

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)
15.03.01 «Машиностроение»
 (код и наименование направления подготовки)
Технологии, оборудование и автоматизация
машиностроительных производств
 (профиль)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему **Проектирование стапеля для термосиловой обработки маложесткого ступенчатого вала**

Студент	С.А.Савельев _____	_____
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)
Руководитель	Д.А.Расторгуев _____	_____
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)
Консультанты	И.В.Дерябин _____	_____
	(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 15.03.01 «Машиностроение»

профиль «Технологии, оборудование и автоматизация
машиностроительных производств»

Студент Савельев Сергей Анатольевич гр. МСбз-1202

1. Тема Проектирование стапеля для термосиловой обработки маложесткого ступенчатого вала

2. Срок сдачи студентом законченной выпускной квалификационной работы «09» июня 2017 г.

3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе __чертеж детали, годовой объем выпуска 400 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 Савельев Сергей Анатольевич

По теме Проектирование стапеля для термосиловой обработки малоожесткого ступенчатого вала

Наименование раздела работы	Плановый срок выполнения раздела	Фактический срок выполнения раздела	Отметка о выполнении	Подпись руководителя
<i>Описание исходных данных</i>	01.02.2017	26.01.2017	сделано	
<i>Технологическая часть работы</i>	01.04.2017	01.04.2017	сделано	
<i>Проектирование приспособления</i>	01.05.2017	30.04.2017	сделано	
<i>Безопасность и экологичность работы</i>	15.05.2017	10.05.2017	сделано	
<i>Экономическая эффективность работы</i>	15.05.2017	13.05.2017	сделано	

Руководитель выпускной
квалификационной работы

(подпись)

Д.А.Расторгуев
(И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению

(подпись)

С.А.Савельев
(И.О. Фамилия)

Аннотация

Савельев С.А. Проектирование стапеля для термосиловой обработки маложесткого ступенчатого вала. Выпускная квалификационная работа. Тольятти, Государственный университет, 2017 год. – 54 с.

В работе проведен расчет установки для термосиловой обработки. Способ характеризуется большими температурными и силовыми воздействиями на заготовку за пределом текучести. Для эффективной обработки детали – вала, стапель должен выдерживать эти воздействия без потери работоспособности. Приведены расчеты для конкретной детали и дается пример использования установки в технологическом процессе изготовления.

Содержание

Введение.....	6
1. Описание исходных данных	7
2. Технологическая часть работы	13
3. Проектирование приспособления.....	26
4. Безопасность и экологичность работы.....	36
5. Экономическая эффективность работы	42
Заключение	46
Список используемой литературы	47
Приложения	49

ВВЕДЕНИЕ

Для повышения конкурентной способности производства необходимо совершенствовать технологии изготовления деталей машин. Маложесткие валы, номенклатура которых очень большая (штоки грузоподъемных устройств, валы судовые и роторы химических аппаратов, трубы и бурильные установки нефтедобывающих установок, стержни атомных реакторов и т.д.). Основная проблема при их изготовлении – сохранить точность после изготовления. Из-за малой жесткости деталей при самых незначительных перепадах остаточных напряжений возникает коробление. Эти перепады возникают из-за неравномерности свойств материала, погрешности обработки. Для сохранения точности предлагается способ термосиловой обработки, который заключается в растяжении детали за пределом текучести для формирования в заготовке остаточных деформаций при ее одновременном нагреве. Нагрев позволяет снизить предел текучести материала и нагрузки при растяжении, снизить наклеп при растяжении, сформировать равновесную структуру. Необходимо правильно спроектировать стапель для термосиловой обработки, чтобы он сохранял свою работоспособность при нагружении.

Термосиловая обработка даст возможность сформировать геометрию вала при обеспечении заданной картины распределения технологических напряжений, сформированных на различных стадиях технологического процесса изготовления вала.

1. ОПИСАНИЕ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

1.1. Анализ служебного назначения

Вал работает в насосе для перекачки агрессивных сред. Он устанавливается в подшипниках. На шейки со шпоночными пазами устанавливаются зубчатые колеса. На тонком конце вала зубчатое колесо крепится гайкой. На противоположном конце зубчатое колесо напрессовывается.

Вал - входной. Присоединяется к двигателю, поэтому работает при частоте вращения 3600 об/мин.

Все поверхности вала выполняют свои функции. Самые главные – исполнительные, для передачи крутящего момента: шпоночные пазы.

Самые точные: шейки и торцы для установки самого вала – основная конструкторская база.

Для присоединения зубчатых колес, шпонок, гайки – вспомогательная конструкторская база.

Все оставшиеся – свободные. В соответствии с назначением поверхности имеют технические требования, которые приведены в таблице 1.1, а сведения о самих поверхностях систематизированы на рисунке 1.1.

1.2. Анализ технологичности детали

Материал детали – сталь аустенитная 12X18H12T ГОСТ 5632-72 [1]. Она относится к классу нержавеющей коррозионно-стойких сталей. Химический состав следующий: содержание углерода 0,12%, хрома 17-19%, никеля 11-13%, кремния 0,8%, марганца 2%, титана 0,7%, сера 0,02%, фосфор 0,035%, медь 0,3%.

Физические свойства стали:

Предел прочности $\sigma_B=550-640$ МПа;

Предел текучести $\sigma_T=195$ МПа;

Твердость 240-260 НВ.

Для обработки быстрорежущим инструментом коэффициент обрабатываемости $K_v=0,35$; коэффициент обрабатываемости для твердосплавного инструмента $K_v=0,85$.

Общий квалитет для вала 13. Этот квалитет точности у исходной заготовки сразу обеспечить с учетом размеров и материала нельзя. Для всех без исключения поверхностей требуется механическая обработка.

Для установки вала на операциях используются или центровые отверстия, которые необходимо специально сверлить, или непосредственно цилиндрические шейки.

Вал является длинным (708 мм) с небольшим диаметром (средний диаметр 67 мм). По отношению $708/67=10,5$ он относится к категории маложестких. Это требует особых технологических приемов при его изготовлении:

Использование дополнительных опор – люнетов;

Транспортировка и хранение в вертикальном положении;

Особое внимание – термическим операциям (снизить коробление, стабилизировать структуру).

В целом, учитывая конструктивные особенности, шероховатость и материал (труднообрабатываемый, вязкий) вал является нетехнологичным.

Таблица 1.1 - Требования к валу

№по в.	Назнач ения	Тип пов.	Габар итные разме ры, мм	Точно сть (квал итет)	Вид погрешн ости	Допуск , мм	Шерох оватост ь, Ra
1	2	3	4	6	7	8	10
1	С	П	708	13			6,3
2	С	Ф	5	13			12,5
3	ВКБ	ЦН	60	6	биение. Цилинд.	0,015 0,006	0,63
4	И, ВКБ	Ф	20	9	Симметр. Парал.	0,02 0,01	3,2
5	ВКБ	П	50	14			12,5
6	С	Ф	1	13			6,3
7	ОКБ	ЦН	62	6	цилинд.	0,006	0,63
8	С	Ф	215	13			6,3
9	ОКБ	П	15	13	Перпен.	0,012	1,25
10	С	Ф	5	13			6,3
11	ВКБ	ЦН	75	6	биение. Цилинд.	0,015 0,006	0,63
13	И, ВКБ	Ф	14	9	Симметр. Парал.	0,02 0,01	3,2
14	ВКБ	П	66	14			6,3
15	ВКБ	П	255	13			1,25
16	С	Ф	2,5	13			6,3
17	С	ЦН	95	13			6,3
18	ОКБ	П	36	13			1,25

Продолжение таблицы 1.1

1	2	3	4	6	7	8	10
19	С	ЦН	2,5	13			6,3
20	ОКБ	ЦН	54	6	биение. Цилинд.	0,015 0,006	0,63
21	С		312	13			6,3
22	ВКБ	ЦН	60	6	биение. Цилинд.	0,015 0,006	0,63
23	С	Ф	2,5	13			6,3
24	С	ЦН	63	13			6,3
25	ВКБ	ЦН	50	6	биение. Цилинд.	0,015 0,006	0,63
26	ВКБ	П	44	14			6,3
27	И, ВКБ	Ф	15	9	Симметр. Парал.	0,02 0,01	3,2
28	С	Ф	2,5	13			6,3
29	С	ЦН	34	13			6,3
30	С	П	50	13			6,3
31	ВКБ	Р	40	-			3,2
32	С	Ф	2,5	13			6,3
33	С	П	708	13			6,3

Вал отличается повышенными требованиями в плане допусков расположения и формы, которые как раз будет для такой детали обеспечить. Он относится к валам ступенчатой формы, причем ступенчатость ассиметрична, что приводит к неодинаковым условиям обработки на разных установках. При переустановке будет меняться конструктивная жесткость технологической схемы установки, а это будет приводить к различной погрешности на одном и том же этапе. Поэтому

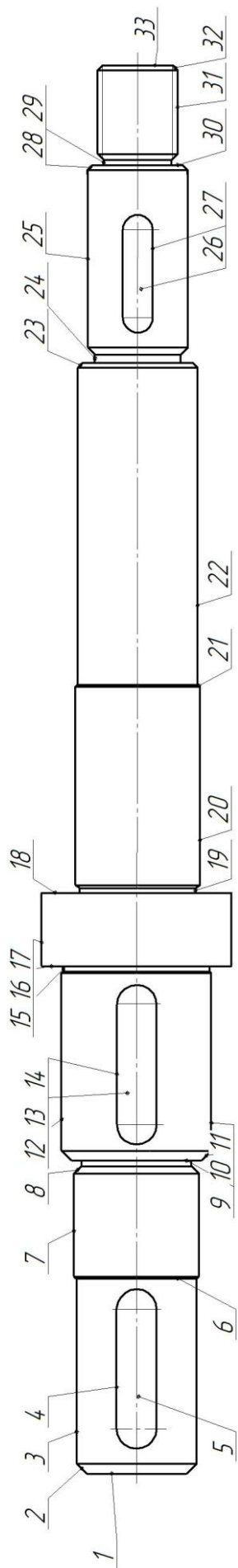


Рисунок 1.1 - Эскиз вала

равномерность физико-механических параметров, также как и припусков по длине и в поперечном сечении является задачей первоочередной при изготовлении вала. Для этого необходимо выбрать минимально необходимые переходы, подобрать станки для резания и соответствующее оснащение. Приоритет имеет высокопроизводительное автоматизированное оборудование современной компоновки, которое дает возможность обеспечить полный цикл обработки на одном станке.

2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ РАБОТЫ

2.1 Выбор типа производства и стратегии разработки ТП

Для выбранного с учетом массы вала ($m=23$ кг) и годовому объему выпуска $N=400$ валов в год типа производства – мелкосерийного определим размер периодического запуска вала n_3 в производство [21]:

$$n_3=(N \cdot a)/254=(400 \cdot 12)/254=19 \text{ валов.}$$

где: a – периодичность запуска партии валов (принимается 12 дней);

254 – принятое число рабочих дней в году.

2.2 Выбор и проектирование заготовки

Деталь относится к классу малоожестких. Конструктивно она многоступенчатая, причем разница диаметров значительная: максимальная разница

$$(d_{\max}-d_{\min})=90-40=22,5 \text{ мм} \quad (2.1)$$

Для такой детали способ получения заготовки выберем поковку или штамповку.

Для проектирования заготовки необходимо назначить припуски для обработки поверхностей заготовки. Они принимаются по таблице из [16].

2.3 Расчет припуска

Расчетно-аналитическим способом рассчитаем припуск на самую точную поверхность $\text{Ø}62\text{k}6$ [17]. Результаты расчета на рисунке 2.1 и в таблице 2.1.

На все поверхности назначаются припуски и допуски по ГОСТ 7507-89 на штамповки. Способ получения – штамповка на ГKM нормальной точности.

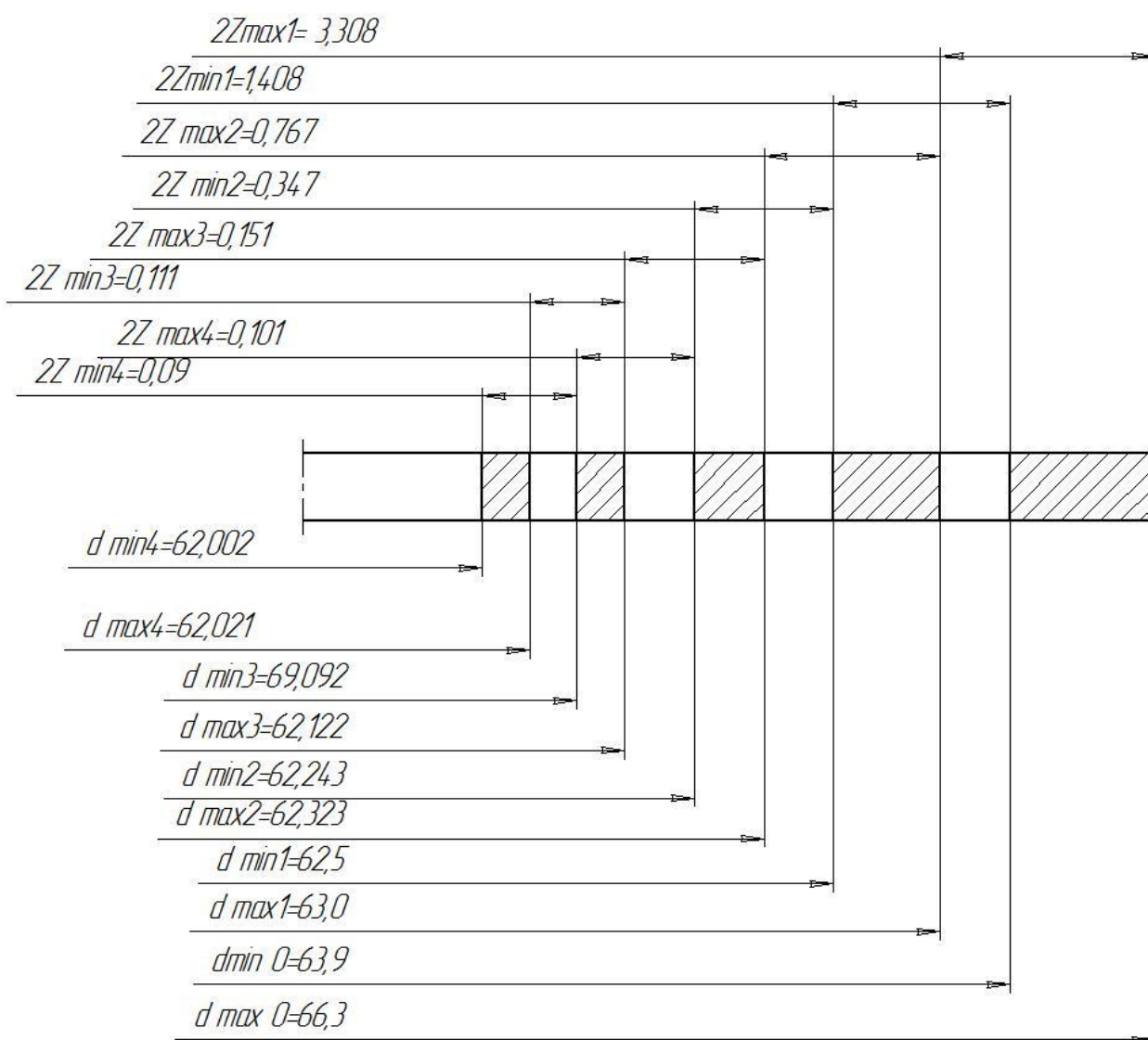


Рисунок 2.1 - Припуски и размеры на $\text{Ø}62\text{k}6$

Результат определения припуска указан в таблице 2.1. Все припуски и размеры указаны на рисунке 2.1. Масса заготовки 32,8 кг.

Таблица 2.1 Припуски для обработки пов. $\varnothing 62k6 \begin{matrix} \text{0,021} \\ \text{0,002} \end{matrix}$

Маршрут обработки	Квалитеты/ допуск	Составляющие элементы припуска, мм				Припуски, мм		Предельные размеры, мм	
		h	Rz	ρ	ε_y	Z _{min}	Z _{max}	D _{min}	D _{max}
Заготовка(штамповка)	15/2,4	0,3	0,1	0,3	-	-	-	63,9	66,3
Точение черновое	11/0,5	0,1	0,05	0,05	0,05	1,408	3,308	62,5	62,0
Точение чистовое	9/0,08	0,05	0,01	0,015	0,015	0,347	0,767	62,243	62,32
Шлифование черновое	8/0,03	0,03	0,005	0,01	0,01	0,151	0,111	69,092	62,122
Шлифование чистовое	6/0,019	0,02	0,002	0,006	0,006	0,09	0,101	62,002	62,021

По техническим требованиям (таблица 1.1) определим последовательность методов обработки поверхностей [16] таблица 2.2.

Таблица 2.2 - Технологический маршрут обработки элементарных поверхностей

№по в.	Шероховатость, Ra	Точность (квалитет)	Габаритные размеры, мм	Последовательность обработки
1	2	3	4	5
1	6,3	13	708	Фрезерование
2	12,5	13	5	Об _{чер} , Об _{чист}
3	0,63	6	60	Об _{чер} , Об _{чист.} , ТО, Ш _{черн} , Ш _{чист}
4	3,2	9	20	Фрез-е
5	12,5	14	50	Фрезерование
6	6,3	13	1	Об _{чер} , Об _{чист.} , ТО
7	0,63	6	62	Об _{чер} , Об _{чист.} , ТО, Ш _{черн} , Ш _{чист}
8	6,3	13	215	Об _{чер} , Об _{чист.} , ТО
9	1,25	13	15	Об _{чер} , Об _{чист.} , ТО, Ш _{черн} , Ш _{чист}
10	6,3	13	5	Об _{чер} , Об _{чист.} , ТО
11	0,63	6	75	Об _{чер} , Об _{чист.} , ТО, Ш _{черн} , Ш _{чист}
13	3,2	9	14	Фрезерование
14	6,3	14	66	Фрезерование
15	1,25	13	255	Об _{чер} , Об _{чист.} , ТО, Ш _{черн}
16	6,3	13	2,5	Об _{чер} , Об _{чист.} , ТО
17	6,3	13	95	Об _{чер} , Об _{чист.} , ТО

Продолжение таблицы 2.2

1	2	3	4	5
18	1,25	13	36	Об _{чер} , Об _{чист.} , ТО, Ш _{черн}
19	6,3	13	2,5	Об _{чер} , Об _{чист.} , ТО
20	0,63	6	54	Об _{чер} , Об _{чист.} , ТО, Ш _{черн} , Ш _{чист}
21	6,3	13	312	Об _{чер} , Об _{чист.} , ТО
22	0,63	6	60	Об _{чер} , Об _{чист.} , ТО, Ш _{черн} , Ш _{чист}
23	6,3	13	2,5	Об _{чер} , Об _{чист.} , ТО
24	6,3	13	63	Об _{чер} , Об _{чист.} , ТО
25	0,63	6	50	Об _{чер} , Об _{чист.} , ТО, Ш _{черн} , Ш _{чист}
26	6,3	14	44	Фрезерование
27	3,2	9	15	Фрезерование
28	6,3	13	2,5	Об _{чер} , Об _{чист.} , ТО
29	6,3	13	34	Об _{чер} , Об _{чист.} , ТО
30	6,3	13	50	Об _{чер} , Об _{чист.} , ТО
31	3,2	-	40	Об _{чист.} , Резьб-е _{черн}
32	6,3	13	2,5	Об _{чер} , Об _{чист.} , ТО
33	6,3	13	708	Об _{чер} , Об _{чист.} , ТО

Об_{чер} – точение черновое;

Обдир_{шлиф} – обдирочное шлифование;

Ш_{чист} – шлифование чистовое;

Об_{чист} – точение чистовое;

Об_{т.чер} – обтачивание торцев черновое.

2.4. Разработка технологического маршрута

Формирование маршрута ведется с учетом применяемой операции термосиловой обработки. Она проводится сразу после заготовительной – получения отрезка прутка из проката.

Таблица 2.3 - Маршрут изготовления

№ операции	Название операции	Наименование переходов	Номера обрабатываемых поверхностей	ТТ	Ra
1	2	3	4	5	6
000	Заготовительная (штамповка)	-		15	20
005	Токарная	Нарезка резьбы	1,33	13	10
010	Термосиловая обработка	Формирование прямолинейности (гор. правка)	17	11	-
015	Токарная САТ600	Установ А-обтачивание черновое	1,3,7,11,6,10,16	11	12,5
		Установ Б-обтачивание черновое	17,18,20,21,22,23,25,30,31,33	11	12,5
020	Термосиловая	-	-	-	-
025	Токарная САТ600	Установ А-обтачивание чистовое	11,3,7,6,10,16	9	6,3
		Установ Б-обтачивание чистовое	17,18,20,21,22,23,25,30,19,24,32	9	6,3

Продолжение таблицы 2.3

1	2	3	4	5	6
		Нарезать резьбу	31	8	3,2
		Фрезеровать шпоночный паз	4,14,27,	9	3,2
			5,13,26	12	6,3
030	Термообработка				
035	Круглошлифовальная Универсальный круглошлифовальный FU-32	Установ А- шлифовать начерно	20,21,23,25	7	1,25
		Установ Б- шлифовать начерно	3,12,7	7	1,25
040	Круглошлифовальная Универсальный круглошлифовальный FU-32	Установ А- шлифовать начисто	20,21,23,25	6	0,63
		Установ Б- шлифовать начисто	3,12,7	6	0,63
045	Моечная				
050	Контрольная				

На операциях с использованием самоцентрирующих люнетов в качестве баз (двойная направляющая) используется наружная цилиндрическая поверхность заготовки. В качестве опорных баз используется торец заготовки.

2.5. Выбор средств технологического оснащения

015 Токарная: станок САТ600 [17].

Патрон 7100-0005 ГОСТ 2675-80.

Люнет 6046-0013 ГОСТ 21190-75.

РТТNR 2020К16 Резец Т15К6 ТУ 2-035-892-82.

025 токарная операция:

Патрон 7100-0006 ГОСТ 2675-80;

Самоцентрирующие люнеты.

Резец контурный РТТNR 2020К16 Т15К6 ТУ 2-035-892-82;

Резец канавочный 035-2128-0559 Т14К8 ОСТ 2И10-8-84;

Резец РТТNR 2020К16 Резец Т15К6 ТУ 2-035-892-82;

Резец резьбовой 2660-0503 Резец Р6М5 ГОСТ 18876-73;

Фреза 2223-1143 Ø10, z=3 Р8МЗК6С ГОСТ 23247-78.

Резец чистовой 2100-2688 ВОК-60 ГОСТ 28980-91.

Круги шлифовальные: 4 250x60x40 24AF220 К 5 V 35 АА1 ГОСТ 52781-2007 [14].

В техпроцессе используем следующие средства контроля:

- штангенциркуль ШЦ 150 ГОСТ 160-80; - микрометр МК – 100 ГОСТ 6507-78.

2.6. Проектирование технологических операций

015 Токарная черновая. Режим резания по формулам [2, 17].

1. Глубина резания: $t=1,2$ мм.

2. Подача: $S=0,7$ мм/об.

3. При точении резцом из твердого сплава расчетная скорость резания определяется по следующей формуле:

$$v = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} \cdot K_v, \quad (2.2)$$

где K_v - коэффициент, который считается как

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv}, \quad (2.3)$$

где: K_{mv} - коэффициент для учета материала заготовки (свойства см. раздел1);

K_{nv} - коэффициент для учета состояния поверхности заготовки (корка штамповочная) (0,8);

K_{uv} - коэффициент для учета режущего материала резца (1,0):

$$K_{mv} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{nv} = 1 \cdot \left(\frac{750}{650} \right)^1 = 1,15;$$

$$K_v = 1,15 \cdot 0,8 \cdot 1,0 = 0,92.$$

T – стойкость инструмента, для среднесерийного производства примем $T = 60$ мин.

С учетом справочных коэффициентов C_v, x, y, m :

$$v = \frac{340}{60^{0,20} \cdot 1,2^{0,15} \cdot 0,7^{0,45}} \cdot 0,92 = 131 \text{ м/мин.}$$

4.Находим необходимое число оборотов шпинделя в минуту. Расчетное число оборотов шпинделя в минуту определяем по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D}, \text{ об/мин.} \quad (2.4)$$

где D – диаметр поверхности, $D = 95$ мм.

$$n = \frac{1000 \cdot 131}{3,14 \cdot 95} = 557, \text{ об/мин.}$$

6. Минутная подача:

$$S_{\text{мин}} = S \cdot n_{\phi}, \quad (2.5)$$

$$S_{\text{мин}} = 0,7 \cdot 557 = 390 \text{ мм/мин.}$$

7. Найдем силу резания (составляющая Pz):

$$P_{z,y,x} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot v^n \cdot K_p, \quad (2,6).$$

где $C_p = 300$; $x=1,0$; $y=0,75$ и K_p – поправочные коэффициенты и показатели степени для учета отличающихся условий обработки:

$$P_z = 10 \cdot 200 \cdot 1,2^{1,0} \cdot 0,7^{0,75} \cdot 131^0 \cdot 1,5 = 2547 \text{ Н.}$$

8. Мощность резания будет равна:

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60}, \quad (2.7)$$

$$N = \frac{2547 \cdot 131}{1020 \cdot 60} = 5,5 \text{ кВт.} < 22 \text{ кВт (станок САТ600).}$$

После сравнения вывод: обработка возможна.

Для расчета нормы времени необходимо найти штучно-калькуляционное время, которое складывается из четырех составляющих:

$$T_{\text{шт}} = T_o + T_{\epsilon} + T_{\text{об}} + T_{\text{от}}, \quad (2.8)$$

где T_o - основное время точения, мин;

T_g - вспомогательное время, мин;

$$T_g = T_{y.c.} + T_{з.о.} + T_{yn} + T_{из}, \quad (2.9)$$

где $T_{y.c.}$ - время на установки и снятия заготовки, мин;

$T_{з.о.}$ - время закрепления- открепления детали, мин;

T_{yn} - время управления оборудованием, мин;

$T_{из}$ - время измерения операционных размеров, мин;

$T_{об}$ - время на обслуживание станка, мин;

$T_{от}$ - время отдыха, мин. Основное время находится как [20]:

$$T_o = \frac{L}{S_o n} \cdot i, \quad (2.10)$$

где L – длина рабочего хода резца, мм;

S_o – подача, мм/об;

n – частота вращения заготовки, об/мин;

i – число рабочих ходов резца.

Все результаты расчетов сводятся в таблицы: таблица 2.4 – режимы резания; таблица 2.5 – силовые расчеты; таблица 2.6 – норма времени.

Таблица 2.4 - Режимы резания на 015 токарной операции

Порядок обработки	Глубина снимаемого слоя t , мм	Подача инструмента, S_0 мм/об	Скорость резания, v м/мин	Обороты заготовки, n об/мин	Подача минутная, $S_{мм/мин}$
Установ А Обтачивание черновое по контуру	1,2	0,7	131	2547	390
Установ Б Обтачивание черновое по контуру	1,2	0,7	131	2547	390

Таблица 2.5 Проверка по мощности

Порядок обработки	Стойкость инструмента, мин	Сила тангенциальная, Н	Сила осевая, Н	Сила нормальная, Н	Мощность резания, кВт
Установ А Обтачивание черновое по контуру	60	2547	1019	1783	5,5
Установ Б Обтачивание черновое по контуру	60	2547	1019	1783	5,5

Таблица 2.6 Элементы для расчета штучного времени на 015 операцию

Порядок обработки	Машинное время	Вспомогательное время (установка-снятие заготовки, управление станком, измерения, подвод-отвод резцов), мин	Время тех. и орг. обслуживания	Время перерывов, мин
Установ А Обтачивание черновое по контур	0,7	$(0,06+0,06+0,025 \cdot 2 + 0,06+0,10+0,15) \cdot 1,85 = 0,9$	$1,9 \cdot 0,06 = 0,11$	$1,9 \cdot 0,04 = 0,08$
Установ Б Обтачивание черновое по контур	1,2			

Суммарное штучное время:

$$1,7+0,9+0,11+0,08=2,8\text{мин.}$$

Штучно-калькуляционное время:

$$2,8+15/19=3,6\text{ мин.}$$

Это время используется для экономических расчетов в разделе 5. В разделе спроектирован технологический процесс изготовления вала. Он характеризуется высокой степенью концентрации операций. Введение термосиловой обработки резко сокращает количество и необходимость проведения стабилизирующих операций на основе нагрева. Это дает возможность говорить о энергоэффективном или энергосберегающем процессе изготовления вала.

3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

3.1. Разработка устройства для термосиловой обработки

В разделе рассматривается установка для термосиловой обработки. Она предназначена для повышения точности, снижения остаточных напряжений и стабилизации размеров и формы маложестких валов [18-21].

3.2. Определение условий, обеспечивающих деформацию вала на 1-5%

Для обеспечения деформации вала на 1-5% необходимо создать в поперечном сечении вала напряжения свыше предела текучести (рисунок 3.1) [3].

Удлинения стапеля длиной 800 мм. при нагреве с учетом изменения коэффициента линейного расширения при температурах 500°С составят:

$$\Delta L_{CT}^{500} = 18 \cdot 10^{-6} \cdot 800 \cdot 480 = 6,9 \text{ мм.}$$

Удлинения заготовки в креплении длиной 700 мм. при ее нагреве с учетом изменения коэффициента линейного расширения при температурах 500°С составят (рисунке 3.2):

$$\Delta L_{ЗАГ}^{500} = 14 \cdot 10^{-6} \cdot 700 \cdot 480 = 4,7 \text{ мм.}$$

Соответствующие относительные деформации составят:

Стапель- $\varepsilon_T^{500} = 0,00863\%$.

Заготовка - $\varepsilon_T^{500} = 0,00672\%$.

Ниже приведены модули упругости для стапеля и заготовки с учетом температурных влияний:

$$E^{500} = 1,69 \cdot 10^5 \text{ МПа.}$$

$$E^{500} = 1,69 \cdot 10^5 \text{ МПа.}$$

Рассчитанные по формуле напряжения сравниваются с пределом текучести:

$$\sigma_H = E_{3AG} \cdot \Delta\varepsilon_T \leq \sigma_T, \quad (3.1)$$

где E_{3AG} - модуль упругости заготовки; $\Delta\varepsilon_T$ - разница температурных деформаций стапеля и заготовки; σ_T - предел текучести при соответствующей температуре.

Ниже приведены значения предела текучести материалов стапеля и заготовки:

$$\sigma_T^{500} = 170 \text{ МПа.}$$

$$\sigma_T^{500} = 140 \text{ МПа.}$$

Для расчета установки на прочность необходимо определить нагрузку, возникающую при максимальной разнице температурных удлинений стапеля и заготовки. В данном случае при 500°C она равна в абсолютном выражении $\Delta l = 2,2$ мм, в относительном $\varepsilon = 0,003\%$. Деформация соответствующая пределу текучести при данной температуре:

$$\varepsilon_T^{500} = \frac{\sigma_{0,2}^{500}}{E^{500}} = \frac{140}{1,69 \cdot 10^5} = 0,0008\% . \quad (3.2)$$

Как видно, для данного соотношения длин заготовки и стапеля выход за предел упругости при нагреве до 500° С гарантированно происходит.

Вследствие контактных деформаций в стыках захватов, не абсолютной жесткости силовых элементов приведенная разница в удлинениях частично потеряется. Для определения нагрузки принимаем коэффициент жесткости установки на сжатие равным 170000 Н/мм. Тогда усилие, полученное при удлинении заготовки, составит:

$$P = 170000 \cdot 2,2 = 374000 \text{ Н.}$$

Напряжения, возникающие в заготовке диаметром 75 мм (тонкая часть вала), составят:

$$\sigma = \frac{P}{S} = \frac{374000}{\pi \cdot 0,032^2} = 116 \text{ МПа} < 140 \text{ МПа.}$$

Т.е. при данных условиях обработки не обеспечивается пластическая деформация заготовки-образца.

Если учесть комплексное нагружение заготовки продольной силой и скручивающим моментом, то величина необходимой продольной силы снижается:

$$\sigma_i = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2} , \quad (3.3)$$

где σ_i – интенсивность напряжений, МПа. В соответствии с формулой (3.3) построен эллипс напряжений. Для выхода за предел текучести при действии касательных напряжений необходимо приложить меньшую продольную нагрузку. Касательные напряжения появляются от смещения опорного пальца верхнего фланца по скосу опорного элемента. Соотношение продольного и углового смещения определяется углом скоса. График зависимости этих деформаций приведен на рисунке 3.1.

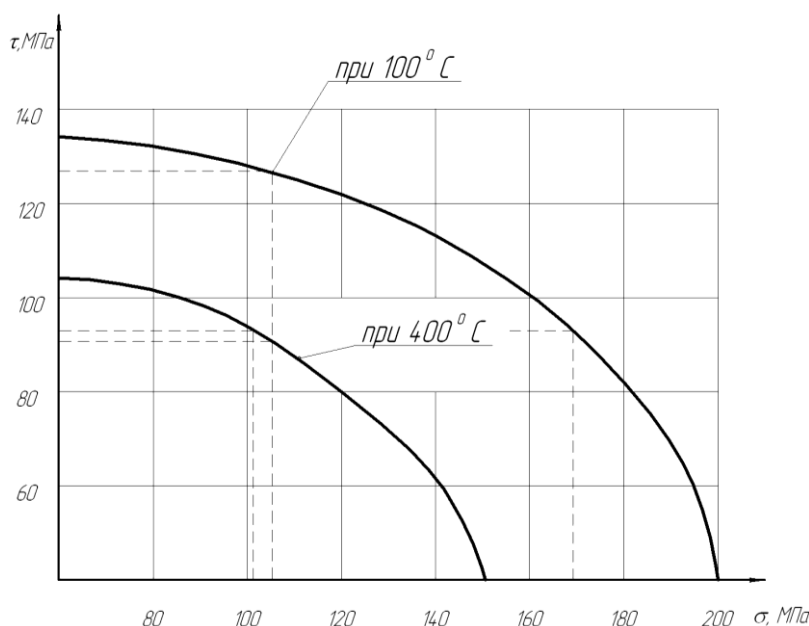


Рисунок 3.1 – Соотношение нормальных и касательных напряжений для достижения предела текучести

Проведем проверочный расчет на прочность силовых элементов установки в программе NASTRAN.

Для этого создается трехмерная модель, в виде заготовки-образца в верхнем и нижнем захвате с использованием функции *primitives*. Затем определяется материал со своими характеристиками: модулем упругости и коэффициентом Пуассона. Дальше полученной модели присваивалось свойство элементов *Solid*. Модель разбивалась на гексоэлементы со свойствами по умолчанию. Ограничения принималось по торцу нижнего захвата как шарнирная заделка, по торцевым плоскостям малой оси в нижнем захвате как шарнир с возможностью продольного перемещения.

Нагрузка прикладывается к верхнему захвату: по верхнему торцу продольная сила, по торцевым плоскостям малой оси в верхнем захвате крутящий момент вокруг продольной оси. Расчетная схема приведена на листе графической части.

Величина нагрузки была определена выше.

Результаты расчетов представлены на рисунках 3.2-4.5. При расчете были получены следующие результаты при нагружении силой 195000 Н и крутящим моментом 340 Н·м деформация и напряжения не превышают предел текучести. При нагружении силой 357000 Н и моментом 1700 Н·м деформации образца составили $\epsilon=0,00347\%$, а напряжения 849 МПа, что превышает предел текучести материала заготовки.

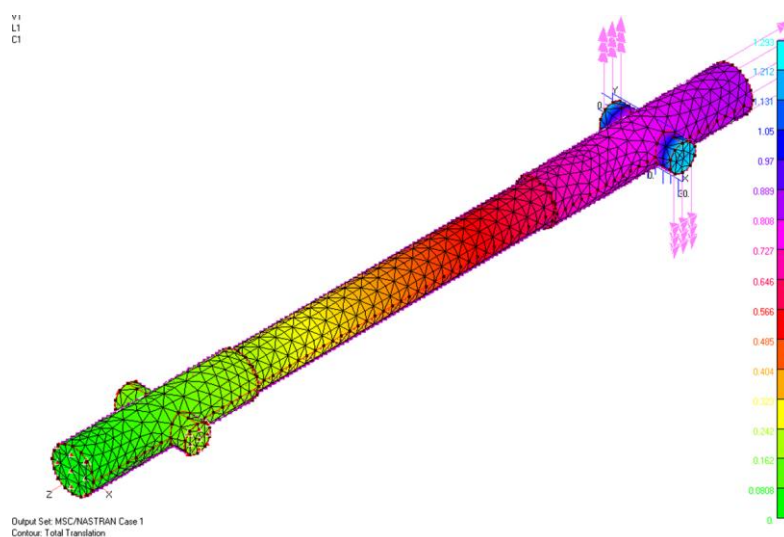


Рисунок 3.2 - Общее перемещение

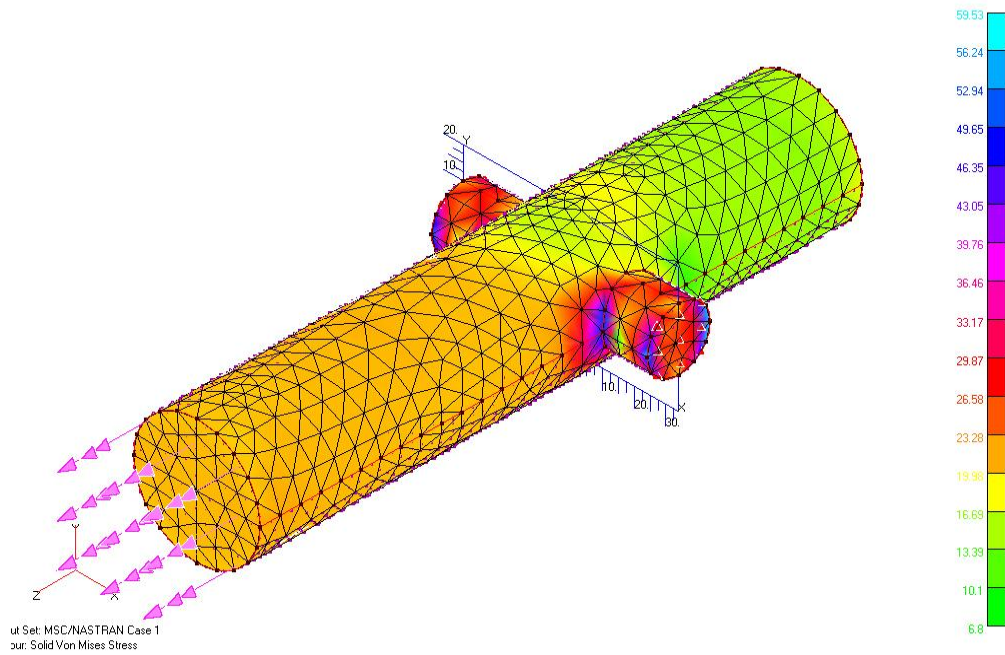


Рисунок 3.3 - Напряжения в верхнем захвате

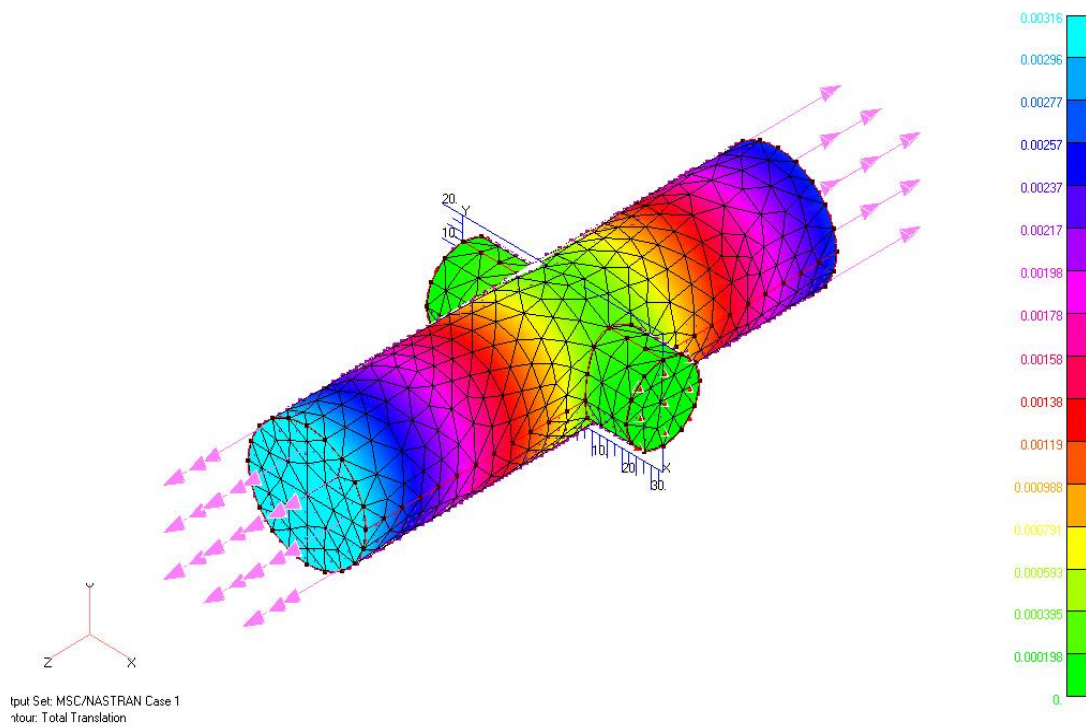


Рисунок 3.4 - Перемещения в нижнем захвате

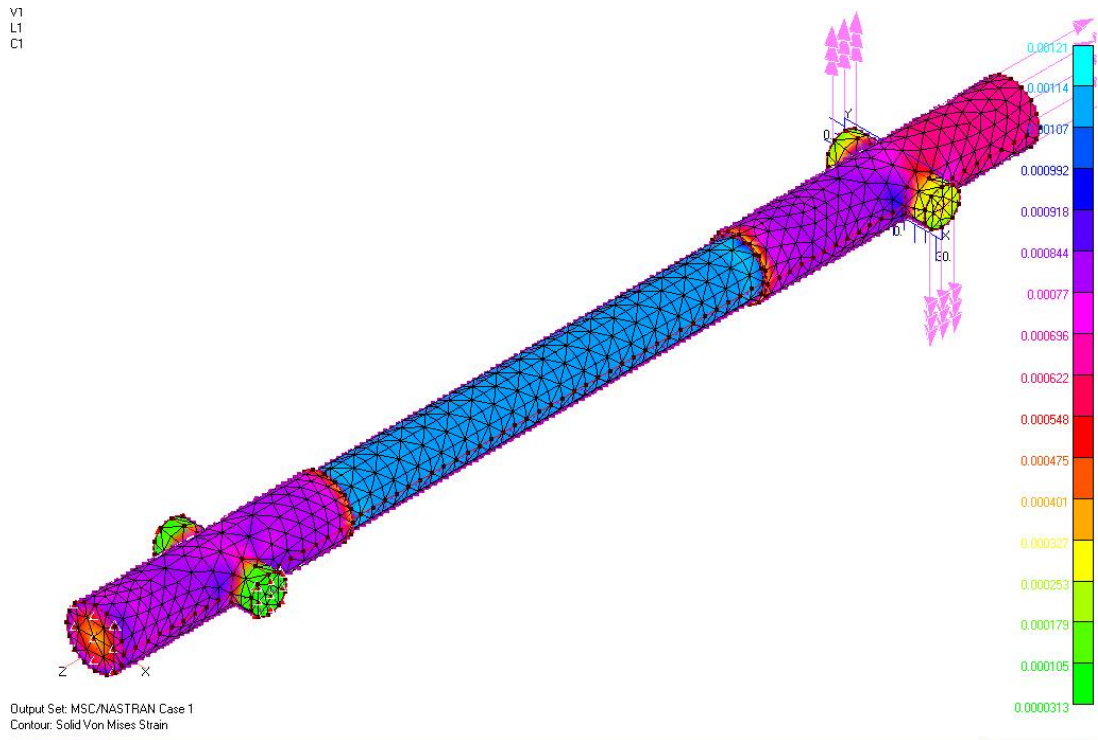


Рисунок 3.5 - Деформация захватных элементов и заготовки

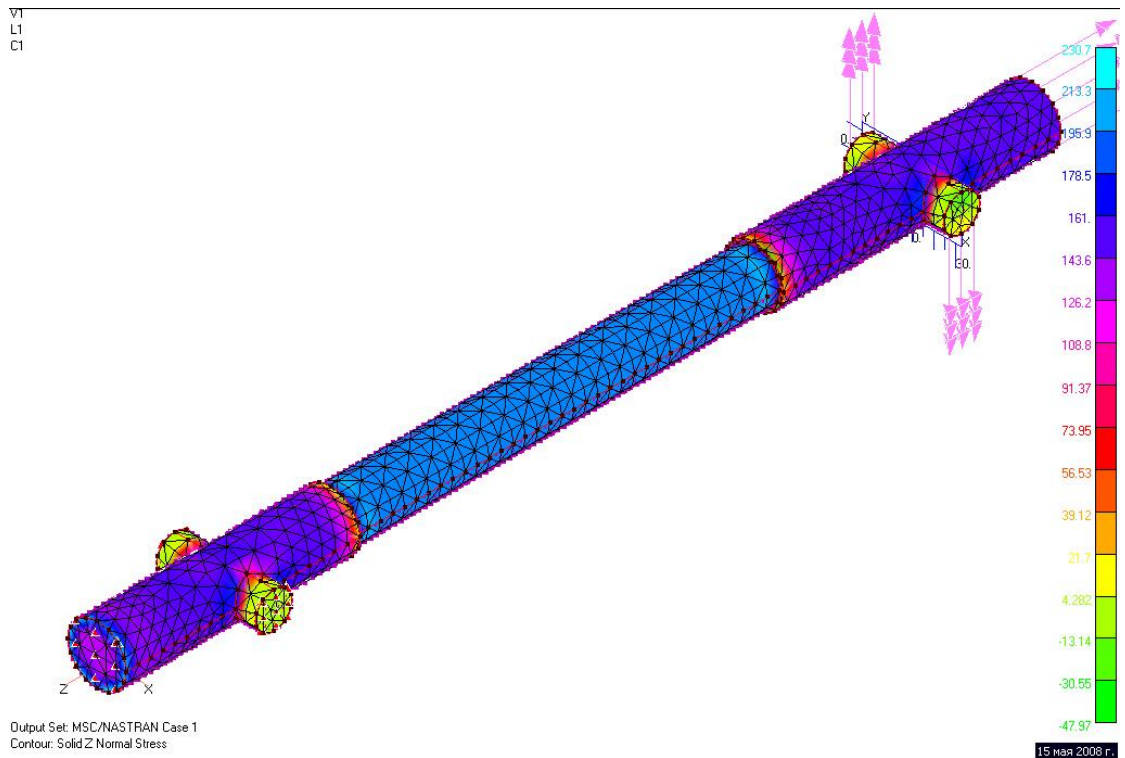
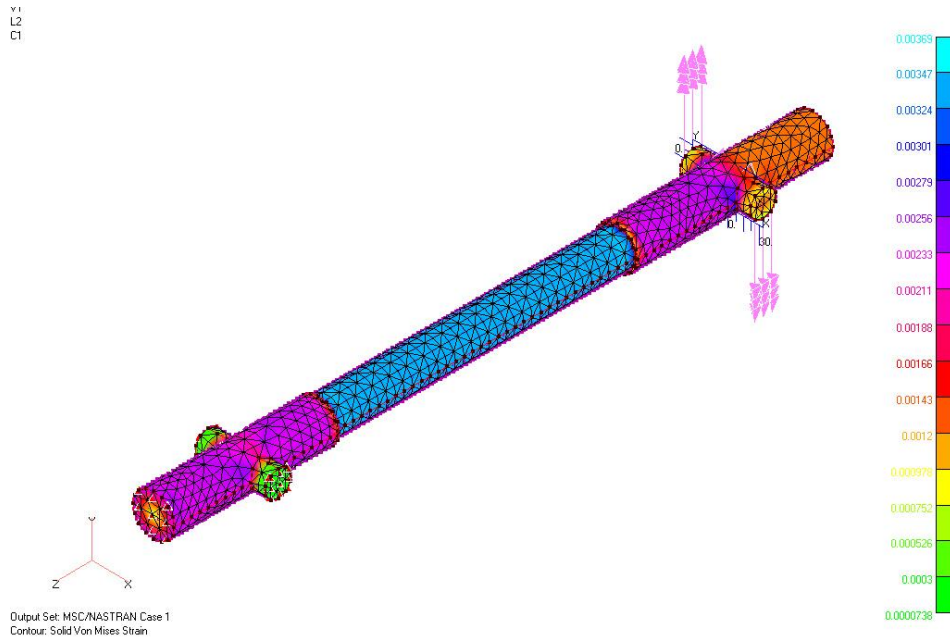
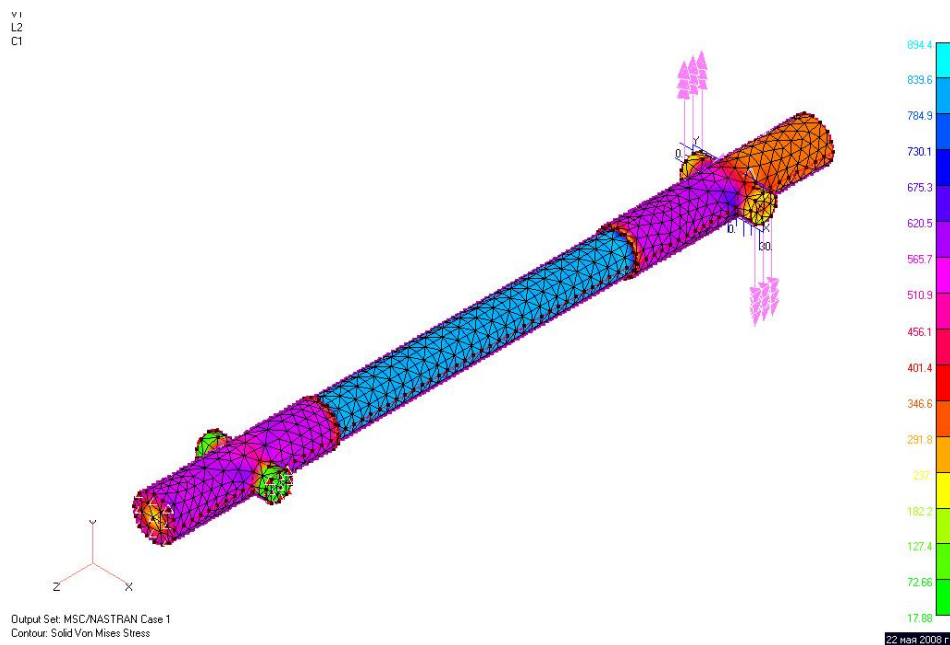


Рисунок 3.6 - Напряжения захватных элементов и заготовки



a)



б)

Рисунок 3.7- Результаты расчетов нагрузкой выше критической: а – деформация; б- напряжения

Для обеспечения нормальной работоспособности установки необходимо провести проверочный расчет резьбовых захватов, штифтов на срез и опорных пальцев на изгиб.

Резьба М32 на прочность проверяется по формуле:

$$\sigma = \frac{P}{S} = \frac{374000}{\pi \cdot 0,015^2} = 529370134 \text{ Па} = 529 \text{ МПа} < \sigma_T = 690 \text{ МПа}. \quad (3.4)$$

Прочность резьбового захвата обеспечивается.

Штифты на срез проверяем по формуле:

$$\tau = \frac{P}{W} = \frac{4P}{\pi d^2} \leq [\tau], \quad (3.5)$$

где: P – сила среза, Н;

W – момент сопротивления, м².

$$\tau = \frac{4 \cdot 10000}{\pi \cdot 0,01^2} = 127 \text{ МПа} \leq 660 \text{ МПа}.$$

Условие прочности штифтов выполняется.

Выполненные расчеты доказывают работоспособность установки для проведения термосиловой обработки.

Описание установки: В стапеле 9 с фланцевыми краями помещается внутри заготовка вала 1, на которой предварительно нарезана резьба по краям вала. На резьбу накручиваются захваты 3, которые внизу фиксируются по резьбе гайкой 5 через сферическую шайбу 4, опираясь на кольцо 6, которое винтами 8 установлено на стапеле. В крутильном направлении захват 3 фиксируется опорным пальцем 7, который проходит через отверстие в кольце и через паз в захвате 3. верхний конец вала в захвате 2 также фиксируется по резьбе гайкой 16, которая стопорится штифтами 18 и 17. Гайка 16 также опирается на верхнее кольцо 14, которое зафиксировано на верхней части стапеля через опорное кольцо 12 с кулачковым профилем. Верхнее кольцо опирается

через опорные штифты 20 по кулачковым выступам опорного кольца 12. Вокруг стапеля 9 накручивается нагревательный элемент 10 в изолирующих керамических кольцах 11.

При нагреве нагревательным элементом 10 из-за большей деформации стапеля 9 происходит вытягивания заготовки вала 1 зафиксированной гайками 5 и 16. также за счет скольжения опорных пальцев 20 по кулачковым вступам происходит скручивание заготовки 1.

4. БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ РАБОТЫ

4.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта

Таблица 4.1 - Паспорт технического объекта

№ оп.	Операция или процесс	Виды работ	Работник а	Оснащение	Вещества с материалами
005	Термообработка	Термосиловая обработка	Термист	Стапель	Графитная смазка, металл
010	Токарная	Точение чистовое	Оператор станков с ЧПУ	Токарный с ЧПУ Mazak integrex 200 IV ST	Резцы T5K10 и T15K6, СОЖ

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	2	3	4
1	Термосиловая	Повышенная запыленность, загазованность воздуха рабочей зоны; повышенная температура поверхностей оборудования, материалов	Стапель, компрессорная установка, заготовка

Продолжение таблицы 4.2

1	2	3	4
2	Токарная	Повышенная запыленность воздуха рабочей зоны; Движущиеся машины и механизмы; Повышенные уровни шума; Повышенная температура; Факторы, связанные с электрическим током	Токарный с ЧПУ Mazak integrex 200 IV ST, резцы, фрезы, вал, оборудование управления

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	2	3	4
1	Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны	Системы вентиляции и очистки воздуха	Костюм для защиты от производственных загрязнений
2	Повышенные уровни шума	Акустическая обработка участка	Беруши

Продолжение таблицы 4.3

1	2	3	4
3	Повышенная температура	Система охлаждения с ограждением и разметкой зон опасности; СОЖ зоны обработки для токарной операции	Специальная одежда
4	Повышенные значения напряжения в электрической цепи	Заземление и экранирование	Специальная одежда

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	Цех для термообработки. Механический участок	Стапель для термосиловой обработки. Токарный Mazak integrex200	Пожары, связанные с воспламенением и горением жидкостей (В)	Неисправность электропроводки	Замыкание высокого электрического напряжения

Таблица 4.5 – Выбор средства пожаротушения

Средства первичного пожаротушения	Средства мобильного пожаротушения	Установки стационарного пожаротушения и/или пожаротушащие системы	Средства автоматической для пожаротушения	Оборудование для пожаротушения	СИЗ для спасения людей	Инструмент для пожаротушения (механизированный и немеханизированный)	Сигнализация, связь и оповещение при пожаре
Огнетушители ОВП-8(з)-АВ(Н,С), ящики с песком, пожарные краны	Передвижные пенные огнетушители	Водяная система пожаротушения	Технические средства оповещения и управления эвакуацией	Напорные пожарные рукава и рукавные разветвления	Респираторы, очки, спец. одежда	Лопаты, багры, ломы, топоры	Локальное оповещение

Таблица 4.6 – Средства обеспечения пожарной безопасности

Название техпроцесса, применяемого оборудования, которое входит в состав технического объекта	Вид предлагаемых к реализации организационных и/или организационно-технических мероприятий	Нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности, а также реализуемые эффекты
Этап термосилового этапа обработки	Разработать и утвердить план эвакуации в случае пожара. Применение плавких предохранителей или автоматов в электроустановках	Использование пожарной сигнализации и пожарных извещателей, противопожарные инструктажи

4.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта

Таблица 4.7 – Определение экологически опасных факторов объекта

Название технического объекта и/или производственного техпроцесса	Структурные элементы технического объекта и/или производственного техпроцесса (производственного сооружения или производственного здания по функциональному назначению, операций техпроцесса, технического оборудования), а также энергетической установки, транспорта и т.п.	Экологическое негативное воздействие рассматриваемого технического объекта на атмосферу (опасные и вредные выбросы в воздух)	Экологическое негативное воздействие рассматриваемого 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.)
Термосиловый этап обработки	Стапель	Токсичные испарения	Охлаждающая жидкость	Промасленная ветошь

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

Название технического объекта	Термосиловая обработка
Предлагаемые мероприятия для снижения негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Фильтрация воздуха (мокрая очистка)
Предлагаемые мероприятия для снижения негативного антропогенного воздействия на гидросферу	Механическая фильтрация, отстойник и флотомашин
Предлагаемые мероприятия для снижения негативного антропогенного воздействия на литосферу	Соблюдение регламентированных процедур.

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 проектирование стапеля, разрабатываемого для термосиловой обработка маложесткого ступенчатого вала. Ценность данной установки заключается в том, что она позволяет сократить процент брака в результате изготовления маложесткого вала, не смотря на то, что сам процесс изготовления вала увеличивается. Чтобы иметь четкое представление об обоснованности применения стапеля 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 правка</u> <u>Оборудование</u> – пресс $T_{шт} = 15 \text{ мин.}$</p> <p><u>Операция токарная обдирочная</u> <u>Оборудование</u> – токарно-винторезный станок с ЧПУ, модель 16К20Ф3. <u>Оснастка</u> – люнет подвижный, патрон 3-хкулачковый, центр вращающийся. <u>Инструмент</u> – резец проходной упорный Т5К10 сборный</p> <p>$T_0 = 3,4 \text{ мин}; T_{шт} = 4,7 \text{ мин}$</p>	<p><u>Операция термосиловая</u> Происходит растяжение правкой за счет трубы стапеля, что позволяет сократить процент брака на 30% <u>Оборудование</u> – стапель с проволочным нагревателем. Мощность нагревателя 5кВт.</p> <p>$T_{шт} = 20 \text{ мин.}$</p>

В дополнение описанных изменений, для обоснования эффективности необходима информация о программе выпуска, которая составляет 400 штук.

Используя исходные данные и методику расчета капитальных вложений [12], определим величину инвестиций в проектируемый вариант. Величина необходимых для осуществления предлагаемых внедрений составит 278915,33 руб. Указанная сумма необходима для изготовления описанной установки, а также для проектирования нового процесса.

Используя методику определения себестоимости и калькуляции себестоимости [12] получим значения полной себестоимости изделия до и после внедрения изменений, которые составили 548,01 руб. и 688,87 руб., соответственно.

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

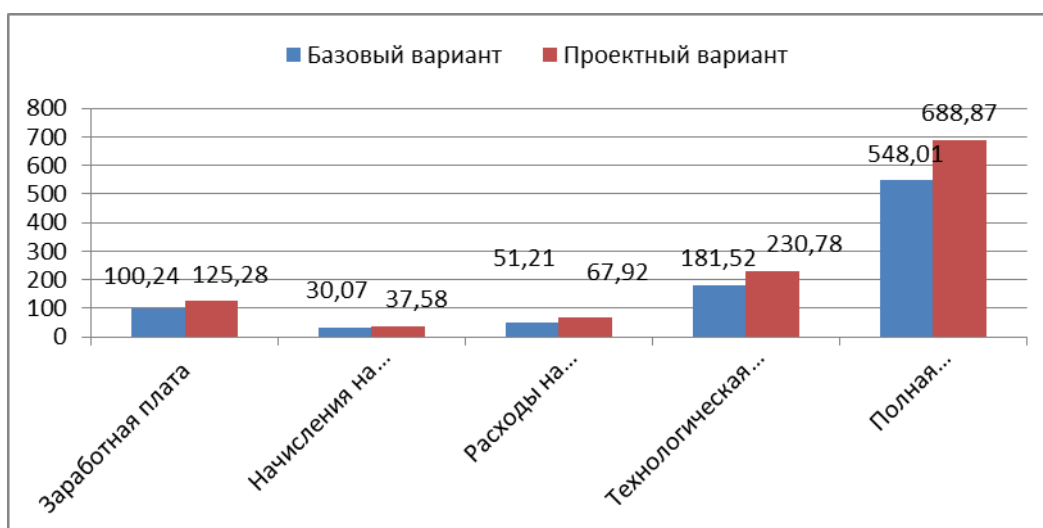


Рисунок 5.1 – Структура технологической себестоимости и величина полной себестоимости, руб.

Как видно из диаграммы, затраты на производство маложесткого вала в предлагаемом варианте возрастают, но это не повод делать заключение о неэффективности предложенных изменений.

Как говорилось ранее, данная установка позволяет сократить процент брака при изготовлении маложесткого вала. Поэтому, чтобы определить эффективность предложений, необходимо использовать альтернативную формулу расчета для определения ожидаемой прибыли, которая позволит ее определить от снижения процента брака. Такой вид прибыли рассчитывается по следующей формуле:

$$P_{ож} = Э_{уг} = \left[C_{пол(БАЗ)} - \frac{B_{Р(БАЗ)} - B_{Р(ПР)}}{100} \cdot C_{пол(ПР)} \right] \cdot П_{Г} \quad (5.1)$$

где: $C_{пол(БАЗ)}$, $C_{пол(ПР)}$ – полная себестоимость изготовления единицы детали, соответственно по базовому и проектному вариантам; $B_{Р(БАЗ)}$, $B_{Р(ПР)}$ – процент брака изделия до и после совершенствования процесса, соответственно; $П_{Г}$ – программа выпуска изделий.

Подставим имеющиеся значения в формулу и получим размер ожидаемой прибыли равный 136539,6 руб. С учетом выплат налогов прибыль (чистая) составит 109231,67 руб.

Для того чтобы сделать окончательные выводы по работе, выполним расчет показателей экономической эффективности проектируемого варианта [12]. Согласно которому можно рассчитать целый ряд показателей, необходимых для формирования соответствующего вывода о необходимости внедрения нового проекта. 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	Срок окупаемости инвестиций	T_{OK} , лет	4	
2	Общий дисконтированный доход	$D_{OBSI,DISK}$, руб.	311965,6	
3	Интегральный экономический эффект	$E_{INT} = ЧДД$, руб.	33050,3	
4	Индекс доходности	ID , руб. / руб.	1,12	

Анализируя данные, представленные в таблице 5.2., можно сделать заключение о том, что применение стапеля при изготовлении маложестких валов будет эффективным. Об этом свидетельствуют значения, полученные расчетным путем, и которые учитывают:

- положительную величину интегрального экономического эффекта, равная 6055,24 руб.;

- срок окупаемости в течение 4-х лет, что для инвестиций в машиностроительное производства является не плохим показателем. И наконец, индекс доходности (ИД) составляет 1,12 руб./руб., это говорит о том, что каждый вложенный рубль в этот проект принесет предприятию не только возврат вложенных средств, но и дополнительную прибыль. Все вышеперечисленные значения дают нам право сделать заключение об эффективности предложенных изменений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате спроектирован техпроцесс изготовления вала. Технологические расчеты включают в себя выбор и проектирование заготовки (штамповка), рассчитан припуск на обработку, были выбраны станки и оснастка. Предложена технология и устройство для обработки маложестких валов. Проведен расчет стапеля для термосиловой обработки. Предложены мероприятия по экологичности и рассчитан экономический эффект.

Расчет стапеля обусловлен очень высокими нагрузками, действующими на него в процессе обработки. Для эффективного проведения стабилизации размеров и выравнивания остаточных напряжений необходимо выйти за предел текучести при растяжении вала. Хотя за счет нагрева предел текучести материала снижается нагрузки на силовые элементы стапеля предельные. Поэтому расчет на прочность и текучесть является необходимым для проведения эффективной и высоконадежной обработки вала на такой операции. Необходимо отметить введение дополнительной операции по нарезанию резьбы на концах вала для фиксации его в стапеле. Поскольку деталь такого класса выполняется с использованием свидетеля (кусоч материала заготовки вала), который отрезается от заготовки для анализа физико-механических параметров. Это позволяет выявить брак на ранних этапах техпроцесса и проконтролировать свойства детали для эксплуатации. Резьбонарезание вала выполняется на специализированном станке. После обработки резьбовые участки отрезаются в качестве свидетеля. Это обеспечивает повышение эффективности обработки без значительных дополнительных затрат.

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. Вардашкин Б.Н. Станочные приспособления: Справочник. В 2-х т. Т.1/ Б.Н. Вардашкин [и др.]. – М.: Машиностроение, 1984. – 604с.
4. Горина, Л.Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве. Учеб. Пособие. / Л.Н. Горина, - Тольятти, 2016, 68 с.
5. Зубарев Ю. М. Специальные методы обработки заготовок в машиностроении [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Ю. М. Зубарев. – Санкт - Петербург : Лань, 2015. - 400 с.
6. Зубкова, Н.В. Методическое указание к экономическому обоснованию курсовых и дипломных работ по совершенствованию технологических процессов механической обработки деталей (для студентов специальностей 120100 / Н.В. Зубкова,– Тольятти: ТГУ, 2015, 46 с.
7. Ординарцев И.А. Справочник инструментальщика./ И.А. Ординарцев [и др.] – Л.: Машиностроение, 1987. – 846с.
8. 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.
9. 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
10. Технология машиностроения: учебник/А. Н. Ковшов. - Изд. 3-е, стер. - Санкт-Петербург: Лань, 2016. - 320 с.

11. Технология машиностроения: учебник/А. А. Маталин.- Изд. 4-е, стер. - Санкт-Петербург: Лань, 2016. - 512 с.
12. Технология машиностроения: курсовое проектирование: учебное пособие/М. М. Кане [и др.]; под ред. М. М. Кане, В. Г. Шелег. - Минск: Вышэйшая школа, 2013. - 311 с.
13. Технология машиностроения: учеб. пособие/И. С. Иванов. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва: ИНФРА-М, 2016. - 240 с.
14. Шишмарев, В. Ю. Автоматизация производственных процессов в машиностроении /В. Ю. Шишмарев. - М.: Академия, 2007. - 364 с.
15. Кондаков, А.И. Выбор заготовок в машиностроении/А.И. Кондаков, А.С. Васильев.- М.:Машиностроение, 2007. — 560 с.
16. Белов П. С. Основы технологии машиностроения: пособие по курсовому проектированию/П. С. Белов - Егорьевск:ЕТИ МГТУ "СТАНКИН", 2015. - 116 с.
17. Инженерные основы современных технологий/Ю. М. Передрей [и др.]. - Старый Оскол: ТНТ, 2016. - 199 с.
18. Магомедов, Ш. Ш. Управление качеством продукции /Ш. Ш. Магомедов - Москва : Дашков и К°, 2013. - 334 с.
19. Проектирование технологической оснастки/А. А. Гусев. - Москва:Машиностроение, 2013. - 413 с.
20. Патент РФ №2260628, МПКС21D9/06. Устройство для термосиловой обработки осесимметричных деталей/ Д.А.Расторгуев [и др.]. опубл. 20.09.05
21. Драчев, О.И. Технология изготовления маложестких осесимметричных деталей/О.И. Драчев. – М.; Политехника, 2005. - 289 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

