

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»

(наименование кафедры)

15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных

производств»

(код и наименование направления подготовки)

Технология машиностроения

(профиль)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему «Разработка технологии вибрационной стабилизации размеров маложестких валов»

Студент(ка)

А.В.Семькин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

Д.А.Расторгуев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

А.В.Степаненко

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

И.В.Краснопевцева

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

В.Г. Виткалов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой

к.т.н, доцент

Н.Ю. Логинов

(личная подпись)

« _____ » _____ 2017 г.

Тольятти 2017

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»
ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ
(наименование института полностью)
Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»
(наименование кафедры)

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой _____ Н.Ю. Логинов

« ___ » _____ 2017г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение бакалаврской работы

направление подготовки 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение

машиностроительных производств»

профиль «Технология машиностроения»

Студент _ Семыкин Алексей Владимирович _____ гр. _ ТМбз-1231

1. Тема Разработка технологии вибрационной стабилизации размеров маложестких валов
2. Срок сдачи студентом законченной выпускной квалификационной работы «09» июня 2017 г.
3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе годовой объем выпуска N=800
дет/год

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

Титульный лист.

Задание. Календарный план. Аннотация. Содержание.

Введение

- 1) *Описание исходных данных*
- 2) *Технологическая часть работы*
- 3) *Проектирование приспособления*
- 4) *Безопасность и экологичность работы*
- 5) *Экономическая эффективность работы*

Заключение. Список используемой литературы.

Приложения: технологическая документация

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

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
к.т.н., доцент

_____ Н.Ю. Логинов
(подпись)
« ____ » _____ 2017 г.

**КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН
выполнения бакалаврской работы**

Студента Семькин Алексей Владимирович

По теме Разработка технологии вибрационной стабилизации размеров маложестких валов

Наименование раздела работы	Плановый срок выполнения раздела	Фактический срок выполнения раздела	Отметка о выполнении	Подпись руководителя
<i>Описание исходных данных</i>	01.02.2017			
<i>Технологическая часть работы</i>	01.04.2017			
<i>Проектирование приспособления</i>	01.05.2017			
<i>Безопасность и экологичность работы</i>	15.05.2017			
<i>Экономическая эффективность работы</i>	15.05.2017			
<i>Заключение.</i>	15.05.2017			
<i>Список литературы.</i>	15.05.2017			
<i>Приложения</i>	15.05.2017			

Руководитель выпускной
квалификационной работы

_____ (подпись) _____ (И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению

_____ (подпись) _____ (И.О. Фамилия)

Аннотация

Семькин Алексей Владимирович Разработка технологии вибрационной стабилизации размеров маложестких валов. Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства». ТГУ: Тольятти, 2017, – 64 с.

Цель работы – проектирование технологического процесса изготовления детали «вал маложесткий» в условиях среднесерийного производства с применением прогрессивных достижений современной науки и техники. Основное внимание уделяется при этом методам обеспечения стабилизации размеров детали при помощи вибрационного способа обработки. Для этого спроектирована установка для эффективной обработки комплексными колебаниями.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	6
1. Описание исходных данных	7
2. Технологическая часть работы	12
3. Проектирование приспособлений	30
4. Безопасность и экологичность работы.....	40
5. Экономическая эффективность работы	47
Заключение	51
Список используемой литературы	53
Приложения	56

ВВЕДЕНИЕ

Технология изготовления детали должна обеспечить высокую долговечность узла и максимально снижать затраты на ее изготовление. Использование современного технологического оборудования, оснастки и приспособлений повышает производительность и качество изготовления детали.

Для маложестких деталей таких как валы основной трудностью при их изготовлении является малая жесткость. Это приводит к деформациям и во время обработки, и во время после операционное. Это связано с неравномерным распределением остаточных технологических напряжений по объему. Усугубляется картина за счет самопроизвольной релаксации остаточных напряжений, процесса непредсказуемого, неравномерного и достаточно интенсивного приводящего к короблению заготовок и деталей.

Для решения этой проблемы основной подход связан со снижением напряжений за счет дополнительных операций. В основном это термическая стабилизирующая обработка. Нормализация, отпуск, старение приводят к стабилизации структуры материала и снижению технологических напряжений.

Недостаток – значительная энергоемкость. Некоторые процессы (старение, отпуск) трудоемкие по времени. Поэтому в настоящее время находят широкое применение методы механической стабилизации напряжений за счет колебаний. Как правило применяются поперечные изгибные колебания. Но могут использоваться и продольные и крутильные. Основная задача при вибростабилизации размеров – снизить энергоемкость. Достичь этого можно за счет резонансной настройки технологической системы – совпадение частоты вибраций и собственной частоты заготовки. Также необходимо обеспечить равномерность проработки вала по его длине.

В работе предлагается технология вибрационной стабилизации с использованием комплексных колебаний с системой управления колебаний.

1. ОПИСАНИЕ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

1.1. Анализ служебного назначения и условий работы детали

Деталь – вал приводной. На центральную шейку напрессовываются диски с лопатками, которые при вращении создают давление. С двух сторон на крайние шейки устанавливаются шкивы, которые передают крутящий момент через шпоночные пазы. Вал устанавливается в подшипниках по шейкам 72 мм. Подшипники фиксируются гайками по резьбе М65. Гайки контрятся при помощи шайб по пазу 12 мм.

Вал работает при значительных динамических нагрузках и при воздействии значительных крутящих моментов. Деталь вала показана с обозначенными поверхностями на рисунке 1.1. По этим номерам в таблице 1.1 все поверхности сгруппированы требования по точности, шероховатости и допускам расположения.

Вал работает при больших оборотах и динамических нагрузках в агрессивной среде и при повышенной температуре. Для таких условий работы подходят нержавеющие сплавы, например: сталь 31Х19Н9МВБТ ГОСТ 5632-72.

Его состав приводится в таблице 1.2 его физические параметры - в таблице 1.3.

Таблица 1.1 - Анализ технических требований вала

№	Размеры, мм	Форма	Тип	Квалитет	требования	Допуск по отклонениям распол. и формы, мм	Шероховатость, мкм
1	2	3	4	5	6	7	8
1	1000	П	С	12			6,3
2	110	П	ВКБ	12			6,3
3	40	П	ВКБ	12			6,3
4	62	П	ОКБ	12	⊥	0,03	2,5
5	62	П	ОКБ	12	⊥	0,025	2,5
6	40	П	ВКБ	12			6,3
7	40	П	ВКБ	12			6,3
8	1000	П	С	12			6,3
9	54	Ц	ВКБ	6	О ◎	0,008 0,012	1,25
10	65	Р	ВКБ	7			3,2
11	72	Ц	ОКБ	6	О ◎	0,008 0,012	1,25
12	86	Ц	ВКБ	6	О ◎	0,006 0,01	0,63
13	72	Ц	ОКБ	6			0,63
14	65	Р	ВКБ	7			3,2

Продолжение таблицы 1.1

1	2	3	4	5	6	7	8
15	54	Ц	ВКБ	6	О ©	0,008 0,012	1,25
16	48	П	ВКБ	12			6,3
17	14	Ф	ВКБ,И	9	// ≅	0,02 0,016	2,5
18	1,6	Ф	С	12			6,3
19	3	Ф	С	12			6,3
20	2,5	Ф	С	12			6,3
21	60	П	ВКБ	12			6,3
22	12	Ф	ВКБ	8			3,2
23	3	Ф	С	12			6,3
24	3	Ф	С	12			6,3

Таблица 1.2 - Химический состав стали в % 31Х19Н9МВБТ ГОСТ 5632-72

Химический элемент	%
Вольфрам (W)	1.0 - 1.5
Кремний (Si), не более	0.8
Марганец (Mn)	0.8 - 1.5
Медь (Cu), не более	0.30
Молибден (Mo)	1.0 - 1.5
Никель (Ni)	8.0 - 10.0
Ниобий (Nb)	0.2 - 0.5
Сера (S), не более	0.020
Титан (Ti)	0.2-0.5
Углерод (C)	0.28-0.35
Фосфор (P), не более	0.035
Хром (Cr)	18.0 - 20.0

Таблица 1.3- Физические характеристики стали 31X19H9MBBT ГОСТ 5632-72

Вид термообработки	Предел прочности и σ_B , МПа	Предел текучести $\sigma_{0,2}$, МПа	Отн.удлинение после разрыва δ_5 , %	Отн. сужение δ , %
Закалка 1150-1180 °С, вода. Старение 700 °С, выдержка 50 ч	725-860	315-420	32-50	25-58

1.2 Анализ технологичности конструкции детали

Свободные поверхности необходимо обработать по H12/h12 качеству точности. Это обеспечивает однократная обработка точением.

Вал имеет малую конструктивную жесткость. Это связано с отношением длины вала к его среднему диаметру $\ell/d = 1000/78 \approx 12,9$. По данному критерию оценки жесткости, если больше 10, то вал относится к группе маложестких.

Особенностями обработки таких деталей большие упругие деформации заготовки при ее обработки. Она отжимается под действием силы резания от резца. Снижается точность и как правило, возникают значительные колебания, что делает процесс резания невозможным. Для повышения точности используются люнеты. Эти дополнительные опоры повышают жесткость заготовки. Но возрастают расходы на дополнительную оснастку и время на установку снятие вала.

Поэтому конструкция малой жесткости вала не дает возможность использовать высокопроизводительные методы формообразования, связанные с большой частотой вращения заготовки.

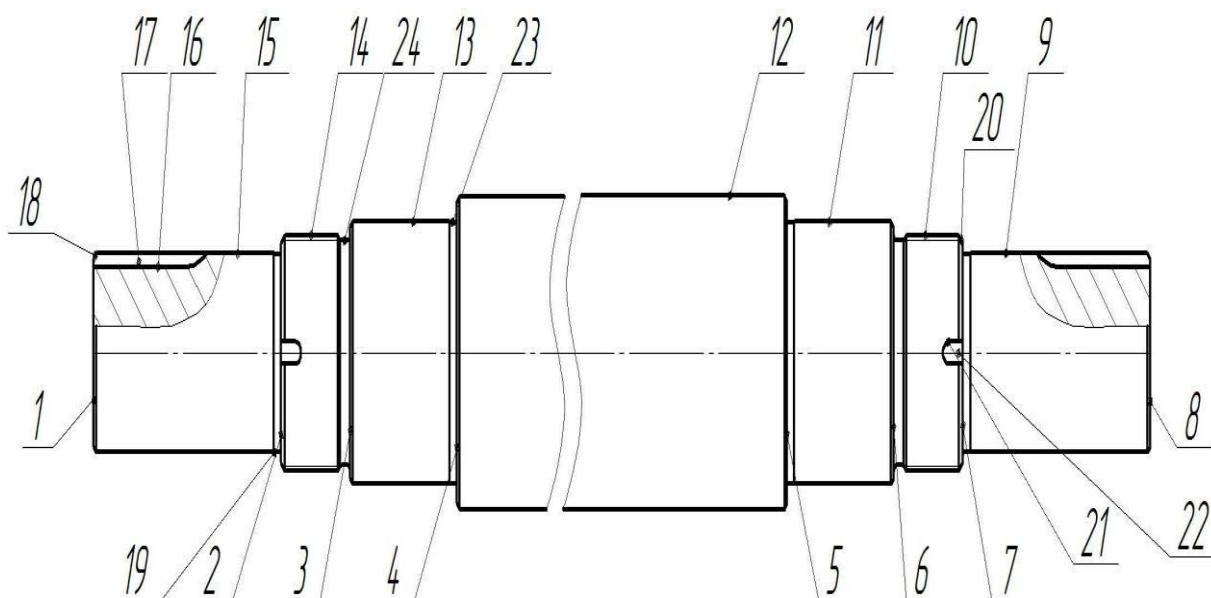


Рисунок 1.2 Нумерация поверхностей вала

Как термообработка используется нормализация без фазовых изменений в структуре материала заготовки.

Главная трудность в технологическом процессе обработки вала – сохранить его точность после обработки. Из-за остаточных технологических напряжений, уровень которых падает самопроизвольно с течением времени (процесс релаксации напряжений), внутреннее равновесное состояние вала нарушается. А поскольку жесткость не высокая, даже небольших изменений, неравномерностей технологических остаточных напряжений достаточно, чтобы деталь покорбилась. Это приводит к нарушению допусков расположения (соосности, биения) и формы (прямолинейность).

Поэтому основная задача при изготовлении такого мало жесткого вала – выровнять напряжения и сделать их минимальными. Вопросам выравнивания напряжений и будет посвящаться конструкторская часть работы.

Для разработки операций предлагается использовать комплексные многооперационные станки для токарной обработки, но с расширенными технологическими возможностями. Для проведения лезвийной обработки необходимо задействовать высокопроизводительные методы, инструменты и оснащения.

2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ РАБОТЫ

2.1. Выбор стратегии техпроцесса

Для массы детали, определенной по чертежу, $m=32,5$ кг и при годовом объеме выпуска, выданному по заданию, $N=800$ деталей/год тип производства - среднесерийный.

Для него типична переменнo-поточная форма организации технологического процесса, для которой необходимо определять количество заготовок валов в партии для единовременного запуска определяется как [12]:

$$n = \frac{N \cdot a}{F}, \text{ ШТ} \quad (2.1)$$

где $N=800$ штук/год;

a - периодичность запуска, дни. Примем $a=3$;

F – число рабочих дней в году, 254 дня.

Подставив значения, получается:

$$n = \frac{800 \cdot 3}{254} = 9,4 \approx 10 \text{ дет.}$$

2.2. Выбор метода получения и проектирование заготовки

Заготовку вала с большим количеством ступеней, но с небольшим их перепадом можно получать или штамповкой или из сортового проката – прутка [20, 21].

Для серийного производства и вала из дорогостоящего материал - 31X19H9MBГТ более оптимальным было бы использование проката.

Для выбора диаметра стандартного прутка рассчитаем на самую точную поверхность $d=85\text{p}6$ мм, которая имеет максимальный же размер, припуски по формулам [16] (таблица 2.1).

Для исходной заготовки из сортового проката принимается ближайший диаметр к расчетному (87,7-89,9 мм) прутки 90 мм ГОСТ 2590-71.

По сравнению с расчетным разница в 0,1 мм, что при допуске по диаметру проката для обычной точности $\begin{matrix} +0,7 \\ -1,3 \end{matrix}$ приемлемо и пересчет размеров не проводим.

Припуск на разрезку прутка принимается равным - 3 мм. Припуски на обработку торцов (фрезерование или подрезка точением) – 3 мм.

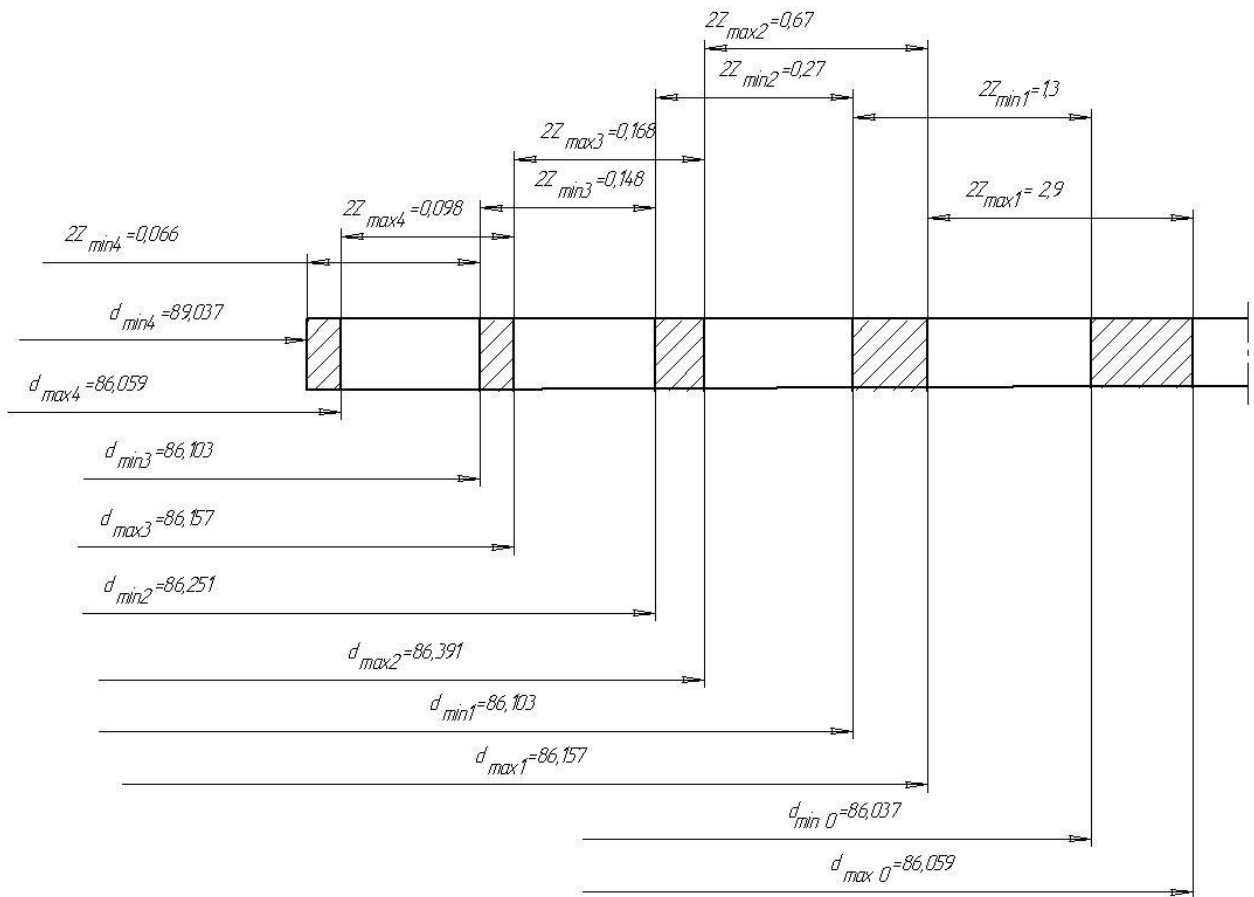


Рисунок 2.1 - Значения припусков, размеров

Таблица 2.1 - Полученные расчетно-аналитическим способом значения припусков ($\varnothing 86p6$ $\begin{matrix} +0,059 \\ -0,037 \end{matrix}$)

№, переходы	Опера- ц-ый допус к, мм	Составляющие для расчета припуска по [16]				Минимальный и максимальный припуски, мм		Минимальный и максимальный размеры, мм	
		Деф.с лой	Шер. Rz	Пр ост р.о ткл оне н. $\Delta_{пр}$	Пог реш .уст ано вки εу	$2Z_{min}$	$2Z_{max}$	d min	d max
1. Поковка(загот.)	2,0	200	100	380				87,7	89,9
2. Обтачивание- черновое	0,5	50	50	18	150	1,3	2,9	86,64	87,0
3 Обтачивание- чистовое	0,15	25	25	12	30	0,27	0,67	86,251	86,391
4.Обтачивание тонкое	0,054	15	10	6	15	0,148	0,168	86,103	86,157
5. Выглаживание (ППД)	0,022	5	5	3	5	0,066	0,098	86,037	86,059

2.3. Выбор методов обработки поверхностей

Результаты, занесенные в таблицу 2.2 по назначению последовательности технологических переходов выбраны те, для которых коэффициент трудоемкости был минимальный [13].

Таблица 2.2 - Методы обработки поверхностей вала

№	Размеры, мм	Обработка вала (переходы)	Точность размеров	Шероховатость пов., мкм
1	2	3	4	5
1	1000	T _{черн} (13, Ra 12,5) T _{чист} (10, Ra 3,2) ТСО	12	6,3
2	110	T _{черн} (13, Ra 12,5) T _{чист} (10, Ra 3,2) ТСО	12	6,3
3	40	T _{черн} (13, Ra 12,5) T _{чист} (10, Ra 3,2) ТСО	12	6,3
4	62	T _{черн} (13, Ra 12,5) T _{чист} (10, Ra 3,2) ТСО Ш _{черн} (8, Ra 2,5)	12	2,5
5	62	T _{черн} (13, Ra 12,5) T _{чист} (10, Ra 3,2) ТСО Ш _{черн} (8, Ra 2,5)	12	2,5
6	40	T _{черн} (13, Ra 12,5) T _{чист} (10, Ra 3,2) ТСО	12	6,3

Продолжение таблицы 2.2

1	2	3	4	5
7	40	Т _{черн} (13, Ra 12,5) Т _{чист} (10, Ra 3,2) ТСО	12	6,3
8	1000	Т _{черн} (13, Ra 12,5) Т _{чист} (10, Ra 3,2) ТСО	12	6,3
9	54	Т _{черн} (13, Ra 12,5) Т _{чист} (10, Ra 3,2) ТСО Ш _{черн} (8, Ra 2,5)- Ш _{чист} (6, Ra 1,25)	6	1,25
10	65	Т _{черн} (13, Ra 12,5) Т _{чист} (10, Ra 3,2) ТСО Ш _{черн} (8, Ra 2,5)	7	3,2
11	72	Т _{черн} (13, Ra 12,5) Т _{чист} (10, Ra 3,2) ТСО Ш _{черн} (8, Ra 2,5)- Ш _{чист} (6, Ra 1,25)	6	1,25
12	86	Т _{черн} (13, Ra 12,5) Т _{чист} (10, Ra 3,2) ТСО Ш _{черн} (8, Ra 2,5)- Ш _{чист} (6, Ra 1,25) Пол (6, Ra 0,63)	6	0,63
13	72	Т _{черн} (13, Ra 12,5) Т _{чист} (10, Ra 3,2) ТСО Ш _{черн} (8, Ra 2,5)- Ш _{чист} (6, Ra 1,25)	6	0,63
14	65	Т _{чист} (10, Ra 3,2) Р(7, Ra 3,2) ТСО	7	3,2

Продолжение таблицы 2.2

1	2	3	4	5
15	54	Т _{черн} (13, Ra 12,5) Т _{чист} (10, Ra 3,2) ТСО Ш _{черн} (8, Ra 2,5)- Ш _{чист} (6, Ra 1,25)	6	1,25
16	48	ФД _{черн} (12, Ra 12,5) ТСО	12	6,3
17	14	ФД _{черн} (9, Ra 2,5) ТСО	9	2,5
18	1,6	Т _{черн} (13, Ra 12,5) Т _{чист} (10, Ra 3,2) ТСО	12	6,3
19	3	Т _{черн} (13, Ra 12,5) Т _{чист} (10, Ra 3,2) ТСО	12	6,3
20	2,5	Т _{черн} (13, Ra 12,5) Т _{чист} (10, Ra 3,2) ТСО	12	6,3
21	60	ФК _{черн} (12, Ra 12,5) ТСО	12	6,3
22	12	ФК _{черн} (9, Ra 2,5) ТСО	8	3,2
23	3	Т _{черн} (13, Ra 12,5) Т _{чист} (10, Ra 3,2) ТСО	12	6,3
24	3	Т _{черн} (13, Ra 12,5) Т _{чист} (10, Ra 3,2) ТСО	12	6,3

В таблица 2.2 приняты следующие обозначения для названия переходов:

Ф_{черн} – фрезерование черновое, Ф_{чист} – фрезерование чистовое, Т_{черн} – точение черновое, Т_{чист} – точение чистовое, Ш_{черн.чист.} – шлифование черновое-чистовое.

2.4. Разработка технологического маршрута и плана обработки детали

Все выбранные операции даны в таблице 2.3. Они включают в себя все выбранные переходы для обрабатываемых поверхностей [22].

Таблица 2.3 - Технологический маршрут обработки

№	Операции	Технолог. станки/установ ки	Содержание операции	Точност ь	Ra, мкм
1	2	3	4	5	6
000	заготовительн ая (прокат)	-		15	12,5
010	Отрезная	Отрезной станок ПМ005	отрезка	13	12,5
020	Виброобработ ка	Установка стационарная	снятие напряжений	-	-
030	Механические испытания	Лаб.оборудован ие	Проверка физ- механических параметров		
040	Слесарная	Стол	Зачистка заусенцев	-	-
050	Ультразвуков ой контроль	Диагностически й прибор проверка дефектов	проверка дефектов		
060	сверлильная	Радиально- сверл. 2М55	Сверление пов. 32	12	12,5

Продолжение таблицы 2.3

1	2	3	4	5	6
070	термообработка	печь	Снятие напряжений		
080	Токарная черновая	Токарный центр Мазак 100-IV	точение начерно поверхностей 9,10,11,12,13,14,15 подрезка пов. 2,3,4,5,6,7,8	12	12,5
090	Виброобработка				
100	Токарная получистовая	Токарный центр Мазак 100-IV	точение получистовое поверхностей 9,10,11,12,13,14,15 подрезка пов. 2,3,4,5,6,7,8	10	6,3
110	Термообработка				
120	Токарная чистовая	Токарный центр Мазак 100-IV	Позиция I: точение получистовое пов. 9,10,11,12,13,14,15	8	3,2

Продолжение таблицы 2.3

1	2	3	4	5	6
			подрезка пов. 2,3,4,5,6,7,8		
			Позиция II: точение чистовое пов. 5- 8,13-15	7	2,5
			Позиция III: точение чистовое пов. 2- 4,9-12	7	2,5
			Позиция IV: нарезание резьбы пов. 10,14	7	3,2
			Позиция V: точение тонкое пов. 2,4,9,11,12	6	1,25
			Позиция VI: точение тонкое пов. 5,7,13,15	6	1,25
			Позиция VII: фрезеровать пов. 17,16 21,22	8 8	2,5 3,2
			Позиция VIII: алмазное выглаживание пов. 12	6	0,63

2.5 Выбор средств технологического оснащения

Все средства технологического оснащения, которые применяются в процессе производства, заносим в таблицу 2.4 [4, 7, 14,17].

Таблица 2.4 -Средства технологического оснащения

№	Наименование	Станочные приспособления	Режущий инструмент	Контрольный инструмент
1	2	3	4	5
000	заготовительная (прокат)			
010	Отрезная	Тиски 7200-0251 ГОСТ 21168-75	2257-0154 Пила ГОСТ 4047-82	
020	Виброобработка	Установка стационарная		
030	Механические испытания	Лаб.оборудование		
040	Слесарная	Стол		
050	Ультразвуковой контроль	Диагностический прибор проверка дефектов		
060	Сверлильная	Тиски		
070	Термообработка	Стапель		
080	Токарная черновая	Патрон Люнеты	PDINL3225P15 Резец T15K6 ТУ 2-035-892-82 PDINR2525M15 Резец T15K6 ТУ	

Продолжение таблицы 2.4

1	2	3	4	5
			2-035-892-82	
090	Виброобработка	Установка		
100	Токарная получистовая	Патрон Люнеты	PDINL2525M15 Резец T15K6 ТУ 2-035-892-82	
110	Термообработка	Стапель		
120	Токарная чистовая	Патрон Люнеты	PDINL3225P15 Резец T15K6 ТУ 2-035-892-82 PDINR2525M15 Резец T15K6 ТУ 2-035-892-82 PDINL2525M15 Резец T15K6 ТУ 2-035-892-82 PDINL2525M15 Резец T15K6 ТУ 2-035-892-82 PDINR2525M15 Резец T15K6 ТУ 2-035-892-82 035-2128-0560 Резец T14K8 ОСТ 2И10-8-84 2660-0503 Резец P6M5 ГОСТ	

Продолжение таблицы 2.4

1	2	3	4	5
			18876-73 2223-3615 Фреза Ø12, z=3 P8M3K6C ГОСТ 23248-78 Выглаживатель алмазный	

2.6. Разработка технологических операций

Рассчитаем режимы резания на 120 токарную (чистовую) операцию [2, 19].

На станке проводится обработка при установке вала в люнетах. Перехват идет последовательно двумя патронами в шпинделе слева и в контршпинделе справа. Обработка ведется по позициям получистовая, чистовая и тонкая. После этого фрезеруются два разных по типоразмеру паза. В заключении проводится выглаживание самой точной поверхности.

Расчет подробно покажем на получистовой переход. На остальные расчет по такой же методике.

Для получистового точения $t=0,24$ мм. Тогда подача $S = 0,15$ мм/об.

Скорость резания рассчитывается:

$$v = \frac{C_v}{T^m t^{x_v} S^{y_v}} \times K_v = \frac{420}{90^{0,2} \cdot 0,24^{0,15} \cdot 0,13^{0,2}} \cdot 1,2 = 321 \text{ м/мин}, \quad (2.2)$$

где $T = 90$ мин. - стойкость резца проходного; коэффициент и показатели степени равны $x_v = 0,15$; $m = 0,2$; $y_v = 0,2$; $C_v = 420$;

Частота вращения вала:

$$n = \frac{1000 \cdot 321}{\pi \cdot 86} = 409 = 1190 \text{ об/мин.}$$

Минутная подача:

$$S_{\text{МИН}} = S_0 \cdot n = 0,13 \cdot 1190 = 178 \text{ мм/мин.} \quad (2.3)$$

Определяем тангенциальную силу резания:

$$P_z = C_p \cdot t^{X_p} \cdot s^{Y_p} \cdot v^{N_p} \cdot K_p, \quad (2.4)$$

Значение степеней и коэффициентов:

P_z : $C_p=300$; $x_p=1$; $y_p=0,75$; $n_p=-0,15$; $K_{mp} = (600/750)^{0,15} = 0,967$; $K_{\phi p} = 0,89$;
 $K_{\gamma p}=1$; $K_{\lambda p}=1$; $K_{rp} =$; $K_p = 0,87$.

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,24^1 \cdot 0,13^{0,75} \cdot 321^{-0,15} \cdot 0,87 = 131 \text{ Н};$$

Определяем мощность резания, после чего сравниваем её с мощностью по паспорту станка:

$$N = P_z \cdot V / 102 \cdot 60, \quad (2.5)$$

$$N = P_z \cdot V / 102 \cdot 60 = 131 \cdot 321 / 1020 \cdot 60 = 0,7 \text{ кВт.} < 11 \text{ кВт (по паспорту станка).}$$

Для всех остальных переходов результаты сводим в таблицы 2.5-2.7.

Для токарной операции при среднесерийном производстве определяется норма времени по формуле:

$$T_{\text{ш-к}} = \frac{T_{n-3}}{n} + T_0 + \left(T_{\text{y.c.}} + T_{\text{з.о.}} + T_{\text{yn}} + T_{\text{из}} \right) \cdot k + T_{\text{мех}} + T_{\text{орг}} + T_{\text{он}}, \quad (2.6)$$

где: $T_{\text{тех}}, T_{\text{орг}}$ – составляющие времени (техническое и организационное обслуживание), мин;

$T_{\text{оп}}$ – оперативное время, мин (сумма $T_0 + T_B$).

$T_{\text{п-з}} = 20$ мин;

$$T_0 = (L_{\text{р.х.}} \cdot i) / S_{\text{мин}} = 604 \cdot 2 / 410 \cdot 0,4 = 7,4 \text{ мин}, \quad (2.7)$$

где: $n=10$ дет – программа запуска, шт.;

$k = 1,85$ – коэффициент вспомогательного время для серийного производства;

$$T_{\text{ш-к}} = \frac{T_{\text{п-з}}}{n} + T_0 + (T_{\text{у.с.}} + T_{\text{з.о.}} + T_{\text{уп}} + T_{\text{из}}) \cdot k + T_{\text{тех}} + T_{\text{орг}} + T_{\text{оп}} = \frac{20}{10} + 7,4 + 0,20 + 0,05 + 0,07 \cdot 1,85 + 0,2 + 1,088 + 5,4 = 15,7 \text{ мин}$$

Время на управление станком $T_{\text{у.л.}} = 0,02$ мин.; $T_{\text{у.с.}}$ – время на установку - снятие детали $T_{\text{у.с.}} = 0,15$ мин.; $T_{\text{з.о}}$ – время на закрепление и раскрепление заготовки; $T_{\text{з.о}} = 0,024$ мин.; $T_{\text{п.з}}$ – время измерений калибрами $T_{\text{п.з}} = 0,12$ мин.

С учетом основного времени на всех переходах штучное время на 120 операции составит:

Таблица 2.5 - Режимы резания на 120 токарной операции

Наим. переходов	Глубина резания, мм	Подача, мм/об	Скорость резания, м/мин	Обороты шпинделя, об/мин	Подача минутная, мм/мин
1	2	3	4	5	6
Точение получистовое последовательное с двух сторон	0,24	0,15	321	1190	178

Продолжение таблицы 2.5

1	2	3	4	5	6
Точение чистовое последовательное с двух сторон	0,08	0,1	395	1463	146
Фрезерование паза дисковой фрезой P6M5 B=14	6	$0,96=0,06 \cdot 16$	77	389	373
Фрезерование паза концевой фрезой P6M5 d=12	12	$0,2=0,1 \cdot 2$	85	2266	45
Точение тонкое	0,05	0,08	443	1642	131
Выглаживание	0,04	0,6	60	222	

Таблица 2.6 -Стойкость инструмента, сила резания и мощность на 120
токарной операции

Наим. переходов	Стойкость инструмента, мин	Сила тангенциальная, Н	Мощность резания, кВт
1	2	3	4
Точение получистовое последовательное с двух сторон	90	131/92/53	0,7
Точение чистовое последовательное с двух сторон	90	32/23/13	0,2
Фрезерование	60	276	0,4

Продолжение таблицы 2.6

1	2	3	4
паза дисковой фрезой P6M5 B=14			
Фрезерование паза концевой фрезой P6M5 d=12	60	2667 M _{кр} =842 Н м	3,6
Точение тонкое	90	17/12/7	0,12
Выглаживание	40	давление 0,5МПа	Сила выглаживания 158 Н

Таблица 2.7 - Определение штучного времени на 120 токарную операцию

Наим. переходов	Основное время	Вспомогательное время, мин	Время обслуживания	Время отдыха, мин
1	2	3	4	5
Точение получистовое последовательное с двух сторон	4,4+1,3	(0,07+0,06+ +7·0,04+0,06+0,12+0,17) ·1,85 = 1,41	25,8·0,05=1 ,3	25,8·0,0 2 =0,52
Точение чистовое последовательное с двух сторон	5,4+1,5			
Фрезерование паза дисковой фрезой P6M5	0,3			

Продолжение таблицы 2.7

1	2	3	4	5
B=14				
Фрезерование паза концевой фрезой P6M5 d=12	0,8			
Точение тонкое	6,1+1,7			
Выглаживание	4,3			

Окончательно время на операции составит:

$$T_{ит} = \frac{20}{10} + 25,8 + 1,41 + 1,3 + 0,52 = 31,01 \text{ мин.}$$

Для повышения эффективности всего техпроцесса выбран наиболее рациональный метод получения заготовки для данных условий обработки – прокат. Это требует при формировании геометрии детали использовать максимально производительный способы обработки. Необходимо обратить внимание на обязательность обеспечения повышенной жесткости при обтачивании. Из-за незначительной и переменной по длине вала жесткости возникает проблема формирования заданной точности при продольном точении или шлифовании. Использование стандартных неподвижных люнетов с регулируемыми опорами проверенный путь обеспечения заданной жесткости. Но для обеспечения возможностей обработки вала с минимальным количеством переустановок на операциях задействуем люнеты самоцентрирующие. Это дает возможность отказаться от центрирования по отверстиям – технологическим базам и перейти на установку

непосредственно по обрабатываемым поверхностям. За счет этого точность установки максимальная, а деформация при обработке - минимальная.

Для экономического сравнения принимаем вариант техпроцесса без виброобработки. Из-за необходимости использования много переходной обработки количество токарных операций на черновом этапе включает обдирочное точение, черновое. Перед обработкой может проводится операция термообработки – нормализация. За счет использования виброобработки, снижения остаточных напряжений необходимость в дополнительной токарной обработке устраняется. Тогда вместо операций: термической и токарной обдирочной вводится виброобработка, которая рассматривается в следующем разделе.

3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

3.1. Обзор конструкций вибрационных источников

Задача – найти и проанализировать наиболее передовые технические решения в этой области [20, 21, 24, 26].

Объект совершенствования - вибрационный способ обработки валов и устройство для его осуществления для снижения остаточных напряжений.

Вибрационный способ обработки предназначен для стабилизации геометрии маложесткой детали в межоперационный и эксплуатационный период за счет снижения остаточных напряжений в материале заготовки. Если не предусматривать технологические меры по их снижению, самопроизвольное снижение остаточных напряжений (релаксация напряжений) приведет к короблению детали и потере ее точности.

Источник вибраций (рисунок 3.1) содержит электродвигатель (не показан), который через кардан 1 соединен с приводным валом 5. Ведущий шкив 2, посредством шпонки 17 передает крутящий момент на ведомый шкив 8. Ведомый шкив 8, посаженный на вал вибратора 7, вращающийся в подшипниках 22 передает крутящий момент эксцентрикам 3 возбуждения комплексных колебаний. Причем эксцентрики 7 жестко закреплены на валу с помощью винтов 12, а эксцентрик 3 имеет возможность регулировки. За счет вращения эксцентриков создаются колебания, которые передаются на деталь через корпус 1 и прихваты 10 и 11. Деталь закрепляется винтами 19.

Применение ременной передачи позволяет в наиболее полной мере снизить массу вибратора.

Перед проведением стабилизации напряжений в заготовке определяются путем сканирования резонансные частоты. Это может быть сделано и при изгибных, крутильных или комплексных колебаниях, определяется величина необходимого возмущающего усилия. После этого

величина дебаланса выставляется поворотом эксцентриков 3. Сам источник колебаний крепят на вал.

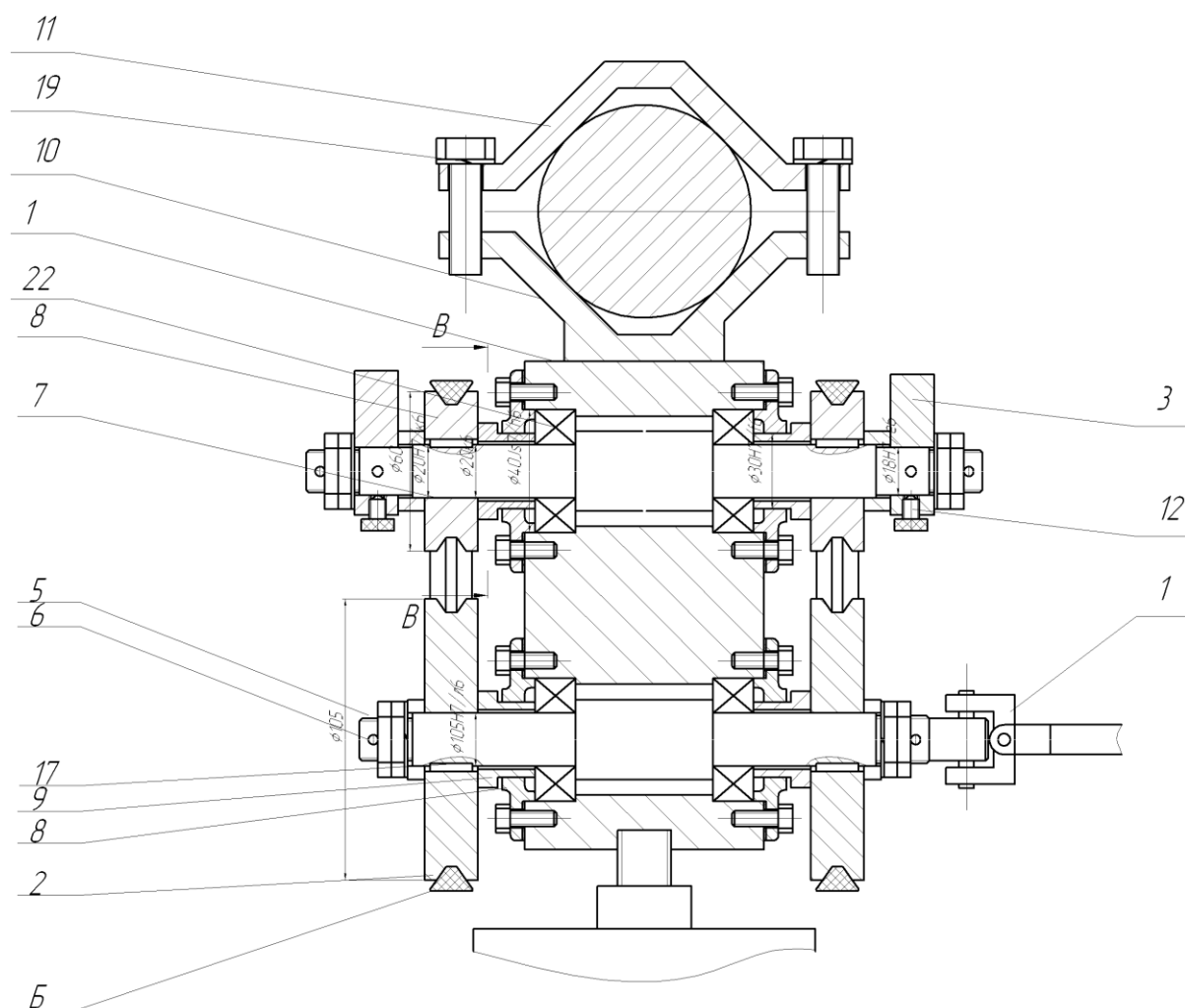


Рисунок 3.1 – Генератор колебаний двух массовый (дебалансный)

Эксцентрики могут выставляться в одном направлении. Тогда амплитуда колебаний будет максимальная на частоте вращения вала. Производится виброобработка на первых трех модах (или резонансные частоты) для изгибных колебаний. Это делается до тех пор, пока система управления не остановит процесс обработки. После этого производится регулировка вибратора так, чтобы он обеспечивал воздействие на деталь колебаниями в другом режиме (эксцентрики устанавливаются в противоположном направлении, а затем, под углом в 90°). Производится виброобработка на первых трех резонансных частотах колебаний детали. По сигналам с датчиков мощности на приводе вибратора обработку прекращают.

При этом регулировка частоты воздействия изгибными колебаниями проводится путем изменения частоты вращения приводного вала электродвигателя.

Вибрационный стенд содержит опоры 1 (лист графической части) в подвесном или напольном (см. лист) вариантах в которые устанавливается заготовка, на которую крепятся дополнительная масса 2 и источник вибраций 3. На плите 4 зафиксирован кронштейн 5 и ферма 6. В кронштейне 6 в направляющем отверстии по свободной посадке установлена продольная опора 7, на которой крепится мембрана 8, в направляющих которой винтами 9 зафиксированы кулачки. Продольная опора 7 пружинной 10 поджимается в сторону заготовки. На горизонтальных направляющих 11 и 12 крепятся опоры 1.

Вибрационный стенд работает следующим образом. Заготовка крепится в опорах 1 и кулачками поджимается к продольной опоре 7, вылет которой задается регулировочной шайбой. В соответствии с картой наладки на заготовке крепится источник вибраций и дополнительная масса 2. На источнике вибраций 3 выставляются эксцентрики (дебалансные массы) в один из трех вариантов (см. выше). Через карданный вал от электродвигателя на источник вибраций передается крутящий момент с частотой до 3000 об/мин, за счет ременной передачи повышается до 6000 об/мин. Обработка ведется за счет создания поперечных, продольных и крутильных колебаний в зависимости от относительного расположения эксцентриков. Продольная опора не гасит колебания за счет возможности продольного смещения в отверстии кронштейна, а мембрана не демпфирует (не гасит) поперечные колебания. Опоры являются упругими относительно всех возможных смещений.

Установка предназначена для вибрационного снижения уровня остаточных напряжений путем возбуждения поперечных колебаний заготовки. Заготовка устанавливается горизонтально на упругие опоры в виде прорезиненных лент, натянутых на распорки или подвешивается на

канаты. Источник вибраций жестко фиксируется на заготовке при помощи призматических зажимов. Диапазон диаметров зажимаемых валов от 40 до 90 мм.

Для наиболее эффективной обработки необходимо правильно выбирать место закрепления вибратора по длине вала, место расположения опор, частоту возмущающего воздействия и величину дисбаланса.

При виброобработке отслеживается величина силы тока на электродвигателе, которая является параметром, характеризующим нагрузку на источнике вибраций. Сила тока является функцией напряженного состояния материала заготовки, которое при виброобработке изменяется из-за релаксационных процессов. При снижении остаточных напряжений собственная частота вала снижается и, соответственно, из-за рассогласования частоты внешнего воздействия с собственной частотой вала изменяется нагрузка на двигателе. Поэтому при виброобработке необходимо постоянно подстраивать частоту воздействия с учетом изменяющейся собственной частоты заготовки. Для наиболее эффективной проработки вала он обрабатывается на 2-х гармониках (2-ой и 3-ей гармонике).

При виброобработке заготовка дополнительно проворачивается относительно плоскости действия возмущающего воздействия для равномерной проработки и релаксации по всему периметру.

При включении вибратора частоту возмущающего воздействия изменяют путем плавного ее увеличения от нуля до максимально возможной с помощью блока управления (частотного преобразователя). Определяются резонансные частоты, на которых останавливается подъем частоты воздействия. Обработка ведется до снижения на каждой из резонансных частот силы тока на 15-20%. Если снижение силы тока меньше, но ее снижение прекращается, обработку на данной частоте заканчивают. После этого плавно снижают частоту воздействия до нуля, регистрируя изменение собственных частот. При этом производят переустановку вибратора в другие

сечения при изменении частоты воздействия. На листах графической части представлена конструкция вибрационного стенда.

3.2. Проектирование установки для генерирования колебаний

Расчет клиноременной передачи: С целью обеспечения максимальной частоты вибрационного воздействия 100 Гц принимается передаточное число клиноременной передачи $U=0,5$. Таким образом, при частоте вращения вала электродвигателя $n_1=3000$ об/мин вал источника вибраций должен крутиться с частотой $n_2=6000$ об/мин. Расчеты по мощности не проводятся из-за небольших крутящих моментов. Шкив, посаженный на вал с эксцентриковыми массами: с односторонней выступающей ступицей, с одной канавкой, расчетный диаметр равен $d_p=63$ мм, цилиндрическое посадочное отверстие - $d=20$ мм. Материал: серый чугун 18-36; ГОСТ 20889-75 [3].

В качестве шкива, посаженного на входной вал источника вибраций соединенного с ротором электродвигателя для экономии массы принимаем шкив с диском и ступицей, с одной канавкой. Расчетный диаметр $d_p=125$ мм, цилиндрическое посадочное отверстие $d=20$ мм, из серого чугуна 18-36, ГОСТ 20892-75 [11].

Скорость окружная ремня при выбранных шкивах определится по формуле [3] :

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{60}, \frac{м}{с} \quad (3.1)$$

где d – наибольший расчетный диаметр шкива, м;

n – число оборотов, об/мин.

Для шкива $d_p = 125$ мм, при частоте вращения этого шкива $n = 3000$ об/мин :

$$V = \frac{3,14 \cdot 0,125 \cdot 3000}{60} = 19,62 \frac{м}{с}$$

Минимальное межосевое расстояние определим по формуле [3]

$$l_{\min} = 0,55 \cdot (d_{p1} + d_{p2}) + h \quad , \quad (3.2)$$

где: h – высота ремня. Принимаем в соответствие со скоростью и примерной длиной ремня $l = (500 \dots 600)$ мм ремень клиновой сечения V. У ремня такого сечения высота $h = 7$ мм [11]. Таким образом :

$$l_{\min} = 0,55 \cdot (63 + 125) + 7 = 110,4 \text{ мм}$$

$$l_{\max} = 2 \cdot (d_{p\delta} + d_{pM}) = 2(63 + 125) = 188 \text{ мм}$$

Определим расчетную длину ремня:

$$L_p = 2l + W + y/l \quad (3.3)$$

где

$$W = \left(\frac{d_{p\delta} + d_{pM}}{2} \right) \pi; \quad (3.4)$$

$$y = \left(\frac{d_{p\delta} - d_{pM}}{2} \right)^2. \quad (3.5)$$

Подставим значения в (3.4) и (3.5):

$$W = \left(\frac{125 + 63}{2} \right) 3,14 = 295,16$$

$$y = \left(\frac{125 - 63}{2} \right)^2 = 961$$

Подставим значения в (3.3): $L_p = 2,145 + 295,16 + 961/145 = 591,78$ мм.

По таблице 17 [3] принимаем $L = 600$ мм.

С учетом принятой длины ремня определяем окончательное межосевое расстояние:

$$l = 0,25 \left[(W - w) + \sqrt{(W - w)^2 - 8y} \right], \quad (3.6)$$

$$l = 0,25 \left[(600 - 295,16) + \sqrt{(600 - 295,16)^2 - 8 \cdot 961} \right] = 149,19 \text{ мм.}$$

Расчет подшипников качения: Давление на вал вибратора от ременной передачи рассчитаем по формуле [11]:

$$F_{\max} = 2\sigma_o F \sin \frac{\alpha}{2}, \quad (3.7)$$

где σ_o - напряжение ремня, равное по сведениям [18] $\sigma_o = 160$ МПа.

$F = 0,59 \text{ см}^2$ – площадь поперечного сечения ремня;

$\alpha = 24^\circ$ - угол между ветвями ремня.

Подставим данные в (3.7) :

$$F_{\max} = 2 \cdot 160 \cdot 0,59 \cdot \sin \frac{24^\circ}{2} = 3,92 \text{ кгс} = 39,2 \text{ Н.}$$

Найдем реакции подшипниковых опор (рисунок 3.2).

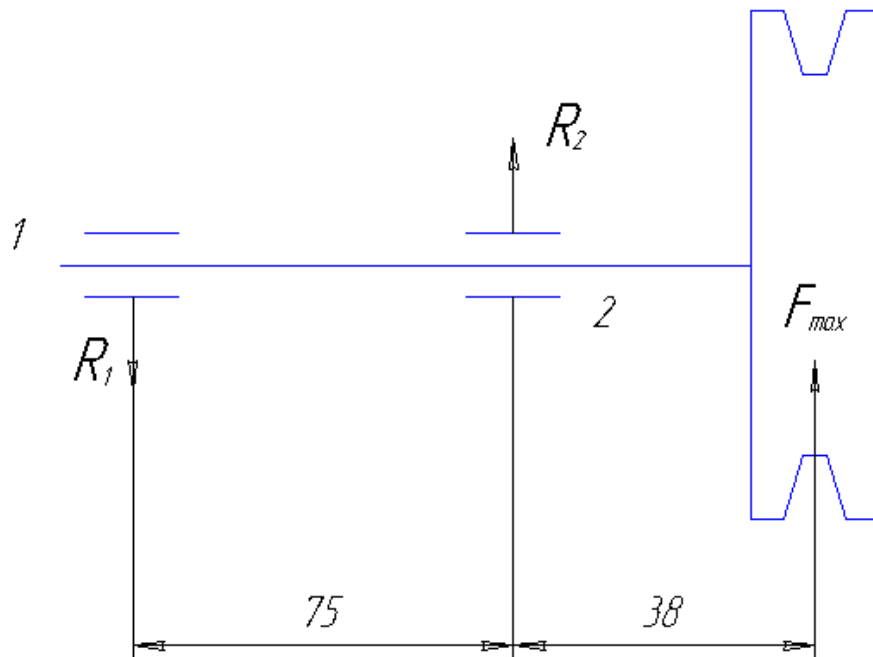


Рисунок 3.2 – Расчетная схема подшипниковых опор

$$R_1 = F_{max} \cdot \frac{38}{75} = 39,2 \cdot \frac{38}{75} = 19,86H ;$$

$$R_2 = F_{max} \cdot \frac{75+38}{75} = 39,2 \cdot \frac{75+38}{75} = 59,06H.$$

По таблице 16[11] принимаем шариковый радиально - упорный однорядный подшипник 36205. Выбор упорного подшипника обусловлен вибрационными нагрузками, действующими на вал вибратора (при вращении эксцентриков и при колебаниях вибратора могут возникнуть осевые силы).

3.3. Расчет и проектирование контрольной системы

Необходимо определить, что является выходными данными процесса релаксации остаточных напряжений.

При поглощении энергии колебаний материалом заготовки происходит его разогрев за счет теплообразования при микропластической деформации. В сечениях, где происходит максимальный разогрев, соответственно процесс снижения остаточных напряжений идет наиболее интенсивно. Для того, чтобы определить распределение температур по сечениям, необходимо

использовать комплект термопар, установленных по длине заготовки. Число датчиков должно быть равно числу узлов и пучностей колебаний, укладываемых на длине заготовки.

В процессе релаксации остаточных напряжений изменяется нагрузка на приводе вибратора из-за изменения «жесткости» материала. Данный сигнал необходимо регистрировать при помощи амперметра (изменение силы тока) или ваттметра (изменение мощности на приводе).

Поэтому контрольная система включает многоканальный регистратор сигналов от однотипных термопар, установленных через равные интервалы на заготовке и от амперметра (ваттметра).

Характеристики датчиков:

Термопара- хромель – константант, тип Е (диаметр 3,25 мм), рабочий диапазон температур (-270-870°С), выход напряжения $E=0-66,473$ мВ, погрешность $\pm 3\%$.

Амперметр – для измерения силы тока до 1,5 А;

Система контроля представлена на листе.

Процесс контроля происходит следующим образом.

Перед обработкой на заготовку вешаются термопары через интервал в 50 мм, что соответствует расположению узлов и зон пучностей для третьей гармоники (третьей собственной частоте) и равно четверти волны.

При обработке заготовки в зонах пучностей происходит наиболее интенсивный разогрев материала заготовки из-за максимальных деформаций. Датчики температуры в соответствии с расположением зон пучностей (максимальных смещений) показывают эти зоны. Датчики смещений для этих же целей использовать невозможно из-за нежесткого крепления заготовки. Регистрируя температуру совместно с нагрузкой на приводе, вырабатывают управляющий сигнал об изменении частоты вращения дисбалансов.

Разработана система для комплексной вибростабилизации – выравнивания и снижения остаточных технологических напряжений. Она

является универсальной – подходит для деталей или заготовок любой формы, конфигурации и материала. Имеет широкие технологические возможности: опоры регулируемые, можно задать любые конструктивные параметры по жесткости и демпфированию. Источник колебаний – дает возможность проводить обработку продольно-крутильными-изгибными колебаниями. Причем из-за возможности быстрой переналадки на любое место вала по длине, также как и опор, достигается равномерная проработка по всей длине.

4. БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ РАБОТЫ

4.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта

Таблица 4.1 - Паспорт технического объекта

№ п/п	Технический и/или технологический процесс	Операция технологического процесса и/или вид предлагаемых работ	Должность работающего, который будет выполнять предлагаемый технологический процесс и/или операцию	Технологическое оборудование и/или техническое приспособление, устройство	Используемые материалы и/или вещества
1	Снятие напряжений	Виброобработка	Станочник на спец. станках	Установка стационарная	сталь 31X19H9MBBT

4.2 Идентификация профессиональных рисков

Таблица 4.2 – Риски в профессиональной деятельности

№п/п	Производственная операция, технологическая операция и/или эксплуатационная операция, технологическая операция; вид предлагаемых работ	Производственный вредный и/или опасный фактор	Источник вредного производственного фактора и/или опасного производственного фактора
1	Виброобработка - вибростабилизация	Движущиеся машины и механизмы. Вибрация на рабочем месте. факторы, связанные с электрическим током	Установка, стенд, заготовка

4.3 Методы и технические средства снижения профессиональных рисков

Таблица 4.3 – Мероприятия направленные на снижение уровня опасных и вредных производственных факторов

№ п/п	Вредный производственный фактор и/или опасный производственный фактор	Технические средства защиты, организационно-технические методы частичного снижения, полного устранения вредного производственного фактора и/или опасного производственного фактора	СИЗ работающего
1	Движущиеся машины и механизмы	Указание опасной зоны - ограждение	-
2	Вибрация на рабочем месте.	Виброизоляция и демпфирование в несущих элементах	Спец.обувь, перчатки
3	Факторы, связанные с электрическим током	Периодическое обслуживание сети, заземление,	Защитные перчатки и обувь

4.4. Обеспечение пожарной и техногенной безопасности рассматриваемого технического объекта (производственно-технологических эксплуатационных и утилизационных процессов)

Таблица 4.4 – Определение характеристик пожара

№ п/п	Производственный участок и/или производственное подразделение	Используемое оборудование	Номер пожара	Опасные факторы при пожаре	Сопутствующие проявляющиеся факторы при пожаре
1	2	3	4	5	6
1	Механосборочное производство	Вибростенд	Пожары, связанные с воспламенением и горением жидкостей или плавящихся твердых веществ и материалов (В)	Пламя и искры; возгорание промасленной ветоши	Замыкание электрического напряжения на токопроводящие части технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества

Таблица 4.5 – Выбор средства пожаротушения

Средства первичного пожаротушения	Средства мобильного пожаротушения	Установки стационарного пожаротушения и/или пожаротушащие системы	Средства автоматической пожаротушения	Оборудование для пожаротушения	СИЗ для людей	Инструмент для пожаротушения (механизированный и немеханизированный)	Сигнализация, связь и оповещение при пожаре
Огнетушители, ящики с песком, пожарные краны	Пожарные автомобили и пожарные лестницы	Системы пенного пожаротушения	Технические средства оповещения и управления эвакуацией, приборы приемно-контрольные	Напорные пожарные рукава и рукавные разветвления	Самоспасатели	Лопаты, багры, ломы, топоры	Автоматические извещатели

Таблица 4.6 – Средства обеспечения пожарной безопасности

<p>Название техпроцесса, применяемого оборудования, которое входит в состав технического объекта</p>	<p>Вид предлагаемых к реализации организационных и/или организационно-технических мероприятий</p>	<p>Нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности, а также реализуемые эффекты</p>
<p>Виброобработка</p>	<p>Хранение ветоши в негоряемых ящиках; Применение плавких предохранителей или автоматов в электроустановках</p>	<p>Использование пожарной сигнализации и пожарных извещателей, противопожарные инструктажи в соответствии с графиком, обеспечение средствами пожаротушения, обеспечение безопасности проведения огневых работ Линии электроснабжения помещений зданий, сооружений и строений должны иметь устройства защитного отключения, предотвращающие возникновение пожара при неисправности электроприемников.</p>

4.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта

Таблица 4.7 – Определение экологически опасных факторов объекта

Название технического объекта и/или производствен ного техпроцесса	Структурные элементы технического объекта и/или производственн ого техпроцесса (производственн ого сооружения или производственн ого здания по функциональному назначению, операций техпроцесса, технического оборудования), а также энергетической установки, транспорта и т.п.	Экологическ ое негативное воздействие рассматривае мого технического объекта на атмосферу (опасные и вредные выбросы в воздух)	Экологическое негативное воздействие рассматриваемог о технического объекта на гидросферу (забор воды из источников водяного снабжения, сточные воды)	Экологическое негативное воздействие рассматриваемого технического объекта на литосферу (недра, почву, забор плодородной почвы, растительный покров, порча растительного покрова, землеотчуждение и образование отходов и т.д.)
Предварит ельная обработка (стабилиза ция размеров)	Вибрационный стенд	Пыль	Индустриальн ое масло	Промасленная ветошь

Таблица 4.8 – Разработанные (дополнительные и/или альтернативные) организационные и технические мероприятия для снижения антропогенного негативного воздействия

Название технического объекта	Виброобработка
Предлагаемые мероприятия для снижения негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Модернизация фильтрующих элементов в вытяжных трубах
Предлагаемые мероприятия для снижения негативного антропогенного воздействия на гидросферу	Модернизация фильтрующих элементов канализационных сетей и очистных сооружений
Предлагаемые мероприятия для снижения негативного антропогенного воздействия на литосферу	Соблюдение регламентированных процедур, связанных с отходами производства.

4.6 Выводы по разделу «Безопасность и экологичность технического объекта» выпускной квалификационной работы бакалавра

В настоящем разделе проанализирован технологический процесс изготовления вала. Выявлены опасные и вредные производственные факторы. Разработаны меры по их снижению. Разработаны меры по снижению пожарной опасности. Разработаны меры по сохранению экологии и окружающей среды.

5. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ

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

В предыдущих разделах подробно описывалось разработка технологии вибрационной стабилизации размеров маложестких валов, которая предполагает, разработка специальной установки для выполнения операции. Чтобы иметь четкое представление об обоснованности применения вибрационной стабилизации, необходимо провести экономическое сравнение рассматриваемых вариантов.

Для этого представим краткое описание существующего и предлагаемого процесса в виде таблицы 5.1.

Таблица 5.1 – Краткое описание технологических процессов изготовления инструментального шпинделя фрезерной головки по вариантам

Базовый вариант	Проектируемый вариант
<p><u>Операция токарная обдирочная</u> <u>Оборудование</u> – токарно-винторезный станок с ЧПУ, модель 16К20Ф3 <u>Оснастка</u> – люнет и патрон самоцентрирующий. $T_O = 4 \text{ мин.}; T_{\text{шт-к}} = 5,8 \text{ мин.}$</p> <p><u>Операция термическая</u> <u>Оборудование</u> – термическая печь $T_{\text{шт}} = 30 \text{ мин.}$</p>	<p><u>Операция виброобработывающая</u> <u>Оборудование</u> – установка для вибрационной стабилизации размеров (спроектированная) <u>Оснастка</u> – специальное приспособление (спроектированное) $T_O = 10 \text{ мин.}; T_{\text{шт-к}} = 12 \text{ мин.}$</p>

В дополнение описанных изменений, для обоснования эффективности необходима информация о программе выпуска, которая составляет 800 штук.

Используя исходные данные и методику расчета капитальных вложений [9], определим величину инвестиций в проектируемый вариант. Величина необходимых для осуществления предлагаемых внедрений составит 322166,99 руб. Указанная сумма необходима для внедрения описанного процесса с учетом разработки установки для вибрационной стабилизации, начиная с момента возникновения идеи до полной ее реализации.

Используя методику определения себестоимости и калькуляции себестоимости [9] получим значения полной себестоимости изделия до и после внедрения изменений, которые составили 487,45 руб. и 161,59 руб., соответственно.

Для большей наглядности продемонстрируем изменения по структуре полной себестоимости в виде диаграммы, описывающей расходы по статьям для рассматриваемых вариантов (рис. 5.1).

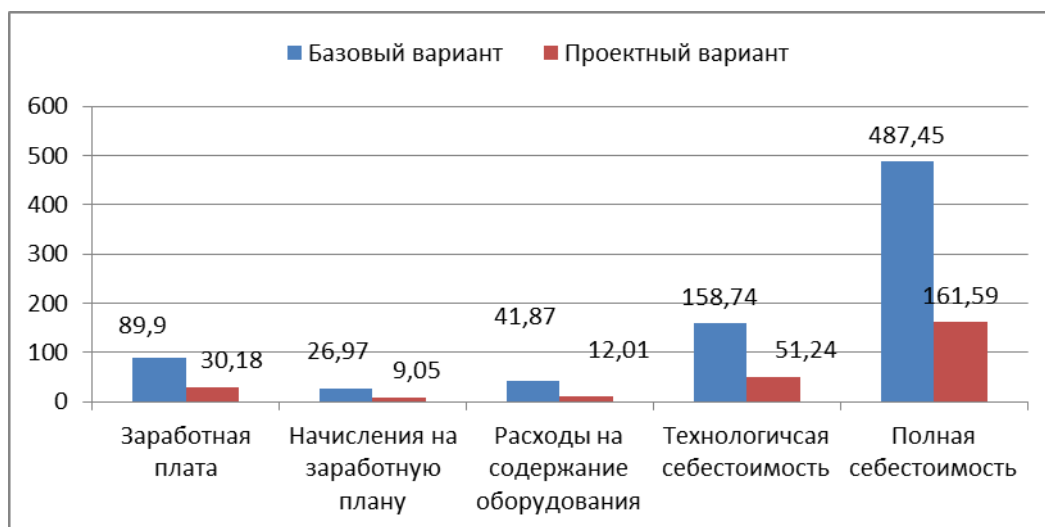


Рисунок 5.1 – Структура технологической себестоимости и величина полной себестоимости, руб.

Как видно из диаграммы, все величины, входящие в технологическую и полную себестоимости имеют тенденцию к уменьшению, при сравнении базового варианта и проектируемого. Такое изменение позволяет сделать предварительное заключение об эффективности предложений.

Для окончательного получения ответа на вопрос об эффективности проекта, необходимо воспользоваться методикой расчета показателей экономической эффективности [9]. В основу этой методики положены полученные значения полной себестоимости, представленные в рис. 5.1.

Согласно перечисленным параметрам можно рассчитать целый ряд показателей, которые позволят сделать окончательный вывод об эффективности, представленных в работе, мероприятий. Все значения, которые получены в результате проведенного расчета, представлены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Результаты расчетов показателей эффективности

№	Наименование показателей	Условное обозначение, единица измерения	Значение показателей	
			Вариант 1	Вариант 2
1	Чистая прибыль	$P_{\text{чист}}, \text{руб.}$	208550,4	
2	Срок окупаемости инвестиций	$T_{\text{ок}}, \text{лет}$	3	
3	Общий дисконтированный доход	$D_{\text{общдиск}}, \text{руб.}$	378727,53	
4	Интегральный экономический эффект	$E_{\text{инт}} = \text{ЧДД}, \text{руб.}$	56560,54	
5	Индекс доходности	$ИД, \text{руб.} / \text{руб.}$	1,18	

Анализируя данные, представленные в таблице 5.2., можно сделать заключение о том, что разработка технологии горячей правки валов изгибом является эффективной. Об этом свидетельствуют значения, полученные расчетным путем.

Во-первых, величина интегрального экономического эффекта, равная 56560,54 руб., является положительной, что говорит об эффективности изменений, т.к. это обязательное условие при определении обоснованности внедрения мероприятия.

Во-вторых, инвестиции в процесс окупятся в течение 3-х лет. Для капиталовложений в машиностроительное производство такой срок является несущественным, т.е. весьма коротким.

И наконец, в-третьих, индекс доходности составляет 1,18 руб./руб., и находится в соответствующем интервале эффективных значений от 1,12 до 1,25. Это позволяет говорить о том, что каждый вложенный рубль в этот процесс замены принесет предприятию не только возврат вложенных средств, но и дополнительную прибыль. Все вышеперечисленные значения дают нам право сделать окончательное заключение об эффективности предложенных изменений, они эффективны.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В представленной работе разработан технологический процесс изготовления вала. Главной особенностью процесса является использование вибрационной обработки. Она используется для снижения и выравнивания остаточных технологических напряжений, что положительно сказывается на стабильности размеров вала. Это позволяет сократить количество механических операций и термообработок.

Установка характеризуется универсальностью технологического применения. Она имеет возможность перенастраиваться под различные по длине валы. Опоры могут быть напольные или подвесные, причем с переменными по конструктивным параметрам (и жесткости и демпфированию). Это позволяет формировать разнообразный частотный режим-настройку для различных типоразмеров валов. Для валов, имеющих различные длину и диаметр, отличаются собственные частоты. Как было указано, более выгодно прорабатывать вал на резонансной частоте для создания максимальных прогибов и более эффективной проработки вала. Сам источник колебаний регулируемый достаточно просто за счет частотного преобразователя. Причем настройкой положением фиксации дебалансов можно задавать формы колебаний. Они могут быть чисто изгибными или комплексными (продольно-крутильными, поперечно-крутильными и т.д.). Это создает предпосылки для максимально полной проработки заготовки, что будет сказываться положительно на короблении вала в эксплуатационный период.

Также выполнены все типовые технологические расчеты по проектированию техпроцесса. Использование вибрационной стабилизации является ключевой операцией с точки зрения обеспечения размерной стабильности вала в послеоперационной период.

Конструкторские требования по геометрии и качеству обеспечиваются за счет рационального выбора вида заготовки и методов обработки, правильного подбора технологического оборудования для высококонцентрированной обработки комплексно на операциях мехобработки.

Как и требуется по типовой методике все расчеты обеспечены разработанными мероприятиями по обеспечению экологичности и безопасности, а также расчету экономической эффективности. Все расчеты сведены в технологическую документацию и на графическую часть.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антонюк В.Е. Конструктору станочных приспособлений: Справочник / В.Е. Антонюк. – МН: Беларусь, 1991, 400 с.
2. Барановский, Ю.В. Режимы резания металлов. Справочник / Ю.В. Барановский. - Изд. 3-е, перераб. и доп. - М., Машиностроение, 1995 г., 320 с.
3. Белоусов, А.П. Проектирование станочных приспособлений: Учеб пособие для учащихся техникумов. / А.П. Белоусов.; 3-е изд., перераб. И доп. – М.: Высш.школа, 1980, 240 с
4. Вардашкин Б.Н. Станочные приспособления: Справочник. В 2-х т. Т.1/ Б.Н. Вардашкин [и др.]. – М.: Машиностроение, 1984. – 604с.
5. Горина, Л.Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве. Учеб. Пособие. / Л.Н. Горина, - Тольятти, 2016, 68 с.
6. Горохов В.А. Проектирование и расчет приспособлений/В.А.Горохов – Мн.: Высш. школа, 1986. – 238с.
7. Дьячков В.Б. Специальные металлорежущие станки общемашиностроительного применения:Справочник/В.Б. Дьячков[и др.] - М.: Машиностроение, 1983. – 288с.
8. Безъязычный, В.Ф. Основы технологии машиностроения. М.:Машиностроение, 2013. - 598 с.
9. 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.
10. Кирсанов Г.Н. Руководство по курсовому проектированию металлорежущих инструментов. / Г.Н. Кирсанов. – М.: Машиностроение, 1986. – 288с.

11. Корсаков В.С. Основы конструирования приспособлений./ В.С. Корсаков. - М.: Машиностроение, 1983. - 277с.
12. Михайлов А.В., Расторгуев Д.А. Основы проектирования технологических процессов механосборочного производства/ А.В. Михайлов, Д.А. Расторгуев. - Тольятти: ТГУ, 2003. – 160 с.
13. Обработка металлов резанием: Справочник технолога. / А.А. Панов [и др.]; под общ. ред. А.А. Панова, 2-е изд., перераб. И доп. – М.: Машиностроение, 2005 – 784 с.
14. Орлов П.Н. Краткий справочник металлиста./ П.Н. Орлов – М.: Машиностроение, 1987. – 960с.
15. Расторгуев Д. А. Разработка плана изготовления деталей машин: учебно - методическое пособие/Д. А. Расторгуев; ТГУ; кафедра "ОиТМП".- ТГУ. -Тольятти: ТГУ, 2013. - 51 с.
16. Расторгуев Д. А. Проектирование технологических операций: электронное учебно - методическое пособие /Д. А. Расторгуев; ТГУ; ; кафедра "ОиТМП".- Тольятти: ТГУ, 2015. -140 с.
17. Справочник контролера машиностроительного завода : допуски, посадки, линейн. измерения / А. Н. Виноградов [и др.] ; под ред. А. И. Якушева. – М.: Машиностроение, 1980. - 527 с.
18. Справочник технолога - машиностроителя. В 2-х кн. Кн. 1/ А.Г. Косилова [и др.]; под ред. А.М. Дальского [и др.]; - 5-е изд., перераб. и доп. - М: Машиностроение-1, 2001 г., 912 с.
19. Справочник технолога - машиностроителя. В 2-х кн. Кн. 2/ А.Г. Косилова [и др.]; под ред. А.М. Дальского [и др.]; - 5-е изд., перераб. и доп. - М: Машиностроение-1, 2001 г., 944 с
20. Технология машиностроения: учебник/А. Н. Ковшов. - Изд. 3-е, стер. - Санкт-Петербург: Лань, 2016. - 320 с.
21. Технология машиностроения: учебник/А. А. Маталин.- Изд. 4-е, стер. - Санкт-Петербург: Лань, 2016. - 512 с.

22. Технология машиностроения: курсовое проектирование: учебное пособие/М. М. Кане [и др.]; под ред. М. М. Кане, В. Г. Шелег. - Минск: Высшая школа, 2013. - 311 с.
23. Технология машиностроения: учеб. пособие/И. С. Иванов. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва: ИНФРА-М, 2016. - 240 с.
24. Суслов, А.Г. Научно-технические технологии в машиностроении /А.Г. Суслов [и др.]. -М.:Машиностроение, 2012. - 528 с.
25. Технологическая оснастка : вопросы и ответы [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов / Н. П. Косов, А. Н. Исаев, А. Г. Схиртладзе. - Москва : Машиностроение, 2007. - 304 с.
26. Ящерицин П.И. Основы резания материалов и режущий инструмент: [Учебник для машиностроительных и спец. вузов]/ П.И. Ящерицин [и др.]. – Мн: Высшая школа, 1981 – 560 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<u>Документация</u>						
A1			17.БР.ОТМП.45.65.000.СБ	Установка для виброобработки	1	
<u>Сборочные единицы</u>						
	1		17.БР.ОТМП.45.65.100.	Опора	2	
	2		17.БР.ОТМП.45.65.200.	Регулируемая опора	1	
	3		17.БР.ОТМП.45.65.300.	Источник вибраций	1	
	4		17.БР.ОТМП.45.65.400.	Рама	1	
<u>Детали</u>						
	5		17.БР.ОТМП.45.65.005.	Стойка	1	
	6		17.БР.ОТМП.45.65.006.	Стойка	2	
	7		17.БР.ОТМП.45.65.007.	Захват	1	
	8		17.БР.ОТМП.45.65.008.	Кольцо	1	
	9		17.БР.ОТМП.45.65.009.	Винт зажимной	1	
	10		17.БР.ОТМП.45.65.010.	Пружина	1	
	11		17.БР.ОТМП.45.65.011.	Балка	1	
	12		17.БР.ОТМП.45.65.012.	Ремни	2	
	13		17.БР.ОТМП.45.65.013.	Кольцо	1	
	14		17.БР.ОТМП.45.65.014.	Шайба	1	
			17.БР.ОТМП.45.65.000.СП.			
						Лист
						Лист
						Листов
						1
			Установка для виброобработки			ТГУ ТМдз-1231
			Копировал			Формат А4

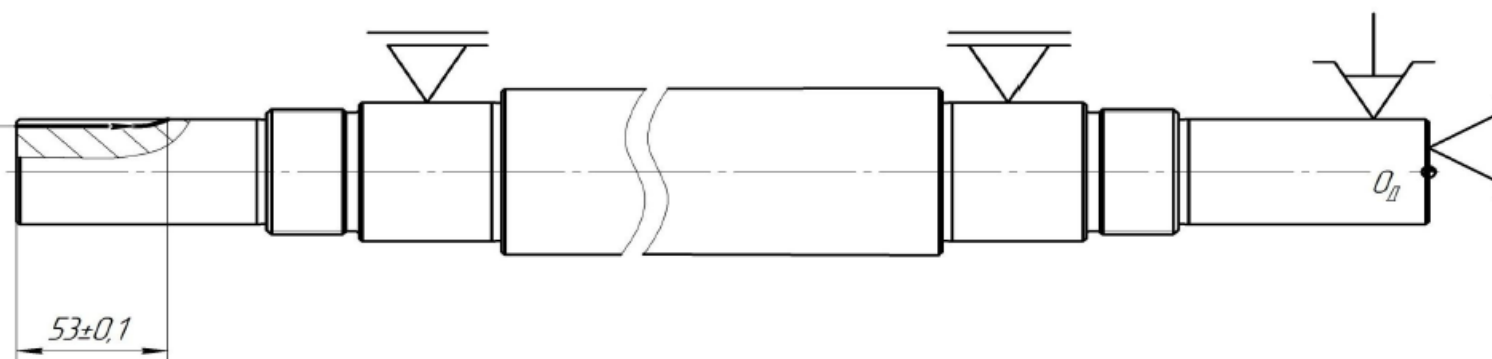
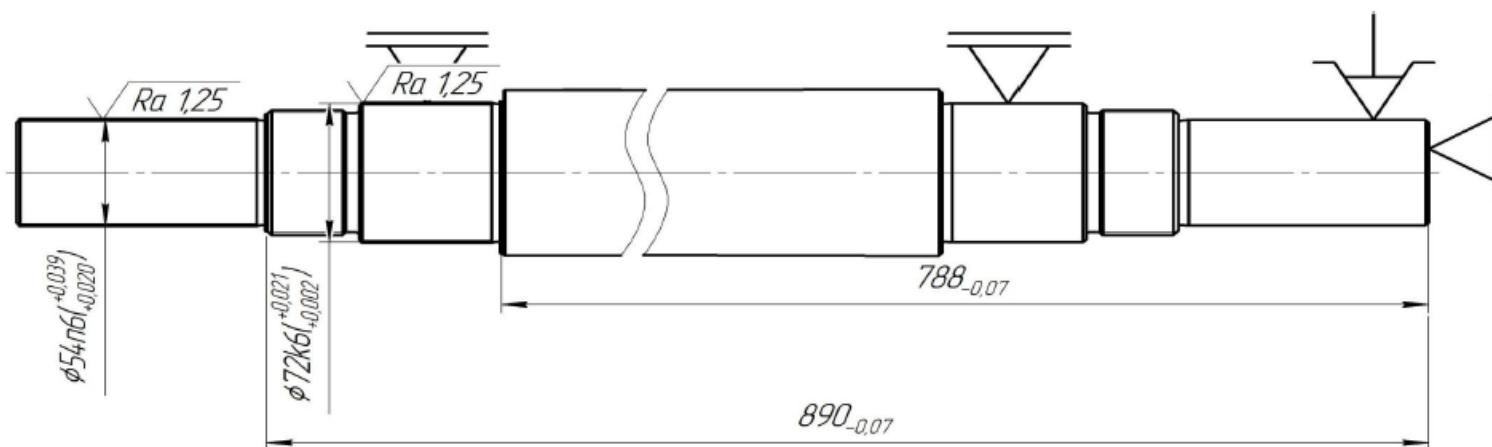
Дубл.																
Взам.																
Годл.																
													2			
													Вал			
A	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции					Обозначение документа						
B	Код, наименование оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КЮИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала					Обозначение, код					ОПТ	ЕВ	ЕН	КИ	Н. расх.	
A01	Радиально-сверлильный 2М55															
B02	1 1 1															
A03	080 4233 Токарная с ЧПУ															
B04	Токарный центр Мазак 100-IV 1 1 1															
A05	090 5000 Термическая обработка															
B06	1 1 1															
A07	100 4233 Токарная с ЧПУ															
B08	Токарный центр Мазак 100-IV 1 1 1															
A09	110 5000 Термическая обработка															
B10	1 1 1															
A11	120 4233 Токарная с ЧПУ															
B12	Токарный центр Мазак 100-IV 1 1 1															
A13	130 0108 Слесарная															
B14	1 1 1															
A15	140 0180 Маркирование															
B16	1 1 1															
A17	150 0125 Промывка															
МК	Маршрутная карта												3			

Дубл.													
Взам.													
Полл.													
										4	1		
Разраб.	Семькин А.В.												
Проверил	Расторгуев Д.А.												
Утвердил	Логинов Н.Ю.												
Н. контр.	Виткалов В.Г.											060	
					Вал								
	Наименование операции	Материал			Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры		МЗ	КОИД		
	Токарная с ЧПУ	Материал 31Х19Н9МВБТ ГОСТ 5632-7				кг	32	98x1000			1		
	Оборудование, устройство ЧПУ	Обозначение программы			То	Тв	Т пз.	Тшт.	СОЖ				
	Токарный центр Мазак 100-IV				25,8	1,41	20	31					
P		ПИ	D или B		L	t	l	s	n	v			
O01	1. Установить деталь												
O02	2. Точить заготовку окончательн	1	72,1	172	0,24	1	0,15	1190	321				
T03	PDINL2525M15 Резец Т30К4 ТУ 2-035-892-82												
T04													
O05	3. Точить заготовку окончательн	2	72	172	0,08	1	0,1	1463	395				
T06	PDINL2525M15 Резец Т30К4 ТУ 2-035-892-82												
O07	4. Фрезеровать паз	3	14	106	6	1	0,96	389	77				
O08	Фреза дисковая 2240-0387 T15K6 ГОСТ 3755-78												
O09	5. Фрезеровать паз												
T10	2223-3615 Фреза $\pm 12, z=3$ P8M3K6C ГОСТ 23248-78		4	12	30	12	1	0,2	2266	85			
O11	6. Выглаживать												
T12	Устройство для алмазного выглаживания		5	86	750	0,04	1	0,6	222	60			
13													
OK	Операционная карта											8	

Дубл.			
Взам.			
Тюбл.			

Ван

060

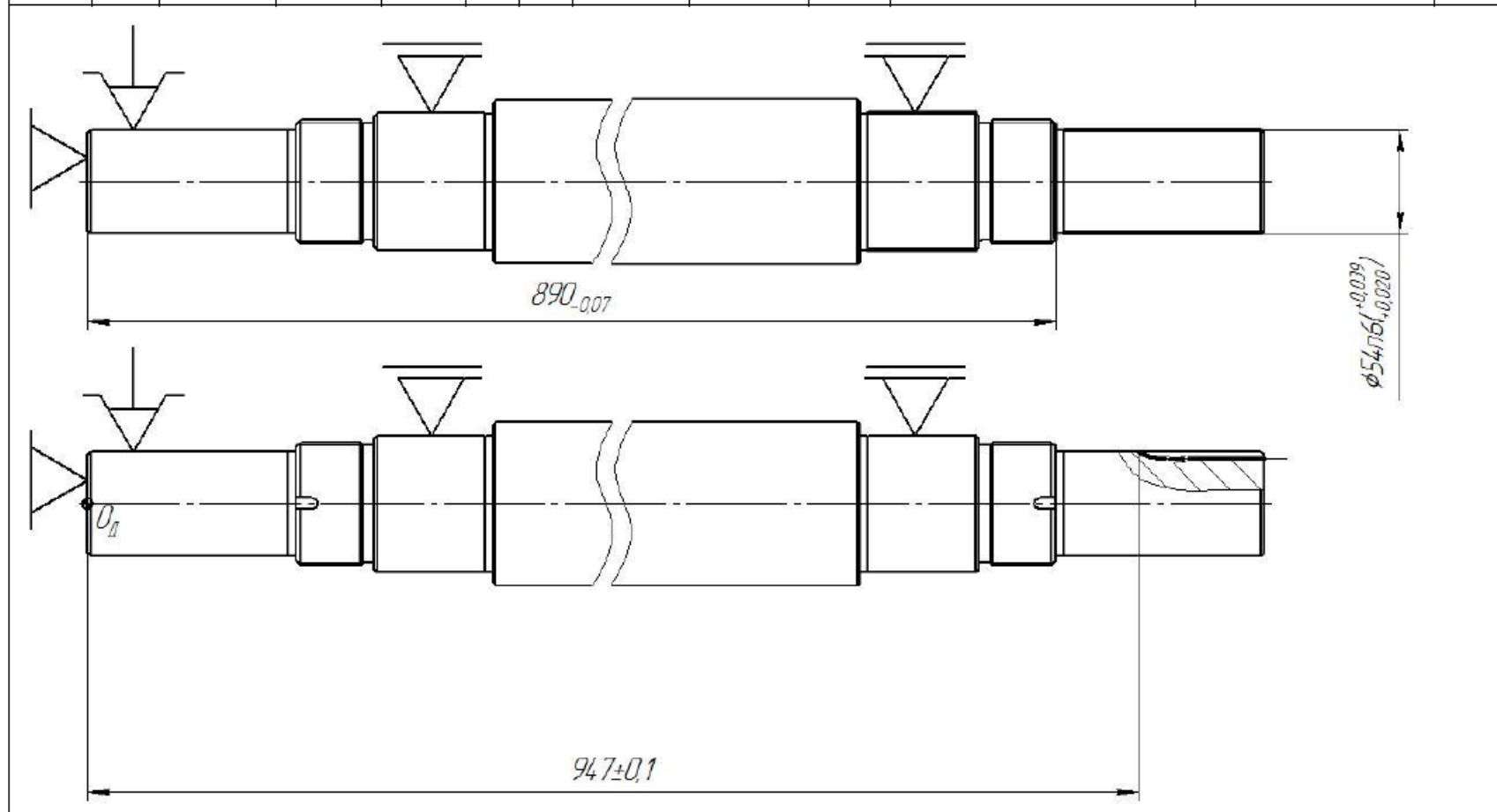


КЭ

Карта эскизов

Дубл.																				
Взам.																				
Подл.																				

																		Вал	060
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	-----



КЭ	Карта эскизов	
----	---------------	--

