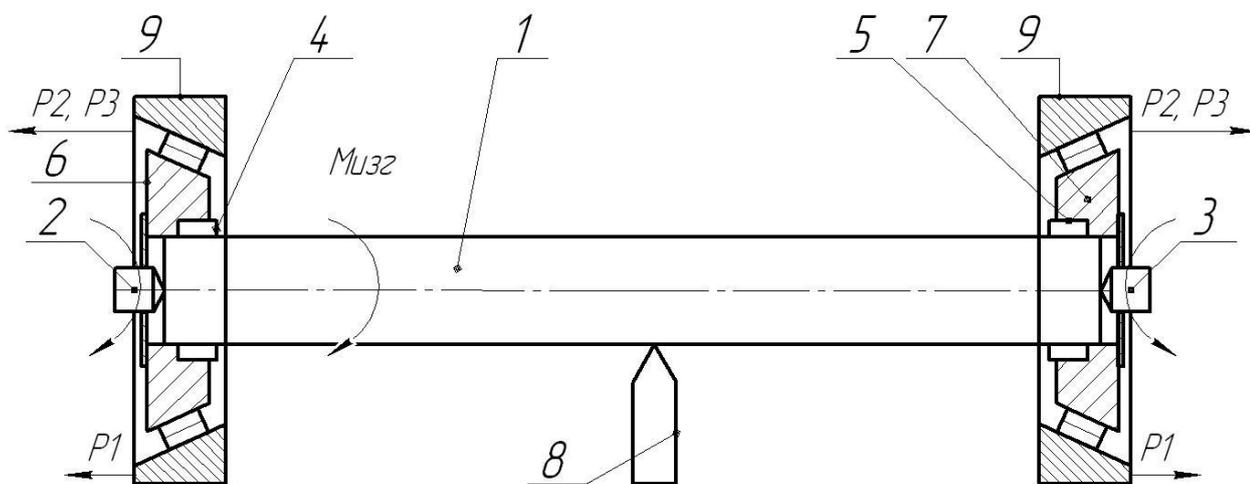


Рис.1.4 Схема к авторскому свидетельству СССР №1126376

Цель способа выверки длинномерных заготовок на станке – повышение точности выверки заготовки путем снижения ее изгибных колебаний при вращении [5] (рис.1.5). Проводят измерение положения оси заготовки относительно оси патрона и задней бабки во взаимно перпендикулярных плоскостях. Далее регулируют положение заготовки перемещением люнета или его элементов. Измеряют относительные деформации заготовки по крайней мере в двух поперечных сечениях: в исходном ее положении и при повороте на угол 180. После чего сравнивают их и при регулировке добиваются отсутствия или неизменной величины деформации в двух взаимно перпендикулярных плоскостях.

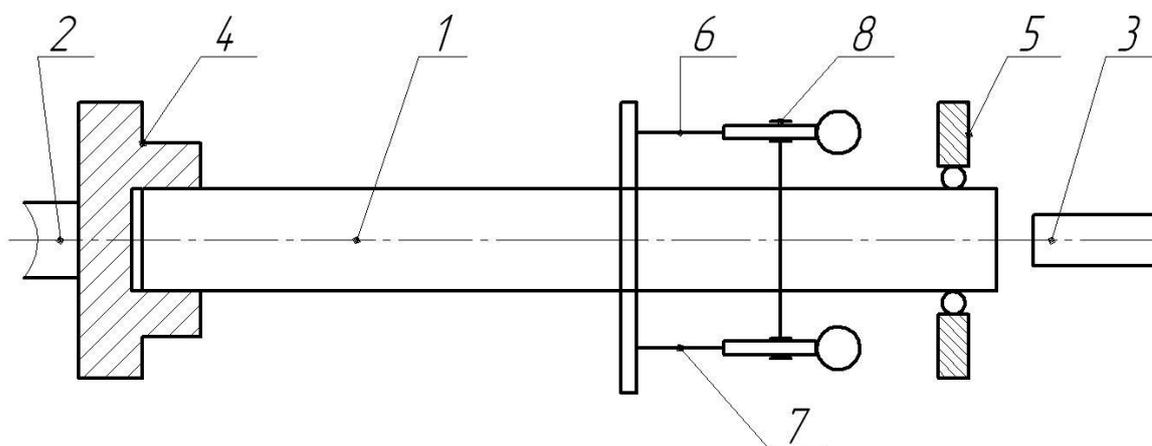


Рис.1.5 Схема к авторскому свидетельству СССР № 1142225

Целью способа токарной обработки нежестких деталей является повышение точности обработки [6]. Для этого при каждом обороте нежесткой детали в зависимости от ее прогиба и угла поворота изменяют передний угол резания на величину, определяемую из предложенной математической модели. Устанавливают максимальное значение переднего угла в момент контакта режущего инструмента с поверхностью, имеющей максимальное отклонение от оси вращения (рис.1.6).

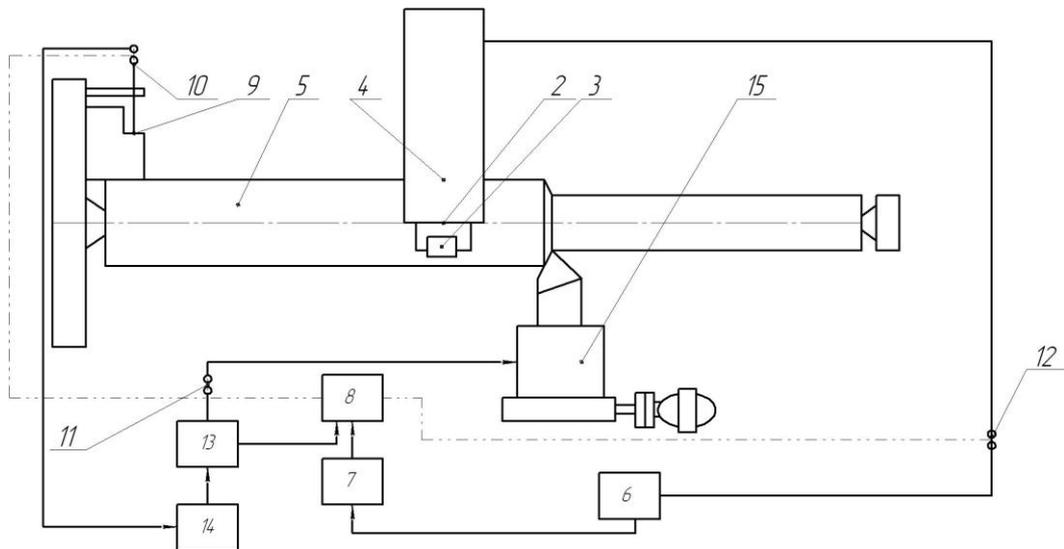


Рис.1.6 Схема к авторскому свидетельству СССР №1604501

В процессе резания в поверхностном слое детали создают деформирующие напряжения путем периодического нагружения механическими высокочастотными или ультразвуковыми циклами нагрузки. Величину максимального усилия задают по заданной деформации материала с указанной величиной предварительного упрочнения [7]. Генерируются крутильные колебания детали в направлении скорости резания. Это позволяет изменять механические свойства материала и сузить зону интенсивных пластических деформаций в зоне резания. Сблизить во времени момент страгивания и наступления пластической неустойчивости. Способствовать хрупкому развитию разрушения. Одновременно накладывать механические колебания на инструмент в направлении главного движения с периодом вынужденных колебаний.

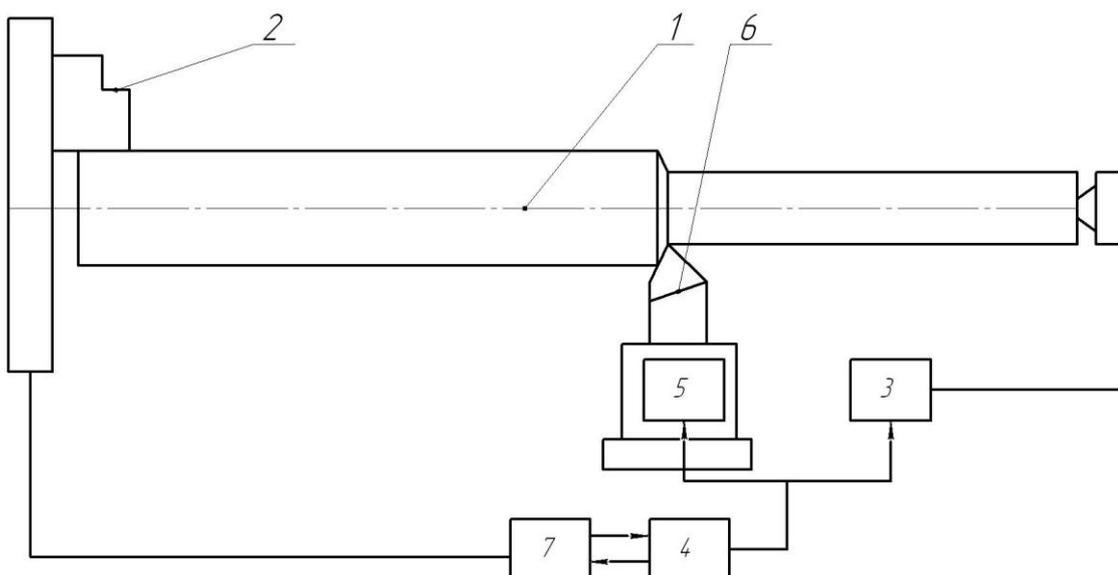


Рис.1.6 Схема к авторскому свидетельству СССР №1754330

С точки зрения управления осью маложестького вала технологичный, простой в использовании и управлении, но эффективный по обеспечению точности является способ по авторскому свидетельству №973240. Предлагается для выбранного технологического оборудования провести модернизацию задней бабки и использовать данный способ управления в техпроцессе изготовления маложестького вала.

1.2 Анализ исходных данных

Деталь – вал шлицевой торсионный привода подъемника. Работает в условиях циклических переменных неравномерных нагрузок. В качестве материала для изготовления вала выбрана сталь 45ХН2МФА ГОСТ 1133-71. Химический состав представлен в табл. 1.1.

Таблица 1.1 - Химический состав 45ХН2МФА ГОСТ 1133-71, % и физико-механические свойства

C	Si	Mn	Cr	S	P	Cu	Mo	V	Ni
				не более					
0,42—	0,17—	0,50—	0,8-1,1	0,025	0,025	0,3	0,2-	0,1-0,18	1,3-1,8
σ_T	σ_B	δ_5	ψ	КСУ, Дж/см ²					
1275	1420	7	35	39					

С учетом назначения вала, при проектировании технологического процесса изготовления необходимо уделить особое внимание поверхностям которые используются для установки вала в узле. Они имеют жесткие требования по точности, шероховатости, допускам расположения и формы.

Весь вал механически обрабатывается. Это связано с точностью, предъявляемой к свободным поверхностям. К тому же, необработанные поверхности вызовут нежелательную неуравновешенность, дисбаланс, что может стать причиной возникновения вибрации. Это снизит эксплуатационные показатели, надёжность и долговечность всего изделия.

2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ОСЬЮ ЗАГОТОВКИ

2.1 Расчет центрального усилия поджима задней бабки

Для управления осью вала необходимо регулировать усилие поджима задним центром. Осевое усилие изменяется от температурных удлинений заготовки.

Рассчитаем, как удлинится вал при обработке из-за теплового нагрева.

Теплота, образующая при резании, приводит к тепловым деформациям технологической системы, а следовательно, и появлению погрешностей обработки $S_{\Delta T}$. Рассмотрим наиболее подробно расчет погрешности обработки, связанной с теплыми деформациями $\Delta_{T, \text{заг}}$ заготовки и режущего инструмента $\Delta_{T, \text{ин}}$.

Количество теплоты, образующейся при резании, определяется по формуле [10]

$$Q = 0,24N_{\text{рез}} T_0 60, \text{ ккал} \quad (2.1)$$

где $N_{\text{рез}}$ - мощность, затрачиваемая на резание, кВт;

T_0 - основное время, мин (примем для расчета 60 мин.).

Мощность резания, в нашем случае, можно определить через тангенциальную составляющую P_z силы резания, которая с учетом затупления резца $P_{z_{\text{max}}} = K_{\text{и}} \cdot P_{z_{\text{max}}} = 3772 \cdot 1,5 = 5658 \text{ Н}$.

$$N_{\text{рез}} = P_z V / 60 \cdot 1020 = 5658 \cdot 99 / (1020 \cdot 60) = 9,1 \text{ кВт} \quad (2.2)$$

Тогда

$$Q = 0,24 \cdot 9,1 \cdot 60 \cdot 60 = 7862, \text{ ккал.}$$

Основная часть тепла, определенная по формуле (2.1), аккумулируется в стружке: до 50...85 при токарной обработке. До 10...40% (2358 ккал) переходит в резец и в заготовку - 3...9% (758 ккал). Остальное тепло переходит в окружающую среду [23]. Нагрев резца, следовательно, и его удлинение растут с увеличением подачи, глубины резания и скорости резания, предела прочности материала заготовки.

$$\Delta_{\text{ти}} = C(1_p/f)\sigma_B(t \cdot S)^{0.75} V^{0.5}, \text{ мкм} \quad (2.3)$$

где C - постоянная резания ($C=0,45$);

1_p - вылет резца, мм;

F - площадь поперечного сечения резца, мм²;

σ_B - предел прочности материала заготовки, МПа.

$$\Delta_{\text{ти}} = 0,45(45/1024)1420(2,5 \cdot 0,4)^{0.75} 99^{0.5} = 171, \text{ мкм}$$

Температурные деформации заготовки определяются на основании средней температуры ее нагрева $t^\circ\text{C}$.

$$t^\circ = Q/cpV, \quad (2.4)$$

где c - удельная теплоемкость материала заготовки, ккал/кг^{°C} (для стали $c=0,11$ ккал/кг^{°C});

ρ - плотность материала заготовки, кг/м³ (7700кг/м³ стали);

V - объем заготовки, м³.

$$t^\circ = 758/(0,11 \cdot 7700 \cdot 0,03) = 28^\circ\text{C}.$$

Тепловое расширение заготовки в направлении линейного размера L равно

$$\Delta_{\text{ТЗ}} = bLt, \text{ мм} \quad (2.5)$$

где b - температурный коэффициент линейного расширения материала заготовки $b=10 \cdot 10^{-6}$.

$$\Delta_{\text{ТЗ}} = 10 \cdot 10^{-6} \cdot 18 \cdot 28 = 0,005 \text{ мм.}$$

Получим зависимость ε_t для исследуемой стали

$$\varepsilon_t = \left(\frac{t^2}{600} + 16,4 \cdot t \right) \cdot 10^{-6}. \quad (2.6)$$

Заметим, что значение $\frac{t^2}{600}$ значительно меньше второго слагаемого $16,4t$, по этому зависимость фактически является линейной. Максимальное удлинение вала при нагревании на 28°C составляет $\varepsilon=0,00046\%$. Для длины $L=552$ мм это составит $0,26$ мм.

При жесткости системы установки заготовки [10] в осевом направлении $2,8 \cdot 10^6$ Н/м, усилие, которое будет возникать равно

$$F = k \cdot \Delta L, \quad (2.7)$$

где k - коэффициент жесткости, Н\м;

ΔL - удлинение вала. Тогда усилие равно

$$F = 2,8 \cdot 10^6 \cdot 0,00026 = 728 \text{ Н.}$$

Данного усилия может хватить, чтобы привести к неустойчивости вала и появлению поперечного изгиба. К тому же в осевом направлении добавляется

осевая составляющая силы резания, а также действует поперечная сила резания. С учетом сопротивления суммарной осевой составляющей силы резания с коэффициентом запаса $K=2,5$

$$P = 2,5 \cdot (690 + 728) = 3545 \text{ Н.}$$

2.2 Разработка приспособления для управления осью заготовки

Схема управления описана в разделе 1.1.

Для детали, зажатой в патроне и заднем центре, при отсутствии ее прогиба в сечении с координатой x (это место положения режущего инструмента) с учетом статической неопределимости системы закон управления опорным моментом принимает вид

$$M(x) = \frac{2 \cdot Pr \cdot x(l-a)[2l(L+a) - x^2]}{l^2(2l+x)}; \quad (2.8)$$

где $M(x)$ - опорный момент; Pr - радиальная составляющая силы резания; l - длина обрабатываемой детали; x - координата приложения силы резания.

Из формулы (2.8) следует, что при

$$x=0; M(0)=0;$$

$$x=l; M(l)=0;$$

$$x=l/2; M(l/2)=11/20 \cdot Pr \cdot l.$$

Параметры виброгасителя (соотношение между массой и жесткостью) определяется из условия гашения изгибных колебаний детали по формуле

$$\frac{C_2}{m_2} = \frac{\pi EJ}{ml^4} \cdot \left(1 - \frac{Nl^2}{\pi EJ}\right); \quad (2.9)$$

где m_2 - масса виброгасителя; m — распределенная масса детали; EJ - изгибная жесткость детали; N - продольное усилие, возникающее за счет давления ролика; l – длина детали.

При данной постановке виброгасителя уменьшаются колебания детали и исключается возможность параметрического резонанса.

В случаях управления опорным моментом в зависимости от конструктивных решений возникает необходимость введения ограничений по прочности, жесткости и устойчивости. Одна из возможных схем управления деформациями детали с помощью правого опорного момента дана на рис. 1.2 (п.1.1). Основной исполнительный орган - динамический виброгаситель 5 соединен с кулачком 6, выполняющим роль программносителя при реализации способа обработки нежестких деталей. Параметры исполнительных органов определяются из условия обеспечения запаса устойчивости детали при продольно-поперечном изгибе. Виброгаситель осуществляет управление опорным моментом через диск 4, контактирующий непосредственно с деталью 1.

Предлагаемый способ в отличие от известных обеспечивает условия достижения высокой точности обработки за счет компенсации упругих деформаций в зоне резания.

Ниже представлено описание задней бабки, обеспечивающей измерение осевой силы поджима заготовки в процессе резания и регулирование положения осевой линии за счет встроенной системы воздействия на торец заготовки.

Задняя динамометрическая бабка состоит из плиты 35 на которой установлен корпус бабки 2. В отверстии корпуса 2 по ходовой посадке установлена пиноль 3. В пиноли 3 проходит выталкиватель 4. В корпусе 2 установлен эксцентриковый вал 5 с рукояткой 6. Опора 7 поддерживает башмак 8, который через сферический палец 24 опирается на нее. Корпус гидроцилиндра 13 при помощи винтов 30 крепится к корпусу 2. Шток 10

поджимается к выталкивателю 4. Пиноль 3 через коническое кольцо 9 упирается в упругую втулку 11 с датчиком деформации. Упругая втулка 11 опирается на фланец шток-поршня 17 с поршнем 29. В пиноли 3 устанавливается направляющая втулка 18, а сама пиноль направляется шпонкой 34. Опора 7 удерживается винтами 20,21, которые стопорятся гайками 22. В полости корпуса 2 находится палец 19, в который вкручиваются регулировочные винты 32. На корпус 2 сбоку винтами 33 и 40 крепится шаговый двигатель 1. Его ротор в виде винта соединяется с толкателем 39, который проходит через направляющую 38. В пазу толкателя 39 на оси 42 установлен ролик 41. Ось 42 застопорена шайбами 43.

Задняя бабка работает следующим образом. При выверке задней бабки в горизонтальном направлении при раскреплённой рукоятке 6 регулировочными винтами 32 производится смещение корпуса 2 относительно плиты 35 по ее собственной направляющей 44. После выверки и перемещения в заданное положение корпус фиксируется рукояткой 6 путем поворота эксцентрикового вала 5, который шейкой со смещенной осью поворота поднимает тягу 26, за счет чего опора 7 поджимает башмак 8 к станине станка.

При обработке пиноль с установленным центром (вращающимся или жестким) поджимается при зажиме к заготовке гидроцилиндром. При подаче давления через штуцер в правую полость цилиндра 13, поршень 29 толкает шток-поршень 17, который через упругую втулку 11 и коническое кольцо 9 толкает пиноль 3 с центром. Если установленная при определенном давлении рабочей среды сила поджима при обработке изменяется из-за нагрева это регистрируется по тензо-датчикам наклеенным на упругую часть втулки 11, на которую давит коническое кольцо 9, упирающееся в пиноль 3. Давление среды будет изменяться в соответствии с величиной деформации, зафиксированной датчиками.

Для создания периодического изгибающего момента на вал шаговый двигатель перемещает толкатель 39 который роликом 41 упирается в опорную поверхность шайбы, закрепленной на торце заготовки (показана на наладке). В

соответствии с алгоритмом работы величина нажима ролика меняется при прохождении резца или шлифовального круга вдоль оси заготовки, создавая условия обработки недеформированной заготовки.

Исходя из критической силы поджима (при которой не произойдет искривление оси вала) рассчитаем привод зажима. Тогда диаметр гидравлического привода поджима будет равен

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{P}{p}}, \quad (2.10)$$

где p - давление в системе, $p=1,5$ МПа.

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{5925}{1,5}} = 71, \text{ мм.}$$

Округляем до стандартного диаметра 80 мм.

Для выбивания центра из пиноли используется пуансон малого диаметра, который создает усилие

$$P = \frac{D^2 1,13^2}{p} = \frac{16^2 \cdot 1,5}{1,13^2} = 301 \text{ Н.}$$

На листе приведен чертеж модернизированной динамометрической бабки. Время обработки за счет использования системы управления уменьшается.

3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ РАБОТЫ

3.1 Классификация поверхностей детали

В табл. 3.1 представлена классификация поверхностей вала. Номера поверхностей указаны на эскизе детали (рис. 3.1).

Таблица 3.1 - Классификация поверхностей детали

Назначение поверхности	№ поверхности
ИП	25, 24,23
ОКБ	11,19,3
ВКБ	2,13,25,22,26,4,5,17,24,6,15, 21,23
Свободные	1,6,7,8,9,10,12,14,16,18,20

В табл. 3.2 систематизированы технические требования к поверхностям детали

Таблица 3.2 - Технические требования к поверхностям детали

№	вид поверхности	Габариты, мм	IT	ТТ	Твердость, HRC
1	2	3	4	5	6
1	П	552	12	—	40-45
2	П	3/190	12	// 0,010 ⊥ 0,012	
3	П	3/257	12	⊥ 0,012	
4	П	257	12	—	
5	П	280	12	—	
6	П	225	12	⊥ 0,012	

Продолжение табл.3.2

1	2	3	4	5	6
7	П	33	12	—	
8	П	552	12	—	
9	Ц _н	28	12	—	
10	Ц _н	24	12	—	
11	Ц _н	28	6	○ 0,06	
12	Ц _н	24	12	—	
13	Ц _н	30	7	⊙ 0,012	
14	Ц _н	29	6	—	
15	Р	33	12	—	
16	Ф	28	9	—	
17	Ф	23	12	—	
18	Ц _н	29	12	—	
19	Ц _н	22	12	⊙ 0,012	
20	Ц _н	11	12	—	
21	Ф	14	7		
22	Ф	11	12		
23	Ф	3	7		
24	Ф	6	7		
25	Ф	8	9	0,025	
26	П	26	10		
27	Ф	2	12		

Примечание: в табл. 3.1 приняты следующие обозначения:

виды поверхностей: П – плоская, Ц_н – цилиндрическая наружная, Ц_в – цилиндрическая внутренняя, Р – резьбовая, Ф – фасонная.

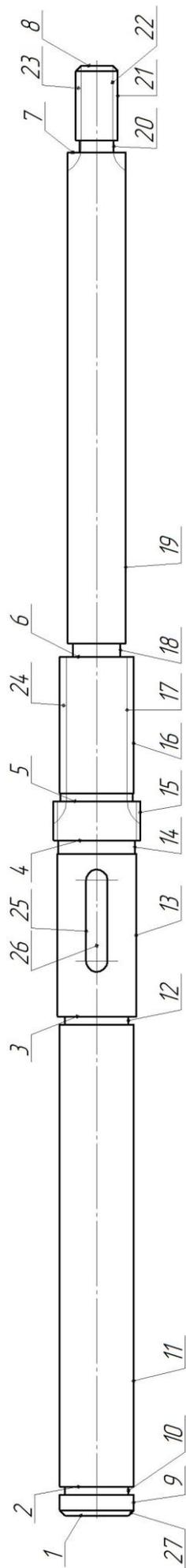


Рис. 3.1 Эскиз вала

При обработке вала с отношением длины к диаметру около 20 основной технологической трудностью является обеспечение его жесткости. При действии сил резания вал будет прогибаться, могут возникать колебания. Поэтому конструктивно вал можно считать не технологичным.

При массе детали $G = 2,5$ кг и годовом объеме выпуска $N = 500$ деталей в год – выбираем среднесерийный тип производства с переменнo-поточной формой организации техпроцесса.

3.2. Выбор метода получения и проектирование заготовки

Заготовку вала можно получить или штамповкой или отрезкой из сортового проката - прутка.

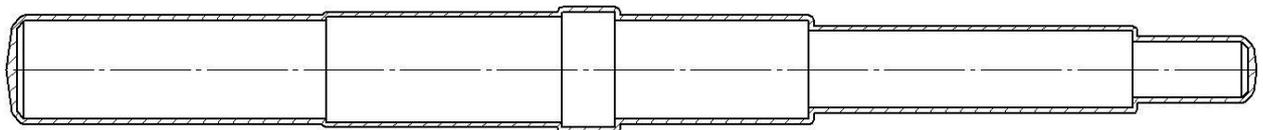


Рис. 3.2 Эскиз штамповки.

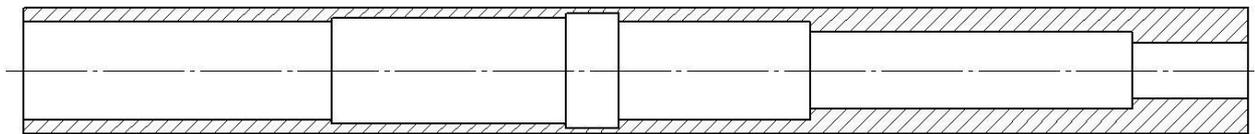


Рис. 3.3 Эскиз проката.

Стоимость заготовки, получаемой штамповкой на ГКМ, определяется по формуле [14, 20]:

$$S_{ЗАГ}^{ШП} = \frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot K_T \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_M \cdot K_{II}, \quad (3.1)$$

Где C_i - базовая стоимость 1 т. заготовок при штамповке на ГКШП, руб.;

Q – масса штамповки, кг;

q – масса вала, кг;

K_T – коэффициент по классу точности заготовки;

K_C – коэффициент группы сложности штамповки;

K_B – коэффициент массы штамповки;

K_M – коэффициент марки материала штамповки;

K_{II} – коэффициент объема производства штамповок;

$C_{отх}$ – стоимость 1 т. отходов, руб.

Масса вала для штамповки находится по формуле:

$$Q = q \cdot k,$$

где k – ориентировочный коэффициент по приложению ГОСТ 7505-89. Для валов с прямой осью и небольшим перепадом диаметров принимаем $k = 1,3$;

$$Q = 2,5 \cdot 1,5 = 3,8 \text{ кг}.$$

Базовая стоимость 1 т. штамповок равна 373 руб;

$K_T = 0,9$ – для штамповок нормальной точности;

$K_C = 0,75$ – для группы сложности С2;

$K_B = 1,1$ – для $Q = 3,8$ кг и группы легированных сталей;

$K_M = 1$ – для группы легированных сталей;

$K_{II} = 0,8$ – для объема производства штамповок равного 500 дет/год.

Получаем:

$$S_{шт}^{шт} = \left(\frac{373}{1000} \cdot 3,8 \cdot 0,9 \cdot 0,75 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 0,8 \right) = 9,3 \text{ руб/шт}.$$

Стоимость заготовки штамповки и отрезкой из проката определяется с учетом снятия припусков и напусков:

$$C_T = \frac{q}{k_{им}} \cdot C_{заг} + C_{мех} - C_{отх} \cdot k_{им} \quad (3.2)$$

где q – масса детали, кг.;

$C_{заг}$ – стоимость заготовки, руб.;

$K_{им}$ – коэффициент использования материала;

$C_{мех}$ – стоимость удаления 1 кг. срезанной стружки;

$C_{отх}$ – цена 1 кг отходов, $C_{отх} = 26$ руб/т.

При обосновании выбора метода получения заготовки путем отрезки из проката необходимо учитывать, наряду со стоимостью получения механической обработки для снятия напусков.

Определим затраты на механическую обработку:

$$C_{мех} = C_c + E_n \cdot C_k = 0,356 + 0,15 \cdot 1,035 = 0,5 \text{ руб/кг}, \quad (3.3)$$

где $C_c = 0,356$ руб / кг – текущие затраты на удаление 1 кг стружки;

$C_k = 1$ руб / кг – капитальные затраты на удаление 1 кг стружки;

$E_n = 0,15$ – нормативный коэффициент отдачи капитальных вложений.

Коэффициент использования металла будет равен:

$$K = \frac{q}{Q} = \frac{2,5}{3,8} = 0,75, \quad (3.4)$$

т.е. 25% металла будет переводиться в стружку, в то время как при использовании проката отходы будут составлять

$$K = \frac{q}{Q} = \frac{2,5}{4,4} = 0,56.$$

Т.е. для проката более 40% уйдет в стружку.

Общая стоимость заготовки из штамповки и проката с учетом дополнительной обработки будет составлять

$$C_T = \frac{q}{k_{ум}} [C_{заг} + C_{мех} - C_{отх}] - k_{ум} \underline{\underline{=}}$$

$$= \frac{2,5}{0,75} [1,3 + 0,5 - 0,026] - 0,75 \underline{\underline{=}} 7,3 \text{ руб.}$$

$$C_T = \frac{q}{k_{ум}} [C_{заг} + C_{мех} - C_{отх}] - k_{ум} \underline{\underline{=}}$$

$$= \frac{2,5}{0,56} [1,4 + 0,5 - 0,026] - 0,56 \underline{\underline{=}} 7,5 \text{ руб.}$$

Очевидно, что заготовку вала целесообразно делать штамповкой.

3.3 Выбор методов обработки отдельных поверхностей

Последовательность технологических операций при обработке отдельных поверхностей детали зависит от заданной точности (кавалитета) и шероховатости обрабатываемой поверхности, от материала детали и наличия термообработки. Выбор осуществим при помощи таблиц по базе данных переходов [19-21].

Результаты выбора последовательности технологических операций занесены в табл. 3.3.

Таблица 3.3 - Карта маршрутов обработки поверхностей

№	вид поверхности	Габариты, мм	IT	ТТ	Переходы
1	2	3	4	5	6
1	П	552	12	—	Ф _{черн} (12, Ra 12,5)
2	П	3/190	12	// 0,010 ⊥ 0,012	Т _{чист} (9, Ra 3,2) ТО
3	П	3/257	12	⊥ 0,012	Т _{черн} (12, Ra 12,5) Т _{чист} (9, Ra 3,2) ТО Ш _{черн} (7, Ra 2,5)

Продолжение табл.3.3

1	2	3	4	5	6
4	П	257	12	—	T _{черн} (12, Ra 12,5) T _{чист} (9, Ra 3,2) ТО Ш _{черн} (7, Ra 2,5)
5	П	280	12	—	T _{черн} (12, Ra 12,5) T _{чист} (9, Ra 3,2) ТО Ш _{черн} (7, Ra 2,5)
6	П	225	12	⊥ 0,012	T _{черн} (12, Ra 12,5) T _{чист} (9, Ra 3,2) ТО Ш _{черн} (7, Ra 2,5)
7	П	33	12	—	T _{черн} (12, Ra 12,5) T _{чист} (9, Ra 3,2) ТО
8	П	552	12	—	Φ _{черн} (12, Ra 12,5)
9	Ц _H	28	12	—	T _{черн} (12, Ra 12,5) T _{чист} (9, Ra 3,2) ТО
10	Ц _H	24	12	—	
11	Ц _H	28	6	○ 0,006	T _{черн} (12, Ra 12,5) T _{чист} (9, Ra 3,2) ТО Ш _{черн} (7, Ra 2,5) Ш _{чист} (6, Ra 1,25)
12	Ц _H	24	12	—	T _{чист} (9, Ra 3,2) ТО

Продолжение табл.3.3

1	2	3	4	5	6
13	Ц _H	30	7	⊙ 0,012	Т _{черн} (12, Ra 12,5) Т _{чист} (9, Ra 3,2) ТО Ш _{черн} (7, Ra 2,5) Ш _{чист} (6, Ra 1,25)
14	Ц _H	29	6	—	Т _{чист} (9, Ra 3,2) ТО
15	P	33	12	—	Т _{чист} (9, Ra 3,2) P(8, Ra 2,5)
16	Φ	28	9	—	Т _{черн} (12, Ra 12,5) Т _{чист} (9, Ra 3,2) ТО Ш _{черн} (7, Ra 1,25)
17	Φ	23	12	—	3Φ (11, Ra 3,2)
18	Ц _H	29	12	—	Т _{чист} (9, Ra 3,2) ТО
19	Ц _H	22	12	⊙ 0,012	Т _{черн} (12, Ra 12,5) Т _{чист} (9, Ra 3,2) ТО Ш _{черн} (7, Ra 2,5) Ш _{чист} (6, Ra 1,25)
20	Ц _H	11	12	—	Т _{чист} (9, Ra 3,2) ТО
21	Φ	14	7		Т _{черн} (12, Ra 12,5) Т _{чист} (9, Ra 3,2) ТО Ш _{черн} (7, Ra 1,25)

1	2	3	4	5	6
22	Ф	11	12		ЗФ (11, Ra 3,2)
23	Ф	3	7		ЗФ (11, Ra 3,2)
24	Ф	6	7		ЗФ (11, Ra 3,2) Зш(7, Ra 3,2)
25	Ф	8	9	0,025	ФШ (9, Ra 3,2)
26	П	26	10		ФШ (10, Ra 3,2)
27	Ф	2	12		Т _{чист} (9, Ra 3,2) ТО

Примечание: в табл. 3.4 приняты следующие обозначения:

для поверхностей по форме (см. табл.3.1).

для наименования переходов: Т_{черн} – точение черновое, Т_{чист} – точение чистовое, Ф_{черн} – фрезерование черновое, Ф_{чист} – фрезерование чистовое, Ш_{чист} – шлифование чистовое, Шн – шлиценарезание, Шнч – шлиценарезание чистовое.

3.4 Расчет припуска на наиболее точную поверхность

Рассчитаем припуск на обработку и операционные размеры на поверхность 11 – $\varnothing 28g6 \left(\begin{smallmatrix} 0.007 \\ 0.020 \end{smallmatrix} \right) [14,20]$.

Технологические переходы по обработке поверхности 11 состоят из точения черного, чистового и двух шлифований.

В данном процессе все токарные и шлифовальные переходы выполняются с установкой управления осью вала. В результате точность обработки возрастает, что позволяет исключить один переход.

Технологические переходы вписываются в табл. 3.4. В таблицу вносятся по заготовке и каждому технологическому переходу параметры элементов

припуска. Обработка ведется в центрах. Поэтому погрешность установки в радиальном направлении принимается равной нулю.

Суммарное отклонение рассчитываем по формуле:

$$\rho_3 = \sqrt{\rho_{CM}^2 + \rho_{КОР}^2 + \rho_{Ц}^2}, \quad (3.5)$$

где ρ_{CM} – отклонение по базовым шейкам. Т.к. штамповка базируется на центровке по ней $\rho_{CM} = 0$.

$\rho_{КОР}$ – коробление заготовки, которое в свою очередь определяется по формуле:

$$\rho_{КОР} = \Delta_K \cdot l, \quad (3.6)$$

где Δ_K – удельная кривизна, соответствующая правке проката после термообработки, мкм/мм;

l – расстояние до середины вала.

Для выбора удельной кривизны необходимо рассчитать средний диаметр вала:

$$d_{CP} = \frac{\sum_{i=1}^5 d_i \cdot l_i}{l} = \frac{28 \cdot 190 + 30 \cdot 67 + 33 \cdot 25 + 28 \cdot 35 + 22 \cdot 220}{552} = 25.3 \text{ мм.}$$

для штампованной заготовки, имеющей $d_{CP} = 25.3 \text{ мм}$, принимаем $\Delta_K = 1.5 \frac{\text{мкм}}{\text{мм}}$.

li – расстояние до края обрабатываемой шейки.

Вычисляем коробление заготовки:

$$\rho_{КОР} = 1.5 \cdot 275 = 412 \text{ мкм.}$$

где $\rho_{ц}$ – погрешность зацентровки, для штамповки класса точности Т4
 $\rho_{ц} = 200$ мкм.

В итоге имеем, что

$$\rho_3 = \sqrt{0^2 + 412^2 + 200^2} = 458 \text{ мкм.}$$

Рассчитываем остаточные пространственные отклонения:

$$\rho_i = \rho_3 \cdot k_y,$$

где k_y – коэффициент уточнения формы. Он зависит от характера обработки. Для чернового точения $k_y = 0.06$, чистового $k_y = 0.04$.

$$\rho_2 = 458 \cdot 0.06 = 25 \text{ мкм;}$$

$$\rho_3 = 458 \cdot 0.04 = 16 \text{ мкм;}$$

$$\rho_4 = 458 \cdot 0.02 = 8 \text{ мкм.}$$

Расчет минимальных значений припусков проводим, пользуясь основной формулой:

$$2z_{\min i} = 2(z_{i-1} + T_{i-1} + \rho_{i-1}) \quad (3.7)$$

Минимальный припуск:

$$\text{под черновое точение } 2z_{\min 2} = 2(50 + 200 + 412) = 1524 \text{ мкм;}$$

$$\text{под чистовое точение } 2z_{\min 3} = 2(60 + 50 + 25) = 249 \text{ мкм;}$$

$$\text{под шлифование } 2z_{\min 4} = 2(60 + 30 + 16) = 153 \text{ мкм;}$$

Расчет значений наименьших предельных размеров проводим, пользуясь формулой:

$$d_{\min i} = d_{\min i+1} + 2z_{\min i+1}. \quad (3.8)$$

Наименьшие предельные размеры:

$$d_{\min 3} = 27.98 + 0.153 = 28.133 \text{ мкм};$$

$$d_{\min 2} = 28.133 + 0.249 = 28.286 \text{ мкм};$$

$$d_{\min 1} = 28.286 + 1.524 = 29.81 \text{ мкм};$$

Расчет значений максимальных предельных размеров проводим, пользуясь формулой:

$$d_{\max i} = d_{\min i} + Td_i. \quad (3.9)$$

$$d_{\max 3} = 28.133 + 0.033 = 28.166 \text{ мкм};$$

$$d_{\max 2} = 28.286 + 0.210 = 28.496 \text{ мкм};$$

$$d_{\max 1} = 29.81 + 1.524 = 31.31 \text{ мкм};$$

Предельные значения припусков $2z_{\max}^{np}$ определяем как разность наибольших предельных размеров предшествующего и выполняемого переходов:

$$2z_{\max 4}^{np} = 28.166 - 27.993 = 0.173 \text{ мм};$$

$$2z_{\max 3}^{np} = 28.496 - 28.166 = 0.330 \text{ мм};$$

$$2z_{\max 2}^{np} = 31.31 - 28.496 = 2.991 \text{ мм};$$

Общие припуски рассчитываем, суммируя промежуточные припуски.

Номинальный припуск в данном случае определяется с учетом несимметричного расположения поля допуска заготовки:

$$2z_{0НОМ} = 2z_{0min} + H_3 - H_д = 1926 + 500 + 20 = 2446 \text{ мкм} .$$

Номинальный диаметр заготовки:

$$d_{3НОМ} = d_{min4} + 2z_{0НОМ} = 27.98 + 2.446 = 30.366 \approx 30.4 \text{ мм} .$$

Все полученные данные сводим в табл. 3.4.

Таблица 3.4 - Расчет припусков и предельных размеров по технологическим переходам на обработку поверхности 9

№	Переход	Элементы припуска, мкм			Расчетный припуск $2z_{min}$, мкм	Допуск Td , мкм	Предельный размер, мм		Предельный припуск, мкм	
		Rz	T	ρ			d_{min}	d_{max}	$2z_{min}^{np}$	$2z_{max}^{np}$
1	Заготовит. (штамповка)	150	200	412	—	1500	29,81	31,31	—	—
2	Токарная черновая	50	50	25	1442	210	28,286	28,496	1524	2991
3	Токарная чистовая	30	30	7	244	33	28,133	28,166	249	330
4	Шлифование чистовое	5	15	—	150	13	27,98	27,993	153	173
Всего									1926	3994

3.5 Проектирование заготовки

Припуски и допуски на поверхности заготовки сводим в табл. 3.5

Таблица 3.5 - Припуски и допуски на обрабатываемые поверхности вала, мм.

Поверхность	Размер	Припуск		Допуск
		табличный	расчетный	
1	2	3	4	5
1,8	550	2,4	—	+3.0 -1.5
1,3	190	2,7	—	+2.7 -1.3
1,4	257	2,7	—	+2.7 -1.3
8,5	280	2,7	—	+2.7 -1.3
8,6	225	2,7	—	+2.7 -1.3
8,7	33	2,4	—	+1.6 -0.9
11	∅28	2×1,5	—	+1.6 -0.9
9	∅28g6 $\left(\begin{matrix} 0.002 \\ 0.020 \end{matrix} \right)$	—	2×1,2	+1.6 -0.9
10	∅28h8 $\left(\begin{matrix} 0.033 \\ \end{matrix} \right)$	2×2,2	—	+1.6 -0.9
11	∅30h7 $\left(\begin{matrix} 0.021 \\ \end{matrix} \right)$	2×2,2	—	+1.6 -0.9
12	∅33	2×2,2	—	+1.6 -0.9
13	∅28f7 $\left(\begin{matrix} 0.020 \\ 0.041 \end{matrix} \right)$	2×2,2	—	+1.6 -0.9
14	∅22s6 $\left(\begin{matrix} 0.048 \\ 0.035 \end{matrix} \right)$	2×2,2	—	+1.6 -0.9
15	∅16	2×2,0	—	+1.0 -0.5

3.6 Разработка технологического маршрута

В табл. 3.6 приведен маршрут обработки вала [19, 21 26].

Таблица 3.6 - Технологический маршрут обработки

№	Наименование	Технологическое оборудование	Технологические переходы	IT	Ra, мкм
1	2	3	4	5	6
000	Заготовительная (штамповка)	ГКШП	Штамповка	14	3,2
005	Фрезерно-центровальная	Фрезерно-центровальный п/автомат MP72M	Поз. I Фрезерование поверхностей 1, 8	12	12,5
			Поз. II Сверление центровых отверстий 30	9	1,25
010	Токарная	Токарно-фрезерный центр PL25L	Установ А Точение поверхностей 2,3,4,8,9,10,11,12,15 Установ Б Точение поверхностей 4,5,6,7,13,14,15,16,19,25 Установ В Переход 1 Точение поверхностей 9,11,13 Переход 2 Точение канавок 2,10,3,12,14	12	12,5
010	Токарная	Токарно-фрезерный центр PL25L	Установ Г Переход 1 Нарезание резьбы 15	8	3,2
			Переход 2 Точение поверхностей 6,7,5,15,16, 21	8	3,2

Продолжение табл. 3.6

1	2	3	4	5	6
			Переход 3 Точение канавок 14,18,20 Переход 4 Фрезерование поверхностей 25,26	9 9	3,2 3,2
015	Зубофрезерная	Зубофрезерный полуавтомат NLZ- 4000А	Фрезерование поверхностей 17,24/22,23	9	3,2
020	Термообработка				
025	Центрошлифовальная	TOYODA GC 12-130 центрошлифовальный станок	Шлифование центровых отверстий 30	6	0,63
030	Круглошлифовальная	Круглошлифовальный станок MA1420F-750	Установ А Шлифование поверхностей 11, 13	8	1,6
			Установ Б Шлифование поверхности 19	6	0,63
035	Шлицешлифовальная	Шлицешлифовальный станок ВЗ-729Ф4	Шлифование поверхности 23,24	7	0,63
040	Моечная	Моечная машина	—	—	—
045	Контрольная	—	—	—	—

3.7 Выбор средств технологического оснащения

В данном разделе проведем описание всех средств технологического оснащения, используемых в процессе производства крышки [11, 15, 16, 18,22, 23].

Краткие технические характеристики.

1) токарно-фрезерный центр PL25L

- наибольший диаметр обрабатываемой детали над станиной: 380 мм/ длина 1030 мм;
- пределы частот вращения шпинделя: 12,5...3500 об/мин;
- число скоростей шпинделя: б/с;
- диапазон скоростей подачи: продольных и поперечных – 1...6000 мм/мин;
- скорость быстрых ходов: продольных – 24000 мм/мин, поперечных – 18000 мм/мин;
- система ЧПУ: Fanuc Oi-Td;
- мощность электродвигателя привода главного движения: 18,5 кВт.

2) круглошлифовальный станок MA1420A-750

- наибольший диаметр устанавливаемой заготовки: 100 мм;
- наибольшая длина устанавливаемой заготовки: 360 мм;
- диаметр шлифуемых поверхностей: 10...45 мм;
- наибольший диаметр и высота шлифовального круга: 400×40 мм;
- частота вращения шпинделя: шлифовального – 2350, 1670 об/мин, заготовки – 100...1000 об/мин;
- мощность электродвигателя привода шлифовального круга: 4 кВт.

3) шлицешлифовальный станок ВЗ-729 Ф4

- наибольший диаметр устанавливаемого изделия: 320 мм;

- наибольшая длина устанавливаемого изделия: 700 мм;
- диаметр обрабатываемых шлицевых валов: 25...125 мм;
- диаметр шлифовального круга: 90...200 мм;
- частота вращения шлифовального круга: 2880, 4550, 6300 об/мин;
- мощность электродвигателя: 4 кВт.

4) Зубофрезерный NLZ-4000A

Таблица 3.7 - Характеристики станка NLZ-4000A

Параметр	Значение параметра
Максимальная длина обработки	4000 мм.
Расстояние между центрами	4200 мм
Максимальный диаметр обработки	Ø130 мм
Максимальный диаметр фрезы	Ø110 мм
Частота вращения фрезы	85-230 об/мин, б/с
Скорость шпинделя	0,135-2,6 об/мин, б/с
Мощность привода фрезы	2,25 кВт 4 пол.
Габариты	5200x1200x1800 мм

5) Центрошлифовальный станок Technica ZSM 810.

Характеристики: диаметр заготовок – 4-140 мм; длина заготовок – 50-1100 мм; диаметр центровых отверстий – 3-60 мм; угол отверстия - 60 град.

Выбор станочных приспособлений

- 1) патрон трех кулачковый токарный поводковый ПЗК П-315Ф8.95;
- 2) центр станочный вращающийся (конус Морзе №5) ХМИЗ7032-4005;
- 3) тиски станочные винтовые самоцентрирующие с призматическими губками для круглых профилей 7200-0251 ГОСТ 21168–75;
- 4) патрон поводковый 7108-0021 ГОСТ 2571-71;
- 5) хомут поводковый 7107-0066ГОСТ16488-70;
- 6) центр упорный ГОСТ8742-75.

Выбор режущего инструмента

- 1) резец сборный SDJCR2525M11 для контурного точения, $\varphi=93^\circ$, с механическим креплением параллелограмных твердосплавных

пластин, правая DCGW11T3, В×Н = 25×25, режущие пластины по ГОСТ 19079–80, материалы пластин Т5К10 и Т15К6 для чернового и получистового точения; резец сборный канавочный DGHR2525 для контурного точения, $\varphi=93^\circ$, с механическим креплением параллелограмных твердосплавных пластин, правая С3307R, В×Н = 25×25, режущие пластины по ГОСТ 19079–80, материалы пластин Т5К10 и Т15К6 для чернового и получистового точения

- 2) сверло центровочное комбинированное 1241 ГОСТ 14952–75 $d = 4$ мм;
- 3) фреза торцовая насадная DGHR2525 $d= 50$ мм Т15К6;
- 4) фреза концевая VC2MSD0800 с цилиндрическим хвостовиком $d= 8$ мм Р6М5К5;
- 5) фреза 2520-0701 ГОСТ8027-86 червячная для шлицевых валов из быстрорежущей стали Р6М5К5/ фреза 2520-0732 ГОСТ8027-86 червячная для шлицевых валов из быстрорежущей стали Р6М5К5;
- 6) круг шлифовальный типа 3 250×32×25 25AF40K6VA2 ГОСТ 2424–2008;
- 7) круг шлифовальный типа 1 250×32×25 25AF80M7VA2 ГОСТ 2424–2008.

Выбор контрольно-измерительных средств

- 1) Штангенциркуль ШЦ I ГОСТ 166–80;
- 2) Штангенциркуль ШЦ II ГОСТ 166–80;
- 3) Скоба рычажная СР ГОСТ 11098–75;
- 4) Микрометр рычажный МР25-50 ГОСТ 4381–80;
- 5) Прибор активного контроля БВ-4100.

3.8 Разработка технологических операций

Установка спроектирована для токарных и шлифовальных операций. Так как на шлифовании окончательно обеспечивается точность, выполним проектирование шлифовальной операции подробно [9, 11].

Назначим режимы резания на установ А на шлифовальной 030 операции.
 Глубина резания при шлифовании принимается по расчету равной 0,16 мм.
 Частота вращения заготовки – 200 мин/об.
 Частота вращения шлифовального круга – 1670 мин/об.
 Скорость резания при данных оборотах – 22 м/с.
 Продольная подача – 7,5 м/мин.
 Определим эффективную мощность шлифования по формуле:

$$N = C_N \cdot V_3^r \cdot t^x \cdot S^y, \quad (3.10)$$

где C_N – коэффициент, учитывающий способ шлифования (продольно круглое), материал шлифовального круга и материал обрабатываемой заготовки;

x, y, r – показатели степеней, учитывающие способ шлифования, материал шлифовального круга и материал обрабатываемой заготовки;

V_3 – скорость вращения заготовки, которая определяется по формуле:

$$V_3 = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000},$$

где D – диаметр заготовки, мм;

n – частота вращения шпинделя с заготовкой, об/мин.

$$V_3 = \frac{3.14 \cdot 29 \cdot 200}{1000} = 18,2 \text{ м/мин};$$

t – глубина шлифования;

S_o – продольная подача инструмента, мм/об:

$$S_o = \frac{S \cdot \pi \cdot D}{1000 \cdot V_3} = \frac{7.5 \cdot 3.14 \cdot 29}{1000 \cdot 18,2} = 0.038,$$

Принимаем $S_o = 0.04$ мм/об.

Тогда эффективная мощность

$$N = 2.65 \cdot 18,2^{0.5} \cdot 0.16^{0.5} \cdot 0.04^{0.55} = 0.77 \text{ кВт} \ll 4 \text{ кВт},$$

что гораздо меньше, чем мощность главного привода станка (4 кВт).

Назначаем режимы резания на установ Б аналогичные установу А.

На токарной операции 015 режимы резания табличные на установы А и Б (черновые):

Глубина резания 0,6 мм.;

Подача 0,4 мм/об.;

Скорость резания 98 м/мин.;

Обороты шпинделя 890 об/мин.

Обработка ведется спроектированным резцом с использованием системы стабилизации оси заготовки.

Расчет нормы штучно-калькуляционного времени $T_{ш-к}$ ведется по формуле для среднесерийного производства [7]

$$T_{ш-к} = \frac{T_{n-з}}{n} + T_o + (T_{y.c} + T_{з.о} + T_{yn} + T_{уз})K + T_{об.ом} + T_{Tex} + T_{Ope}, \quad (3.11)$$

где $T_{n-з}$ - подготовительно-заключительное время на подготовку к работе места и уборку после, мин;

n - количество деталей в партии запуска, мин;

T_o - основное время обработки, мин;

$T_{y.c}$ - время на установку и снятие детали, мин;

$T_{з.о}$ - время на закрепление и открепления детали, мин;

T_{yn} - время на приемы управления станком, мин;

$T_{из}$ - время на операционный контроль, мин;

T_{Tex} - время на техническое обслуживание рабочего места, мин;

T_{Org} - время на организационное обслуживание рабочего места, мин;

κ - поправочный коэффициент на вспомогательное время (при среднесерийном производстве $\kappa = 1.85$);

$T_{об.от}$ - время на перерывы и отдых, мин.

Количество деталей в настроечной партии:

$$n = \frac{N \cdot A}{254},$$

где N – объем выпуска деталей в год;

A – периодичность запуска, принимаем $A=6$.

$$n = \frac{500 \cdot 6}{254} = 35 \text{ деталей/день.}$$

Определяем состав подготовительно-заключительного времени: при шлифовании в центрах: $T_{n-3} = 7$ мин

Основное время

$$T_o = \frac{L}{S \cdot n} iK,$$

где L – расчетная длина рабочего хода инструмента с учетом недобега и перебега, мм;

S – подача на оборот шпинделя, мм/об;

n – частота вращения шпинделя, об/мин;

K - коэффициент выхаживания ($K=1,2$);

i – количество проходов.

$$T_{o1} = \frac{(257 + 5) \cdot 3 \cdot 1,2}{7,5 \cdot 200} = 0,63 \text{ мин};$$

$$T_{o2} = \frac{(225 + 5) \cdot 3 \cdot 1,2}{7,5 \cdot 200} = 0,55 \text{ мин};$$

Время на установку и снятие детали, закрепление ее и открепление: 0,09 мин.

Время на приемы управления: включить и выключить станок кнопкой – 0,02 мин, подвести и отвести шлифовальный круг к детали при обработке – 0,015 мин.

Время, затраченное на измерение детали равно 0,6 мин при измерении микрометром трех контролируемых размеров.

Вспомогательное время определяем по формуле:

$$T_e = (T_{y.c} + T_{z.o} + T_{yn} + T_{uz}) \cdot 1,85,$$

$$T_{e1} = (0,09 + 0,02 + 0,015 + 0,6) \cdot 1,85 = 1,34 \text{ мин};$$

$$T_{e2} = (0,09 + 0,02 + 0,015 + 0,6) \cdot 1,85 = 1,34 \text{ мин}.$$

Оперативное время $T_{on} = T_o + T_e$

$$T_{on} = 1,18 + 2,68 = 3,86 \text{ мин}.$$

Время на обслуживание рабочего места и отдых составляет 5% оперативного времени

$$T_{об.ом} = \frac{3,86 \cdot 5}{100} = 0,2 \text{ мин}.$$

Время на техническое обслуживание рабочего места:

$$T_{Tex} = \frac{T_o \cdot t_{II}}{T},$$

где t_{II} – время на правку шлифовального круга, $t_{II} = 0,8$ мин;

T – стойкость инструмента, примем $T = 5$ мин;

$$T_{Tex} = \frac{1,18 \cdot 0,8}{5} = 0,2 \text{ мин.}$$

Время на организационное обслуживание рабочего места составляет 1,7% оперативного времени

$$T_{Ope} = \frac{3,86 \cdot 1,7}{100} = 0,07 \text{ мин.}$$

Штучно-калькуляционное время:

$$T_{ш-к} = \frac{7}{35} + 1,18 + 2,84 + 0,2 + 0,07 = 4,33 \text{ мин.}$$

Штучно-калькуляционное время на установки А и Б токарная операция 015):

$$T_{ш-к} = \frac{15}{35} + 2,3 + 1,8 + 0,4 = 4,9 \text{ мин.}$$

Для всей операции это время корректируется (добавляются переходы чистовые токарные и фрезерование паза). Тогда время равно $T_{ш-к} = 7,7 \text{ мин}$

Таблица 3.7 - Нормы времени

№	Наименование	Технологическое оборудование	То, мин	Тшт-к, мин
1	2	3	4	5
005	Фрезерно-центровальная	Фрезерно-центровальный п/автомат МР72М	0,3 0,1	1,2
010	Токарная	Токарно-фрезерный центр PL25L	5,6	7,7
015	Зубофрезерная	Зубофрезерный полуавтомат NLZ-4000А	2,8	4,1
020	Термообработка			
025	Центрошлифовальная		0,9	2,2
030	Круглошлифовальная	Круглошлифовальный станок МА1420F-750	1.18 (2,1)	4.33 (6,2)
035	Шлицешлифовальная	Шлицешлифовальный станок ВЗ-729Ф4	1,35	4,85
040	Моечная	Моечная машина		
045	Контрольная			

4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

При точении для повышения точности обработки широко применяются разнообразные способы гашения вибраций инструмента.

Для повышения эффективности токарных операций предлагается использовать виброгасящий резец [30].

Резец включает корпус с державкой. В державке закрепляется режущая пластина. Она устанавливается на подложке, зафиксированной винтом. Режущая пластина прижимается прихватом, который в свою очередь зажимается шпилькой. Державка 1 устанавливается на ось. В зазоры между осью и корпусом установлены виброгасящие элементы из упругого материала. Например, из полиуретана. При установке в станок корпус закрепляют в резцедержателе. Под действием сил резания виброгасящие элементы сжимаются. За счет этого происходит рассеяние энергии колебаний. Виброустойчивость при точении таким инструментом повышается до 2 раз. Это обеспечивает на черновых и получистовых переходах повышение подачи с 0,2 до 0,4-0,6 мм/об. При этом сохраняются такие же параметры качества обработанной поверхности за счет гашения вибраций резца.

Геометрические параметры режущей части резца принимаем следующие.

Передний угол - 10° ;

Задний угол - 10° ;

Главный угол в плане $\varphi=93^\circ$;

Вспомогательный угол в плане $\varphi_1=30^\circ$;

Радиус при вершине 0,8 мм;

Чертеж разработанного резца показан на листе.

5. БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

Таблица 5.1 - Технологический паспорт объекта

№ оп	Наименование операции	Вид выполняемых работ	Наименование должности работника	Оборудование	Материалы вещества
000	Заготовительная	Штамповка	Штамповщик	ГКШП	Графитовая смазка
010	Токарная	Правка	Оператор станков с ЧПУ	Токарно-фрезерный центр PL25L	Резцы твердый сплав, СОЖ
015	Зубофрезерная	Фрезерование зубьев шлицев	Зуборезчик	Зубофрезерный полуавтомат NLZ-4000A	Фреза шлицевая
020	Термообработка	Закалка	Термист		
025	Центрошлифовальная	Шлифование	Шлифовщик	TOYODA GC 12-130 центрошлифовальный станок	Абразивный круг; СОЖ
030	Круглошлифовальная	Шлифование черновое	Шлифовщик	Круглошлифовальный станок MA1420F-750	Абразивный круг; СОЖ
035	Шлицешлифовальная	Шлифование чистовое	Шлифовщик	Шлицешлифовальный станок ВЗ-729Ф4	Абразивный круг; СОЖ
040	Моечная	Мойка	Мойщик	Моечная машина	Моющие средства
045	Контрольная	Измерение	Контролер	Контрольный стенд	

Таблица 5.2 - Идентификация профессиональных рисков

№	Наименование операции	Опасный и вредный производственный фактор	Источник опасного и вредного производственного фактора
1	Заготовительная	Высокая температура; движущиеся механизмы; высокий уровень шума и вибраций; запыленность и загазованность воздуха рабочей среды	ГКШП, штамповая оснастка, печь.
2.	Лезвийная обработка: Точение, фрезерование	Высокая температура; движущиеся механизмы; высокий уровень шума и вибраций; запыленность и загазованность воздуха рабочей среды	Станок, зона резания
3	Термическая	Высокая температура; запыленность и загазованность воздуха рабочей среды	Печь, закалочная ванна, заготовка.
4	Абразивная обработка	Высокая температура; движущиеся механизмы; высокий уровень шума и вибраций; запыленность и загазованность воздуха рабочей среды; токсичные испарение (серо- и хлорсодержащие присадки).	Зона шлифования, СОЖ, инструмент.
5	Вспомогательные операции: моечная	Высокая влажность; токсичные испарение (поверхностно-активные вещества)	Рабочая зона

Таблица 5.3 - Методы и средства снижения воздействия опасных и вредных производственных факторов.

№	Опасный и вредный производственный фактор	Методы и средства защиты, снижения производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
1	Высокая температура	Система вентиляции и кондиционирования атмосферного воздуха; система охлаждения оборудования, зоны резания (СОЖ); защитные ограждения	Спец-ая одежда
2	Движущиеся механизмы	Защитные кожухи на движущиеся механизмы, станки с защитными экранами рабочей зоны;	-
3	Высокий уровень шума и вибраций	Виброизолирующие опоры; Виброгасители (для резца – пружиненная державка с полиуретановыми вставками); Балансировка кругов; Акустическая обработка участка (звукопоглощающие экраны и покрытия)	Наушники.
4	Запыленность и загазованность воздуха рабочей среды; токсичные испарение	Общая и местная вытяжка (местная бортовая с защитно-обеспыливающим кожухом)	Респиратор.
5	Высокая влажность.	Местная вытяжка (вытяжной зонт); организация общего воздухообмена	Спец. одежда, резиновые перчатки.

Таблица 5.4 - Идентификация классов и опасных факторов пожара

№	Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
1	Участок станков	зубофрезерный, токарный, шлифовальные станки, моечная машина	В	Пламя и искры; тепловой поток	замыкание высокого электрического напряжения на токопроводящие части технологических установок
2	Термический цех		В	Пламя и искры; тепловой поток	Осколки, части разрушившихся зданий, сооружений, технологических установок

Таблица 5.5 - Технические средства обеспечения пожарной безопасности.

Первичные средства пожаротушения

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Пожарные сигнализация, связь и оповещение.
Порошковые огнетушители ОП-8(з)	Передвижные воздушно-пенные огнетушители ОВП(Н,С)-50(з)	Дренчерная водяная система пожаротушения	Системы передачи и извещений о пожаре	Гидрант пожарный	Респиратор, очки, специальная одежда	Шит пожарный ЩП-Б	Локальное оповещение

Таблица 5.6 - Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности.

Наименование технологического процесса, оборудования технического объекта	Наименование видов реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Металлорежущие станки	Организация пожарной охраны. Организация обучения работающих правилам пожарной безопасности на производстве. Разработка и реализация норм и правил пожарной безопасности, инструкций о порядке обращения с пожароопасными веществами и материалами, о соблюдении противопожарного режима и действиях людей при возникновении пожара. Изготовление и применение средств наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности. Порядок хранения веществ и материалов, тушение которых недопустимо одними и теми же средствами, в зависимости от их физико-химических и пожароопасных свойств. Разработку мероприятий по действиям администрации, рабочих, служащих и населения на случай возникновения пожара и организацию эвакуации людей.	Переносные и передвижные огнетушители должны обеспечивать тушение пожара одним человеком на площади, указанной в технической документации организации-изготовителя. Автоматические установки водяного и пенного пожаротушения должны обеспечивать своевременное обнаружение пожара и запуск автоматической установки пожаротушения. Средства индивидуальной защиты и спасения граждан при пожаре должны обеспечивать безопасность эвакуации или самоспасания людей.
Закалочные ванны, печи.		

Таблица 5.7 - Идентификация экологических факторов технического объекта

Наименование технического объекта, технологического процесса	Структурные составляющие технического объекта, технологического процесса	Воздействие технического объекта на атмосферу	Воздействие технического объекта на гидросферу	Воздействие технического объекта на литосферу
Термообработка	Печь	Пыль	-	
Механическая обработка	Металлорежущие станки	Пыль, мелкая стружка	СОЖ, моечные средства	Стружка, ветошь

Таблица 5.8 - Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду.

Наименование технического объекта	
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Рукавный фильтр СРФ-Б50
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу	Флотационная установка (отчистка от нефтепродуктов), Утилизация СОЖ
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Утилизация, стружка на переплавку

Заключение по разделу «Безопасность и экологичность технического объекта».

1. В разделе «Безопасность и экологичность технического объекта» приведена характеристика технологического процесса изготовления вала шлицевого, перечислены технологические операции, должности работников, производственно-техническое и инженерно-техническое оборудование, применяемые сырьевые технологические и расходные материалы, комплектующие изделия и производимые изделия (таблица 5.1).

2. Проведена идентификация профессиональных рисков по осуществляемому технологическому процессу изготовления вала шлицевого, выполняемым технологическим операциям, видам производимых работ. В качестве опасных и вредных производственных факторов идентифицированы следующие: отлетающие частицы обрабатываемого материала и инструмента; повышенные

уровни шума, вибрации, ультразвука и различных излучений; испарение токсичных веществ; химический ожог кожного покрова; высокая влажность и скорость движения воздуха; повышенная яркость света и пульсация светового потока.

3. Разработаны организационно-технические мероприятия, включающие технические устройства снижения профессиональных рисков, а именно система охлаждения активных органов оборудования, ограждения и разметка зон повышенной опасности, непрерывная подача СОЖ на обрабатываемый материал; защитный экран рабочей зоны оборудования; система вентиляции и кондиционирования атмосферного воздуха, защитный экран рабочей зоны оборудования; виброизоляция оборудования, искусственное подавление светового потока. Подобраны средства индивидуальной защиты для работников (таблица 5.3).

4. Разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности технического объекта. Проведена идентификация класса пожара и опасных факторов пожара и разработка средств, методов и мер обеспечения пожарной безопасности (таблица 5.4). Разработаны средства, методы и меры обеспечения пожарной безопасности (таблица 5.5). Разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности на техническом объекте (таблица 5.6).

5. Идентифицированы экологические факторы (таблица 5.7) и разработаны мероприятия по обеспечению экологической безопасности на техническом объекте (таблица 5.8).

6. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ

Цель раздела – рассчитать технико-экономические показатели проектируемого технологического процесса и произвести сравнительный анализ с показателями базового варианта, определить экономический эффект от предложенных в проекте технических решений.

Рассмотрим предлагаемые совершенствования на предмет экономической обоснованности внедрения изменений в ТП изготовления детали. Подробная информация, касающаяся технологического процесса, рассмотрена в предыдущих разделах, поэтому считаем необходимым указать только отличия между вариантами процесса изготовления детали.

Базовый вариант.

Операция 030 – Круглошлифовальная. Производится шлифование поверхностей на круглошлифовальном станке с ЧПУ, модель MA1420F-750. Закрепление заготовки обеспечивает патрон 3-хулачковый и центр. Получение заданных поверхностей обеспечивает шлифовальный круг типа 3 250x32x25 25AF40K6VA2 ГОСТ 2424-2008.

Проектный вариант.

Операция 030 – Круглошлифовальная. Производится шлифование поверхностей на круглошлифовальном станке с ЧПУ, модель MA1420F-750. Надежное закрепление заготовки обеспечивает патрон поводковый, хомут поводковый, центр упорный и система управления осью вала. Получение заданных поверхностей обеспечивает шлифовальный круг типа 3 250x32x25 25AF40K6VA2 ГОСТ 2424-2008.

Представленные изменения позволяют сократить трудоемкость выполнения описанной операции, и получить следующие значения:

– штучно-калькуляционное время: базовый вариант – 6,2 мин., проектный вариант – 4,3 мин.;

– основное время: базовый вариант – 2,1 мин., проектный вариант – 4,3 мин.

Представив краткое описание предлагаемых изменений, рассчитаем капитальные вложения в проектируемый вариант технологического процесса, для этого будем использовать специальную методику, согласно которой данная величина составляет $K_{ВВ,ПП} = 16958,11$ руб. Эти денежные средства потребуются нам на приобретение новой оснастки, системы управления и затрат на проектирование технологического процесса.

Далее согласно методике, определим технологическую себестоимость, которая зависит от материала заготовки, заработной платы, начисления на нее и расходов на содержание и эксплуатацию оборудования. Учитывая то, что метод получения заготовки и ее материал по вариантам не изменились, поэтому расчет технологической себестоимости будем осуществлять без затрат на материал, т.к. эти значения существенного влияния на конечный результат не окажут. Сравнительная структура технологической себестоимости изготовления детали по сравниваемым вариантам представлена на рисунках 6.1 и 6.2.

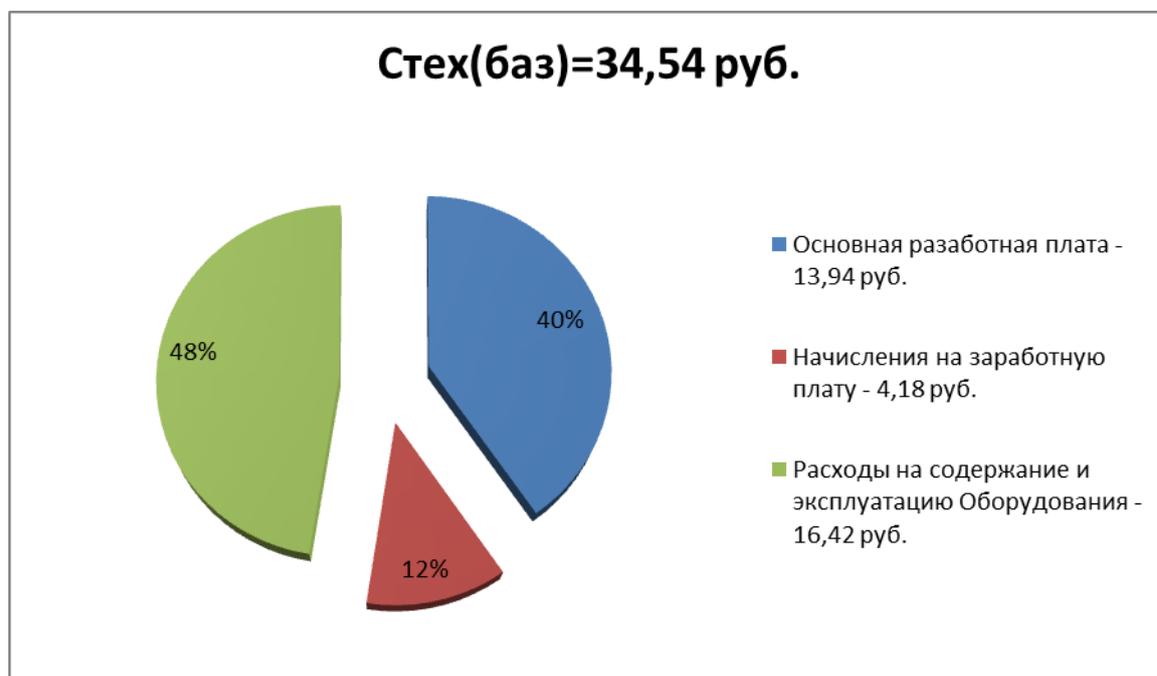


Рис. 6.1 Структура технологической себестоимости выполнения круглошлифовальной операции 030, по базовому варианту

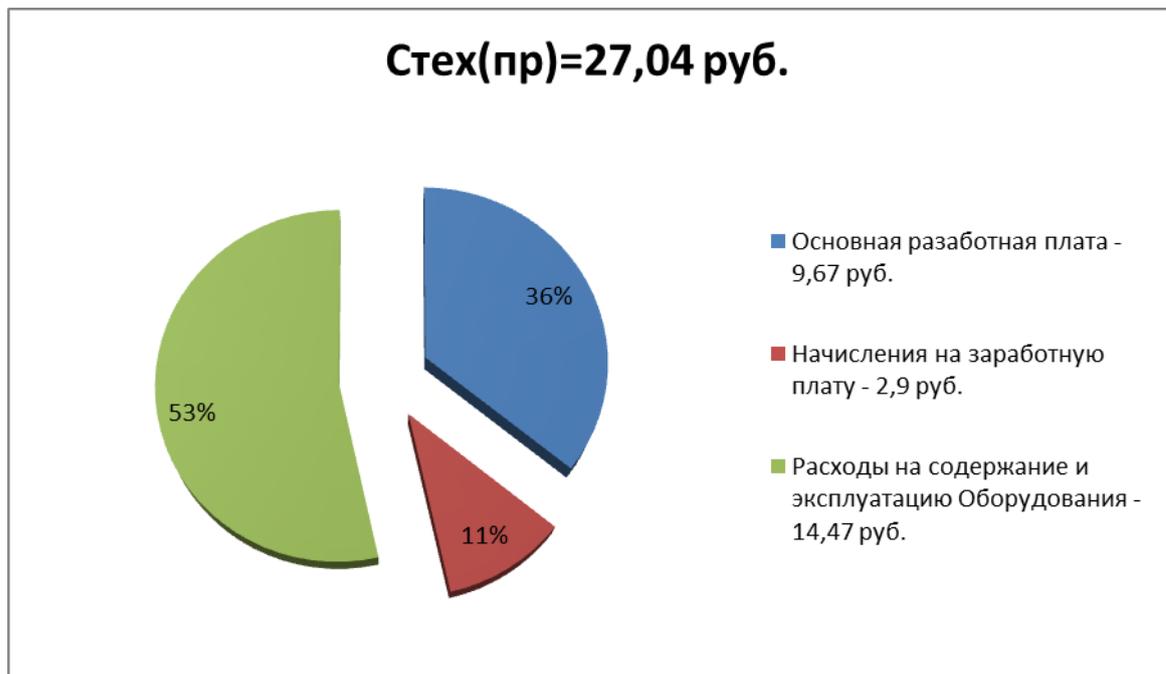


Рис. 6.2 – Структура технологической себестоимости выполнения круглошлифовальной операции 030, по проектному варианту

На базе полученных данных и с применением методики составления калькуляции полной себестоимости мы рассчитываем ее значения для выполнения операции 030. Согласно расчетам по базовому варианту полная себестоимость без учета затрат на материал, как обосновывалось ранее, составила 88,54 руб.; а по проектному варианту – 62,42 руб.

Далее проведем экономическое обоснование предложенных изменений. Для этого будем использовать методику расчета показателей экономической эффективности, согласно которой мы получаем следующие данные.

$$P_{P.OЖ} = \Delta_{УГ} = (C_{ПОЛ(БАЗ)} - C_{ПОЛ(ПР)}) \cdot P_{Г} \text{ руб.} \quad (6.1)$$

$$P_{P.OЖ} = \Delta_{УГ} = (85,54 - 62,42) \cdot 500 = 11560 \text{ руб.}$$

$$H_{ПРИБ} = P_{P.OЖ} \cdot K_{НАЛ} \text{ руб.} \quad (6.2)$$

$$H_{ПРИБ} = 11560 \cdot 0,2 = 2312 \text{ руб.}$$

$$P_{P.ЧИСТ} = P_{P.OЖ} - H_{ПРИБ} \text{ руб.} \quad (6.3)$$

$$P_{P.ЧИСТ} = 11560 - 2312 = 9248 \text{ руб.}$$

$$T_{ОК.РАСЧ} = \frac{K_{ВВ.ПР}}{P_{P.ЧИСТ}} + 1, \text{ года} \quad (6.4)$$

$$T_{OK.PACЧ} = \frac{16958,11}{9248} + 1 = 2,83 = 3 \text{ года}$$

$$D_{ДИСК.ОБЩ} = П_{P.ЧИСТ.ДИСК}(T) = \sum_1^T П_{P.ЧИСТ} \cdot \frac{1}{(1+E)^t}, \text{ руб.} \quad (6.5)$$

$$D_{ОБЩ.ДИСК} = П_{P.ЧИСТ.ДИСК}(T) = 9248 \cdot \left(\frac{1}{(1+0,2)^1} + \frac{1}{(1+0,2)^2} + \frac{1}{(1+0,2)^3} \right) = 19476,29 \text{ руб}$$

$$\mathcal{Э}_{ИНТ} = ЧДД = D_{ОБЩ.ДИСК} - K_{ВВ.ПР} \text{ руб.} \quad (6.6)$$

$$\mathcal{Э}_{ИНТ} = ЧДД = 19476,29 - 16957,11 = 2518,18 \text{ руб.}$$

$$ИД = \frac{D_{ОБЩ.ДИСК}}{K_{ВВ.ПР}} \text{ руб./руб.} \quad (6.7)$$

$$ИД = \frac{19476,29}{16957,11} = 1,15 \text{ руб./руб.}$$

Предлагаемые изменения по круглошлифовальной операции 030 технологического процесса, можно считать экономически обоснованными. Данное заключение делаем основываясь, во-первых, на том, что достигнуто снижение себестоимости выполнения данной операции на 27%. А во вторых, интегральный экономический эффект от изменений, согласно расчетам, составил 2518,18 руб., что также свидетельствует об эффективности проекта.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе на основе анализа служебного назначения детали, ее технологичности, с учетом типа производства спроектирован технологический процесс изготовления вала. Его особенностью является использование на операциях токарных и шлифовальных системы управления осью заготовки. Для этого спроектирована задняя бабка, которая позволяет за счет управляемого воздействия на торец заготовки, создавать изгибающий момент, препятствующий прогибу заготовки под действием сил резания. Это повышает точность обработки.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. А.с. СССР №869972, В. А. Тараненко, В.А. Яхимович, Б. С. Баталин
Способ обработки нежестких деталей
2. А.с. СССР №973240 кл. В23В1/00, Т. В. Мозолевская, А.И. Бохонский и
Л. С, Ям, Способ обработки нежестких деталей, 1982.
3. А.с. СССР №770660 кл. В23В1/00, Н.Г.Ткачик, Б.Г. Озеров Способ
обработки нежестких валов в центрах, 1980
4. А.с. СССР №1126376, Способ обработки нежестких деталей, В23В1/00,
Тараненко В.А., 1984
5. А.с. № 1142225, л.В23В1/00, Способ выверки длинномерных заготовок
на станке, 1985
6. А.с. №1604501, Способ токарной обработки нежестких деталей, 1985
7. А.с. № 1754330. л В23В1/00, Способ вибродеформационной обработки,
1990
8. Анурьев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 2-х т. Т.1/
В. И. Анурьев [и др.]- М.: Машиностроение, 1982. – 728с.
9. Барановский Ю.В. Режимы резания металлов/ Ю.В. Барановский. - М.:
Машиностроение, 1972. - 409 с.
10. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т.1/ Косилова А.Г. [и
др.]. – М.: Машиностроение, 1985. – 656 с.
11. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т.2/ Косилова А.Г. [и
др.]. – М.: Машиностроение, 1985. – 496 с.
12. Допуски и посадки: Справочник. В 2-х ч.Т.1/ Мягков В.Д. [и др.]. - Л.:
Машиностроение, 1982. – 543 с.
13. Допуски и посадки: Справочник. В 2-х ч.Т.2/ Мягков В.Д. [и др.]. - Л.:
Машиностроение, 1982. – 543 с.
14. Горбацевич А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии
машиностроения./А.Ф. Горбацевич, Шкред В.А. - Минск, "Высш. Школа", 1983
- 256 с.

15. Вардашкин Б.Н. Станочные приспособления: Справочник. В 2-х т. Т.1/ Б.Н. Вардашкин [и др.]. – М.: Машиностроение, 1984. – 604с.
16. Вардашкин Б.Н. Станочные приспособления: Справочник. В 2-х т. Т.2/ Б.Н. Вардашкин [и др.]. – М.: Машиностроение, 1984. – 656с.
17. Кирсанов Г.Н. Руководство по курсовому проектированию металло-режущих инструментов/Г.Н. Кирсанов. – М.: Машиностроение, 1986. – 288с.
18. Ординарцев И.А. Справочник инструментальщика/И.А. Ординарцев [и др.]. – Л.: Машиностроение, 1987. – 846с.
19. Расторгуев Д. А. Разработка плана изготовления деталей машин : 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.
20. 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.
21. Михайлов А.В., Расторгуев Д.А. Основы проектирования технологических процессов механосборочного производства/ А.В. Михайлов, Д.А. Расторгуев. - Тольятти: ТГУ, 2003. – 160 с.
22. Ермолаев, В.В. Технологическая оснастка. Лабораторно-практические работы и курсовое проектирование: учеб. пособ. – М.: Изд-во «Академия», 2012. – 320 с.
23. Инструмент для высокопроизводительного и экологически чистого резания / В. Н. Андреев [и др.]. - Москва : Машиностроение, 2010. - 479 с.
24. Маслов, А. Р. Инструментальные системы машиностроительных производств : учеб.для вузов / А. Р. Маслов. - Гриф УМО. - Москва : Машиностроение, 2006. - 335 с.

25. Романенко, А.М. Режущий инструмент [Электронный ресурс] : учебное пособие. — Электрон.дан. — Кемерово :КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2012. — 103 с.
26. Тимирязев, В.А. Основы технологии машиностроительного производства [Электронный ресурс] : учебник / В.А. Тимирязев, В.П. Вороненко, А.Г. Схиртладзе. — Электрон.дан. — СПб. : Лань, 2012. — 443 с.
27. Чиченев, Н.А. Лазерное упрочнение технологического инструмента обработки металлов давлением. Монография [Электронный ресурс] : монография / Н.А. Чиченев, С.А. Иванов, С.М. Горбатюк [и др.]. — Электрон.дан. — М. : МИСИС, 2013. — 166 с.
28. http://www1.fips.ru/wps/wcm/connect/content_ru/ru

ПРИЛОЖЕНИЯ

Разраб.	Алашеев			ТГУ кафедры ОиТМП													
Провер.	Расторгуев																
Утв.	Бобровский			Вал										ВК			
Н. контр.	Виткалов													Р			
M01	45ХН2МФА ГОСТ1133-71																
M02	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н. расх.	КИМ.	Код загот.	Профиль и размеры				КД	МЗ				
	18	166	2,5	1	1	0,66	24	Ø36,5×552,5				1	3,8				
А	Цех.	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции			Обозначение документа									
Б	Код, наименование оборудования				СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз.	Тшт.		
A03	XX	XX	XX	000	Заготовительная								1				
B04	XX	XX			(штамповка)												
05																	
A06	XX	XX	XX	005	4269Фрезерно-центровальная												
B07	Фрезерно-центровальный станок МР72М				2	18632	22	1Р	1	1	1	35	1	12	1,2		
008	Фрезеровать торцы; сверлить центровые отверстия																
009																	
T10	396131Тиски ГОСТ 21168-75 7200-0251; 391830 фреза торцовая насадная DGHR2525 d= 50 мм Т15К6; 391290 сверло центровочное комбинированное 1241 ГОСТ																
T11	14952-75; 393311 Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166-80																
12																	
A13	XX	XX	XX	010	4110 Токарная												
B14	381101 Токарно-фрезерный центр PL25L				2	15292	22	1Р	1	1	1	35	1	15	7,7		
O15	Точить пов., выдерживая размеры согласно эскиза																
O16																	
T17	396110 патрон трех кулачковый токарный поводковый ПЗК П-315Ф8.95; 392871 центр станочный вращающийся (конус Морзе №5) ХМИ37032-4005;																
T18	392110 резец сборный SDJCR2525M11 Т5К10 и Т15К6392110 резец сборный канавочный DGHR2525 Т5К10 и Т15К6																
T19	393311 Штангенциркуль ШЦ-11I ГОСТ 166-80; 393410 Микрометр																
20																	
21																	
A22	XX	XX	XX	015	4153 Зубоцефрезерная												
B23	381572 Зубофрезерный полуавтомат NLZ-4000А				2	12287	22	1Р	1	1	1	35	1	30	4,1		
O24	Фрезеровать зубья, выдерживая размеры согласно эскиза																
T25	391681 Патрон поводковый 7108-0021 ГОСТ 2571-71; 391681 хомут поводковый 7107-0066ГОСТ16488-70; 392871 Центр упорный 7032-0020 ГОСТ 13214-79;																
26	391814 фреза 2520-0701 ГОСТ8027-86 червячная для шлицевых валов из быстрорежущей стали Р6М5К5 391814 фреза 2520-0732 ГОСТ8027-86 червячная для																
27	шлицевых валов из быстрорежущей стали Р6М5К5393311 Штангенциркуль ШЦ-11I ГОСТ 166-80; 393410 Микрометр																
28																	
МК																	

А	Цех.	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции	Обозначение документа									
Б	Код, наименование оборудования				СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз.	Тшт.

A01	XX	XX	XX	020	Термообработка														
02																			
03																			
04																			
05																			
06																			
07																			
A08	XX	XX	XX	025	4112 Центрошлифовальная														
B09	381317 Центро – шлифовальный станок Toyota GC 12-130					2	18873	22	1P	1	1	1	35	1	25	2,2			
O10	Шлифовать пов, выдерживая размеры согласно эскиза																		
11																			
T12	396131Тиски ГОСТ 21168-75 7200-0251; 391730 Шлифовальный круг EW10x2524AF100 O6V ГОСТ2424-2008; 393610 Шаблон																		
13																			
A14	XX	XX	XX	030	4131 Круглошлифовальная														
B15	381311 Кругло шлифовальный станок MA1420F-750					2	18873	22	1P	1	1	1	35	1	25	4,9			
O16	Шлифовать пов, выдерживая размеры согласно эскиза																		
T17	391681 Патрон поводковый 7108-0053 ГОСТ 2572-72; 391681 Хомутик 7107-0041 ГОСТ 2578-70; 392871 Центр упорный 7032-0020 ГОСТ 13214-79; система																		
18	Управления валом; 397130 круг шлифовальный типа 3 250□32□25 25AF40K6VA2 ГОСТ 2424–2008; 393410 Микрометр рычажный МР0-25 мм																		
19																			
A20	XX	XX	XX	035	4151 Шлицешлифовальная														
B21	381562 Шлицешлифовальный станок В3-729Ф4					2	18873	22	1P	1	1	1	335	1	25	4,3			
O22	Шлифовать пов, выдерживая размеры согласно эскиза																		
T23	391681 Патрон поводковый 7108-0053 ГОСТ 2572-72; 391681 Хомутик 7107-0041 ГОСТ 2578-70; 392871 Центр упорный 7032-0020 ГОСТ 13214-79;																		
T24	397130 круг шлифовальный типа 1 250□32□25 25AF80M7VA2 ГОСТ 2424–2008; 393110 Комплексные калибры скобы ГОСТ 7951-79																		
25																			
26																			
27																			
A28	XX	XX	XX	045	Моечная														
B29	XX	XX	Камерная моечная машина																
30																			
31	XX	XX	XX	050	Контрольная														
32	Контрольный стенд																		
33																			
МК																			

								Листов 2	2		
Разраб.	Алашеев			Кафедра ОиТМП							
Провер.	Расторгуев										
Н. контр	Виткалов										
Р				ПИ	Д или В	L	t	i	S	n	V
11											
12											
О 13	5.Раскрепить и снять заготовку										
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											
21											
22											
23											
24											
25											
26											
27											
28											
ОК											

Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<i>Документация</i>						
A1			16.07.554.70.000.СБ	Сборочный чертеж	1	
<i>Сборочные единицы</i>						
	1		16.07.554.70.100.	Двигатель шаговый	1	
<i>Детали</i>						
	2		16.07.554.70.002.	Корпус	1	
	3		16.07.554.70.003.	Пинопль	1	
	4		16.07.554.70.004.	Выталкиватель	1	
	5		16.07.554.70.005.	Эксцентриковая ось	1	
	6		16.07.554.70.006.	Рукоятка	1	
	7		16.07.554.70.007.	Подпятник	1	
	8		16.07.554.70.008.	Пята	1	
	9		16.07.554.70.009.	Коническое кольцо	1	
	10		16.07.554.70.010.	Упругая втулка	1	
	12		16.07.554.70.012.	Кольцо	1	
	13		16.07.554.70.013.	Корпус гидроцилиндра	1	
	14		16.07.554.70.014.	Кольцо	1	
	15		16.07.554.70.015.	Манжета	1	
	16		16.07.554.70.016.	Крышка	1	
			16.07.554.70.000..СП			
Изм. Лист			№ докум.	Подп.	Дата	
Разраб.			Алашеев			
Проб.			Расторгуев			
И.контр.			Виткалов			
Утв.			Бабровский			
Задняя бабка				Лит. Лист Листов		
				1 2		
				ТГУ ТМБз-1131		

