

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙ-
СКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПОЛИТЕХНИЧЕ-
СКИЙ ИНСТИТУТ

Факультет промышленных технологий, электроэнергетики и транспорта
Кафедра «Технологии и оборудование машиностроения»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
к курсовому проекту
по дисциплине «Технология машиностроения»

на тему: «Технологический процесс изготовления детали «Корпус вакуумного насоса» с годовой программой выпуска 500 штук и средство технологического оснащения на комплексную операцию»

ПГУ 1.3-07.15.03.05.M109 ПЗ

Направление подготовки - 15.03.05 Конструкторско-технологическое
обеспечение машиностроительных
производств

Профиль подготовки - Технология машиностроения

Выполнил студент: Мельников К.А.
Группа: 22MM1

Руководитель:
к.т.н., доцент Миронычев Н.А.

Работа защищена с оценкой

Преподаватели

Дата защиты

24.12.2025

Пенза 2025

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ФАКУЛЬТЕТ ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ И ТРАНСПОРТА
Кафедра «Технологии и оборудование машиностроения»

УТВЕРЖДАЮ:

Зав.кафедрой, д.т.н., профессор
Зверовщиков А.Е.
«02» *09* 20*15*г.

ЗАДАНИЕ
на курсовое проектирование по ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ
студенту Мельникову К.А. гр. 22ММ1

А Тема проекта:

Технологический процесс изготовления детали «Корпус вакуумного насоса» с годовой программой выпуска 500 штук и средство технологического оснащения на комплексную операцию.

Б Содержание пояснительной записки к курсовому проекту:

Титульный лист

Задание на проектирование

Реферат (по ГОСТ 7.9-95)

Содержание

Введение

1 Проектирование процесса механической обработки детали

1.1 Служебное назначение и технические требования на деталь по чертежу и условиям эксплуатации

1.2 Анализ технологичности конструкции детали

1.3 Определение типа производства

1.4 Проектирование заготовки. Определение размеров. Экономический анализ.

1.5 Разработка маршрутной технологии обработки детали (на основе базовой или типовой)

1.6 Выбор и обоснование технологических баз на операции механической обработки.

1.7 Определение припусков расчетно-аналитическим методом

1.8 Проектирование операционной технологии

1.8.1 Выбор станков, инструмента, средств измерения и технологического оснащения

1.8.2 Расчет режимов резания на операции механической обработки и их нормирование

1.8.3 Расчет погрешности обработки на чистовой операции

1.9 Техничко-экономический анализ двух вариантов технологического процесса

2 Проектирование средств технологического оснащения

2.1 Выбор и обоснование схемы базирования детали в приспособлении

2.2 Разработка расчетной схемы закрепления. Расчет усилия зажима

2.3 Определение погрешности базирования

2.4 Проверка детали приспособления на прочность при зажиме

2.5 Техническое описание конструкции и принципа работы

Заключение (по ГОСТ 7.32-2017)

Список использованных источников (по ГОСТ Р 7.0.100– 2018 или ГОСТ Р 7.0.5-2008)

Приложение

Приложение А Комплект технологической документации на обработку детали (ТЛ, МК, ОК, КЭ, ККИ) по ГОСТ 3.1404-86

Приложение Б Спецификации на приспособление

Приложение В Ведомость проекта

Приложение Г Иллюстративный материал

Записка пояснительная оформляется на 35...55 страницах (по ГОСТ 2.105-2019, ГОСТ 2.106-2019)

В Графическая часть:

1 Чертежи детали и заготовки

2 л. ф. А2

2 Технологические эскизы (наладки) на операции

2 л. ф. А1.

3 Сборочный чертеж приспособления

1 л. ф. А1.

Дата выдачи задания 02.09.2015

Руководитель проекта Миронычев Н.А.

Задание выдал

Задание принял

УДК 621.9:677.052

РЕФЕРАТ

Мельников К.А. – Технологический процесс изготовления детали «Корпус вакуумного насоса» с годовой программой выпуска 500 штук и средство технологического оснащения на комплексную операцию.

Пояснительная записка содержит 83с., 1 рис., 9 табл., 27 источн., 4 прил. Графическая часть: 4 л. ф. А1.

ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ, ТИП ПРОИЗВОДСТВА, РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ, ПРИПУСК, ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ, РЕЖУЩИЙ ИНСТРУМЕНТ.

Объектом разработки является технологический процесс механической обработки корпуса вакуумного насоса.

Цель курсового проекта - совершенствование технологического процесса механической обработки детали, путем применения современного оборудования с ЧПУ, и средств его оснащения, обеспечивающих требуемое качество обработки.

В процессе работы проводилась модернизация базового технологического процесса, путем замены операций, выполняемых на универсальных станках моделей 2А620, 2М57 на операции, выполняемые на токарно-карусельной с ЧПУ модели 1516Ф2 и на комплексной с ЧПУ модели VT500, DMC 104 V LINEAR.

В процессе работы проводилась конструкторская разработка приспособления для комплексной обработки, с заменой ручного зажима на гидравлический, и теоретические расчеты силовых и конструкционных параметров вышеуказанного приспособления.

В результате проведенной работы разработан прогрессивный технологический процесс механической обработки лобовины, а также спроектированы средства его оснащения. Приведено технико-экономическое обоснование проекта.

					ПГУ1.3-07.15.03.05.М109 ПЗ				
Из	Лис	№ докум.	Под-	Дат	Технологический процесс изготовления детали «Корпус вакуумного насоса» с годовой программой выпуска 500 штук и средство технологического оснащения	Лит.	Лист	Листов	
Разраб.	Мельников			14.12.24			2	83	
Провер.	Миронычев			14.12.24					
						ПГУ, каф. «ТОМ»,			
Н.						гр.22ММ1			
Утв.									

Содержание

Введение.....	4
1 Проектирование процесса механической обработки детали.....	5
1.1 Служебное назначение детали и технические требования	5
1.2 Анализ технологичности конструкции детали.....	6
1.3 Определение типа производства.....	10
1.4 Проектирование заготовки. Определение размеров.	
Экономический анализ.....	15
1.5 Разработка маршрутной технологии обработки детали.....	21
1.6 Выбор и обоснование технологических баз.....	21
1.7 Определение межоперационных припусков.....	27
1.8 Проектирование операционной технологии.....	34
1.8.1 Выбор станков и инструмента, средств измерения	34
1.8.2 Расчет режимов резания и их нормирование	39
1.8.3 Определение суммарной погрешности обработки.....	54
1.9 Техничко-экономическое анализ двух вариантов	
технологического процесса.....	56
2. Проектирование технологической оснастки.....	67
2.1 Описание принципа действия приспособления	67
2.1.1 Расчет сил зажима и конструктивных параметров приспособления	69
Заключение	73
Список используемых источников.....	75
Приложение А Технологическая документация	79
Приложение Б Спецификации приспособления.....	78
Приложение В. Ведомость курсового проекта.....	79
Приложение Г. Иллюстративный материал.....	82

Введение

Компрессорные машины предназначены для сжатия и перемещения газов.

Они работают за счет механической энергии, подводимой от двигателя, т.е. являются машинами-орудиями. В связи с этим внедрение их в промышленность исторически зависело не только от уровня развития теории этих машин, но и от наличия соответствующих машин-двигателей (паровых машин, турбин и пр.).

Практически нет ни одной отрасли народного хозяйства, где бы не применялись компрессорные машины.

Ротационные компрессоры и вакуум-насосы с жидкостным поршнем, обычно называемые водокольцевыми, так как в качестве уплотняющей жидкости чаще всего применяется вода, обладают рядом таких преимуществ, как простота устройства, изготовления, ремонта и эксплуатации. Эти машины нашли широкое применение в промышленности и особенно в химической. Особое значение жидкостнокольцевые машины имеют при сжатии газов, не допускающих соприкосновения со смазкой, воспламеняющихся при низкой температуре и небольшом искрообразовании и разлагающихся при высокой температуре сжатия. В этих случаях в качестве уплотняющей жидкости вместо воды применяют другие жидкости, такие, как, например, серную кислоту при сжатии хлора.

Жидкостнокольцевые машины хорошо работают в случаях эвакуации и сжатия сред, содержащих в откачиваемых газах капельную жидкость, как, например, при работе вакуум-насосов у бумагоделательных машин. Большие удобства в эксплуатации можно обеспечить применением этих машин в качестве самовсасывающего устройства для работы центробежных насосов.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ПГУ 1.3-07.15.03.05.М109 ПЗ

Лист

4

1 Проектирование процесса механической обработки детали

1.1 Служебное назначение детали и технические требования

Деталь “Корпус вакуумного насоса” является многофункциональной по своему эксплуатационному назначению:

- служит стационарной базой для опор вала вакуум-насоса;
- обеспечивает установку вакуум-насоса благодаря наличию лап для закрепления на фундаменте.
- обеспечивает всасывание и нагнетание газа благодаря наличию в конструкции детали внутренних полостей и наружных патрубков;
- обеспечивает гидравлический затвор и циркуляцию жидкости в вакуум-насосе.

Основными рабочими поверхностями детали являются:

- двухступенчатое центральное отверстие ($\varnothing 105H9$ и $\varnothing 86H9$). Обеспечивает посадку бус и втулок, уплотнение мягкой набивкой. Вышеуказанные детали составляют узлы гидравлического затвора вакуум-насоса.
- внутренняя поверхность $\varnothing 375H7$. Обеспечивает посадку и монтаж газораспределительных дисков.
- внутренняя поверхность $\varnothing 395H9$. Обеспечивает посадку и монтаж корпуса.
- левый торец и наружная поверхность $\varnothing 185js7$. Обеспечивают посадку и монтаж крышки шарикоподшипника.

1. Отливка должна соответствовать требованиям ГОСТ Р 53464-2009 и И 0584-116-81.

2. Точность отливки 12-5-12-9 ГОСТ Р 53464-2009.

3. Неуказанные литейные радиусы (3-5) мм, формовочные уклоны согласно требованиям ГОСТ 3212-92.

					ПГУ 1.3-07.15.03.05.M109 ПЗ	Лист
						5
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

4. Отливку после предварительной механической обработки подвергнуть термообработке для снятия внутренних напряжений.
- 5.* Размер для справок.
6. Общие допуски по ГОСТ 30893.1-м.
7. Внутренние и наружные необрабатываемые поверхности должны быть тщательно очищены от земли и пригара.
8. Не допускаются трещины, ужимины, пористость и другие дефекты, снижающие прочность отливки.
9. Испытать на прочность и герметичность избыточным гидравлическим давлением 0,3 МПа (3,0кгс/см в течение 10 мин. Пропуски, течь, потение, снижение давления по манометру не допускаются.
10. Покрытие внутренних необработанных поверхностей -грунтовка ГФ-021 ГОСТ 25129-82.VI.УХЛ4 ГОСТ 9.032-74.
11. Маркировать обозначение чертежа,номер паспорта ударным способом шрифтом 5Пр 3 ГОСТ 26. 008-85 глубиной (0,2-0,3) мм и клеймить клеймо ОТК.

ПГУ 1.3-07.15.03.05.M109 ПЗ					Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	6

1.1 Анализ технологичности конструкции детали

Рабочий чертеж детали «Корпус вакуумного насоса» служит для разработки технологических процессов и наладки станков. Он должен содержать все сведения, дающие полное представление о детали.

Рабочий чертеж заданной детали служит для разработки технологических процессов и наладки станков. Он должен содержать все сведения, дающие полное представление о детали.

По типу конструкции деталь можно охарактеризовать следующим образом:

а) Материал заданной детали – СЧ20, чугун обладает хорошими демпфирующими свойствами, износостойкостью при трении скольжения и достаточной прочностью для умеренно нагруженных ответственных деталей.

б) По общей классификации деталей машиностроения – корпусная.

Для оценки конструкции детали используют следующие вспомогательные показатели технологичности:

- Коэффициент точности обработки;
- Коэффициент шероховатости поверхностей;
- Коэффициент унификации элементов конструкции;
- Коэффициент использования материала.

Таблица 1.1 – Показатели технологичности конструкции детали «Корпус вакуумного насоса»

Наименование поверхности	Количество поверхностей по ГОСТ 6636-69				Количество унифицированных элементов	Квалитет, степень точности	Параметры шероховатости
	R5	R10	R20	R40			
Ø285	-	-	-	-	1	14	Ra 3,2
Ø185				1	1	7	Ra 3,2
Ø105				1	1	9	Ra 1,6
Ø86				1	1	9	Ra 1,6
Ø375	-	-	-	-	1	7	Ra 1,6
Ø395	-	-	-	-	1	9	Ra 1,6
8				1	1	14	Ra 6,3
3				1	1	14	Ra 6,3
165				1	1	14	Ra 6,3
115				1	1	14	Ra 6,3

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

ПГУ 1.3-07.15.03.05.М109 ПЗ

Лист

7

Наименование поверхности	Количество поверхностей по ГОСТ 6636-69				Количество унифицированных элементов	Квалитет, степень точности	Параметры шероховатости
	R5	R10	R20	R40			
26,5 ^{+0,1}	-	-	-	-	1	10	Ra 1,6
7				1	1	14	Ra 6,3
140				1	2	14	Ra 6,3
145				1	2	14	Ra 6,3
2x45°				1	8	14	Ra 12,5
M16-6H				1	8	14	Ra 3,2
22				1	8	14	Ra 6,3
26				1	8	14	Ra 6,3
130				1	2	14	Ra 6,3
90				1	2	14	Ra 6,3
R15				1	2	14	Ra 12,5
55				1	2	14	Ra 12,5
Ø8 ^{+0,36}				1	3	14	Ra 12,5
20				1	1	14	Ra 6,3
Ø30				1	2	14	Ra 6,3
6				1	2	14	Ra 6,3
1,6x45°				1	3	14	Ra 12,5
M10-6H				1	2	14	Ra 3,2
M12-6H				1	1	14	Ra 3,2
15				1	1	14	Ra 6,3
30				1	2	14	Ra 6,3
2x45°				1	8	14	Ra 12,5
M16-6H				1	8	14	Ra 3,2
24				1	8	14	Ra 6,3
Ø23				1	8	14	Ra 12,5
25				1	14	14	Ra 6,3
1,6x45°				1	14	14	Ra 12,5
M8-6H				1	14	14	Ra 3,2
20				1	14	14	Ra 6,3
Ø20				1	1	14	Ra 6,3
102				1	1	14	Ra 6,3
Ø20				1	2	14	Ra 12,5
38				1	2	14	Ra 6,3
Ø40				1	2	14	Ra 6,3
1,6x45°				1	2	14	Ra 12,5
2				1	2	14	Ra 6,3
32				1	2	14	Ra 6,3
M30x1,5-6H				1	2	14	Ra 3,2

Определяем коэффициент точности обработки

$$K_{т.ч.} = 1 - \frac{1}{T_{cp}},$$

где T_{cp} – средний класс точности обработки.

Определяем средний класс точности обработки

$$T_{cp} = \frac{14 \cdot 171 + 7 \cdot 2 + 9 \cdot 3 + 10 \cdot 1}{177} = 13,81$$

$$K_{т.ч.} = 1 - \frac{1}{13,81} = 0,93 > 0,8 \text{ - деталь технологична.}$$

Определяем коэффициент шероховатости

$$K_{ш.} = \frac{1}{Ш_{cp}},$$

где $Ш_{cp}$ – средняя шероховатость обработки.

$$Ш_{cp} = \frac{3,2 \cdot 37 + 1,6 \cdot 5 + 6,3 \cdot 83 + 12,5 \cdot 52}{177} = 7,34$$

$$K_{ш.} = \frac{1}{7,34} = 0,13 < 1 \text{ - деталь технологична.}$$

Качественная оценка технологичности.

Коэффициент использования материала

$$K_{и.м} = \frac{M_d}{M_3},$$

где M_d – масса детали, кг;

M_3 – масса заготовки, кг;

$$K_{и.м} = \frac{89}{97} = 0,91;$$

$$0,91 > 0,75.$$

Вывод: деталь технологичная.

Коэффициент унификации поверхностей колеса

					ПГУ 1.3-07.15.03.05.M109 ПЗ	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

где $Q_{уз}$ – количество унифицированных элементов колеса, шт.;

Q_3 – количество элементов колеса, шт.;

$$K_{уз} = \frac{173}{177} = 0,97.$$

По коэффициенту унификации колесо технологично, $K_{уз} > 0,2$.

Вывод: Деталь “Корпус вакуумного насоса” удобный в изготовлении, в процессе механической обработки не требуется применения особых инструментов и приспособлений сложной конструкции, целесообразно использовать станки с ЧПУ.

1.3 Определение типа производства

По ГОСТ 14004-85 предусматриваются следующие типы производства:

- единичное;
- серийное;
- массовое.

В свою очередь серийное производство подразделяется на крупносерийное, среднесерийное, мелкосерийное.

Расчет типа производства производится по коэффициенту закрепления операций K_{30} .

Расчет ведется с учетом основных операций механической обработки и типов металлообрабатывающего оборудования.

Исходные данные:

Годовая программа выпуска изделий: $N = 1500$ шт.

Количество деталей в изделии: $m = 2$.

Процент запасных частей: $B = 5\%$ (от 2 до 10 % в зависимости от серийности).

					ПГУ 1.3-07.15.03.05.M109 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

Процент запасных частей: $B = 5\%$ (от 2 до 10 % в зависимости от серийности).

Режим работы предприятия: 1 смена в сутки.

1. Определяем годовую программу запуска деталей

$$N_{\text{зап.}} = N \cdot m \cdot \left(1 + \frac{B}{100}\right),$$

$$N_{\text{зап.}} = N \cdot m \cdot \left(1 + \frac{B}{100}\right) = 500 \cdot 2 \cdot \left(1 + \frac{5}{100}\right) = 1050 \text{ шт.}$$

2. Определяем основное и штучно-калькуляционное время

020 Токарно-карусельная с ЧПУ

Установ А

Подрезка торца – черновое точение ($D = 431,5$ мм, $d = 386,4$):

$$T_o = 0,000037 \cdot (D^2 - d^2) = 0,000037 \cdot (431,5^2 - 386,4^2) = 1,36 \text{ мин.}$$

Поверхность – черновое растачивание ($d = 374$ мм, $\ell = 25,5$ мм):

$$T_o = 0,00018 \cdot d \cdot \ell = 0,00018 \cdot 374 \cdot 25,5 = 1,71 \text{ мин}$$

Поверхность – чистовое растачивание ($d = 375$ мм, $\ell = 26,5$ мм):

$$T_o = 0,00018 \cdot d \cdot \ell = 0,00018 \cdot 375 \cdot 26,5 = 1,78 \text{ мин}$$

Поверхность – черновое растачивание ($d = 394$ мм, $\ell = 6$ мм):

$$T_o = 0,00018 \cdot d \cdot \ell = 0,00018 \cdot 394 \cdot 6 = 0,42 \text{ мин}$$

Поверхность – чистовое растачивание ($d = 395$ мм, $\ell = 7$ мм):

$$T_o = 0,00018 \cdot d \cdot \ell = 0,00018 \cdot 395 \cdot 7 = 0,49 \text{ мин}$$

Установ Б

Подрезка торца – черновое точение ($D = 185$ мм, $d = 105$):

$$T_o = 0,000037 \cdot (D^2 - d^2) = 0,000037 \cdot (185^2 - 105^2) = 0,85 \text{ мин.}$$

Подрезка торца – чистовое точение ($D = 285$ мм, $d = 185$):

$$T_o = 0,000037 \cdot (D^2 - d^2) = 0,000037 \cdot (285^2 - 185^2) = 1,73 \text{ мин.}$$

Поверхность – черновое точение ($d = 185$ мм, $\ell = 3$ мм):

					ПГУ 1.3-07.15.03.05.М109 ПЗ	Лист
						11
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$T_o = 0,00017 \cdot d \cdot \ell = 0,00017 \cdot 185 \cdot 3 = 0,09 \text{ мин.}$$

Поверхность – чистовое точение ($d = 185 \text{ мм}$, $\ell = 3 \text{ мм}$):

$$T_o = 0,00010 \cdot d \cdot \ell = 0,00010 \cdot 185 \cdot 3 = 0,05 \text{ мин.}$$

Поверхность – черновое растачивание ($d = 105 \text{ мм}$, $\ell = 115 \text{ мм}$):

$$T_o = 0,00018 \cdot d \cdot \ell = 0,00018 \cdot 105 \cdot 115 = 2,17 \text{ мин}$$

Поверхность – чистовое растачивание ($d = 105 \text{ мм}$, $\ell = 115 \text{ мм}$):

$$T_o = 0,00018 \cdot d \cdot \ell = 0,00018 \cdot 105 \cdot 115 = 2,17 \text{ мин}$$

Поверхность – черновое растачивание ($d = 86 \text{ мм}$, $\ell = 17 \text{ мм}$):

$$T_o = 0,00018 \cdot d \cdot \ell = 0,00018 \cdot 86 \cdot 17 = 0,26 \text{ мин}$$

Поверхность – черновое растачивание ($d = 86 \text{ мм}$, $\ell = 17 \text{ мм}$):

$$T_o = 0,00018 \cdot d \cdot \ell = 0,00018 \cdot 86 \cdot 17 = 0,26 \text{ мин}$$

Сумма основного времени: $\sum T_o = 13,34 \text{ мин.}$

Штучно-калькуляционное время на операцию:

$$T_{шт.к.} = \varphi \cdot \sum T_o = 1,36 \cdot 13,34 = 18,14 \text{ мин.}$$

035 Комплексная с ЧПУ

Поверхность – черновое фрезерование ($\ell = 145 \text{ мм}$; $n = 2$):

$$T_o = 0,006 \cdot \ell \cdot 2 = 0,006 \cdot 145 \cdot 2 = 1,74 \text{ мин.}$$

Отверстие – сверление отверстия ($d = 13,9 \text{ мм}$, $\ell = 26$; $n = 8$):

$$T_o = 0,00052 \cdot d \cdot \ell \cdot n = 0,00052 \cdot 13,9 \cdot 26 \cdot 8 = 1,5 \text{ мин.}$$

Отверстие – нарезание резьбы М16 ($d = 16 \text{ мм}$, $\ell = 22 \text{ мм}$; $n = 8$):

$$T_o = 0,0004 \cdot d \cdot \ell \cdot n = 0,0004 \cdot 16 \cdot 22 \cdot 8 = 1,12 \text{ мин.}$$

Сумма основного времени: $\sum T_o \approx 4,36 \text{ мин.}$

Штучно-калькуляционное время на операцию:

$$T_{шт.к.} = \varphi \cdot \sum T_o = 1,51 \cdot 4,36 = 6,58 \text{ мин.}$$

045 Комплексная с ЧПУ

Поверхность – черновое фрезерование ($\ell = 90 \text{ мм}$; $n = 2$):

					Лист	
					12	
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ПГУ 1.3-07.15.03.05.М109 ПЗ

$$T_o = 0,006 \cdot \ell \cdot 2 = 0,006 \cdot 90 \cdot 2 = 1,08 \text{ мин.}$$

Паз – черновое фрезерование ($\ell = 30 \text{ мм}; n = 2$):

$$T_o = 0,006 \cdot \ell \cdot 2 = 0,006 \cdot 30 \cdot 2 = 0,36 \text{ мин.}$$

Отверстие – сверление отверстия ($d = 8 \text{ мм}, \ell = 29; n = 3$):

$$T_o = 0,00052 \cdot d \cdot \ell \cdot n = 0,00052 \cdot 8 \cdot 29 \cdot 3 = 0,36 \text{ мин.}$$

Отверстие – сверление отверстия ($d = 10,20 \text{ мм}, \ell = 20$):

$$T_o = 0,00052 \cdot d \cdot \ell = 0,00052 \cdot 10 \cdot 20 = 0,1 \text{ мин.}$$

Отверстие – цикловка отверстия ($d = 30 \text{ мм}, \ell = 6; n = 2$):

$$T_o = 0,00052 \cdot d \cdot \ell \cdot n = 0,00052 \cdot 30 \cdot 6 \cdot 2 = 0,18 \text{ мин.}$$

Отверстие – нарезание резьбы М10 ($d = 10 \text{ мм}, \ell = 20 \text{ мм}; n = 2$):

$$T_o = 0,0004 \cdot d \cdot \ell \cdot n = 0,0004 \cdot 10 \cdot 20 \cdot 2 = 0,16 \text{ мин.}$$

Отверстие – нарезание резьбы М12 ($d = 12 \text{ мм}, \ell = 15 \text{ мм}$):

$$T_o = 0,0004 \cdot d \cdot \ell = 0,0004 \cdot 12 \cdot 15 = 0,07 \text{ мин.}$$

Сумма основного времени: $\sum T_o \approx 2,31 \text{ мин.}$

Штучно-калькуляционное время на операцию:

$$T_{шт.к.} = \varphi \cdot \sum T_o = 1,51 \cdot 2,31 = 3,48 \text{ мин.}$$

060 Комплексная с ЧПУ

Отверстие – сверление отверстия ($d = 13,90 \text{ мм}, \ell = 30; n = 8$):

$$T_o = 0,00052 \cdot d \cdot \ell \cdot n = 0,00052 \cdot 13,90 \cdot 30 \cdot 8 = 1,73 \text{ мин.}$$

Отверстие – нарезание резьбы М16 ($d = 16 \text{ мм}, \ell = 24 \text{ мм}; n = 8$):

$$T_o = 0,0004 \cdot d \cdot \ell \cdot n = 0,0004 \cdot 16 \cdot 24 \cdot 8 = 1,22 \text{ мин.}$$

Сумма основного времени: $\sum T_o \approx 2,95 \text{ мин.}$

Штучно-калькуляционное время на операцию:

$$T_{шт.к.} = \varphi \cdot \sum T_o = 1,51 \cdot 2,95 = 4,45 \text{ мин.}$$

070 Комплексная с ЧПУ

Отверстие – сверление отверстия ($d = 23 \text{ мм}, \ell = 100; n = 8$):

					ПГУ 1.3-07.15.03.05.М109 ПЗ	Лист
						13
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$T_o = 0,00052 \cdot d \cdot \ell \cdot n = 0,00052 \cdot 23 \cdot 100 \cdot 8 = 9,56 \text{ мин.}$$

Отверстие – нарезание резьбы М8 ($d = 8 \text{ мм}$, $\ell = 20 \text{ мм}$; $n = 14$):

$$T_o = 0,0004 \cdot d \cdot \ell \cdot n = 0,0004 \cdot 8 \cdot 20 \cdot 14 = 0,89 \text{ мин.}$$

Отверстие – сверление отверстия ($d = 20 \text{ мм}$, $\ell = 102$):

$$T_o = 0,00052 \cdot d \cdot \ell = 0,00052 \cdot 20 \cdot 102 = 1,06 \text{ мин.}$$

Сумма основного времени: $\sum T_o \approx 11,51 \text{ мин.}$

Штучно-калькуляционное время на операцию:

$$T_{\text{шт.к.}} = \varphi \cdot \sum T_o = 1,51 \cdot 11,51 = 17,38 \text{ мин.}$$

085 Комплексная с ЧПУ

Установ А

Отверстие – сверление отверстия ($d = 20 \text{ мм}$, $\ell = 290$):

$$T_o = 0,00052 \cdot d \cdot \ell = 0,00052 \cdot 20 \cdot 290 = 3,01 \text{ мин.}$$

Отверстие – сверление отверстия ($d = 28,43 \text{ мм}$, $\ell = 38$):

$$T_o = 0,00052 \cdot d \cdot \ell = 0,00052 \cdot 28,43 \cdot 38 = 0,56 \text{ мин.}$$

Отверстие – цикловка отверстия ($d = 40 \text{ мм}$, $\ell = 2$):

$$T_o = 0,00052 \cdot d \cdot \ell = 0,00052 \cdot 40 \cdot 2 = 0,04 \text{ мин.}$$

Отверстие – нарезание резьбы М30 ($d = 30 \text{ мм}$, $\ell = 32 \text{ мм}$):

$$T_o = 0,0004 \cdot d \cdot \ell \cdot n = 0,0004 \cdot 30 \cdot 32 = 0,38 \text{ мин.}$$

Установ Б

Отверстие – сверление отверстия ($d = 28,43 \text{ мм}$, $\ell = 38$):

$$T_o = 0,00052 \cdot d \cdot \ell = 0,00052 \cdot 28,43 \cdot 38 = 0,56 \text{ мин.}$$

Отверстие – цикловка отверстия ($d = 40 \text{ мм}$, $\ell = 2$):

$$T_o = 0,00052 \cdot d \cdot \ell = 0,00052 \cdot 40 \cdot 2 = 0,04 \text{ мин.}$$

Отверстие – нарезание резьбы М30 ($d = 30 \text{ мм}$, $\ell = 32 \text{ мм}$):

$$T_o = 0,0004 \cdot d \cdot \ell \cdot n = 0,0004 \cdot 30 \cdot 32 = 0,38 \text{ мин.}$$

					ПГУ 1.3-07.15.03.05.М109 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

Сумма основного времени: $\sum T_o \approx 4,97$ мин.

Штучно-калькуляционное время на операцию:

$$T_{шт.к.} = \varphi \cdot \sum T_o = 1,51 \cdot 4,97 = 7,5 \text{ мин.}$$

3. Определяем количество станков

$$m_p = \frac{N_{зап} \cdot T_{шт.к.}}{60 \cdot F_d \cdot \eta_{зн}},$$

где $\eta_{зн}$ - нормативный коэффициент загрузки [1], $\eta_{зн} = 0,8$.

F_d - действительный годовой фонд времени работы оборудования [1],

$$F_d = 4029 \text{ часов.}$$

$$m_{p020} = \frac{1050 \cdot 18,14}{60 \cdot 4029 \cdot 0,8} = 0,09; P_1 = 1$$

$$m_{p035} = \frac{1050 \cdot 6,58}{60 \cdot 4029 \cdot 0,8} = 0,03; P_1 = 1$$

$$m_{p045} = \frac{1050 \cdot 3,48}{60 \cdot 4029 \cdot 0,8} = 0,01; P_1 = 1$$

$$m_{p060} = \frac{1050 \cdot 4,45}{60 \cdot 4029 \cdot 0,8} = 0,02; P_1 = 1$$

$$m_{p070} = \frac{1050 \cdot 17,38}{60 \cdot 4029 \cdot 0,8} = 0,09; P_1 = 1$$

$$m_{p085} = \frac{1050 \cdot 7,5}{60 \cdot 4029 \cdot 0,8} = 0,04; P_1 = 1$$

4. Определяем фактический коэффициент загрузки оборудования [1]

$$\eta_{зф} = \frac{m_p}{P},$$

$$\eta_{зф020} = \frac{0,09}{1} = 0,09;$$

$$\eta_{зф035,045,085} = \frac{0,03 + 0,01 + 0,04}{1} = 0,08.$$

					ПГУ 1.3-07.15.03.05.M109 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

$$\eta_{\text{эф}060,070} = \frac{0,02 + 0,09}{1} = 0,11.$$

5. Определяем количество операций выполняемых за один год на рабочем месте [1]

$$O = \frac{\eta_{\text{зн}}}{\eta_{\text{эф}}},$$

$$O_{020} = \frac{0,8}{0,09} \approx 9;$$

$$O_{035,045,085} = \frac{0,8}{0,08} \approx 10.$$

$$O_{060,070} = \frac{0,8}{0,11} \approx 8;$$

6. Определяем коэффициент закрепления операций [1]

$$K_{\text{зо}} = \frac{\sum_{i=1}^5 O}{\sum_{i=1}^3 P},$$

$$\text{Тогда: } K_{\text{зо}} = \frac{9 + 10 + 8}{2} = 13,5$$

Вывод: полученное значение соответствует *среднесерийному* типу производства ($10 < K_{\text{зо}} < 20$).

7. Определяем объем производственной партии [1]

$$n = \frac{N_{\text{зан}} \cdot t}{D_{\text{раб}}} \text{ шт.},$$

где t – нормативный запас хранения грузов на складе. Для средних деталей [1]: $t = 7$ дней (в условиях среднесерийного производства).

$D_{\text{раб}}$ – число рабочих дней в году, $D_{\text{раб}} = 251$ дней.

					ПГУ 1.3-07.15.03.05.M109 ПЗ	Лист 16
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Следовательно: $n = \frac{1050 \cdot 7}{251} = 29,28$ шт.

Принимается: $n = 30$ шт.

Результаты расчета по определению типа производства приведены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 - Результаты расчета по определению типа производства

№	Операция	$T_{шт.к.}$	m_p	P	$\eta_{зф}$	О
020	Токарная с ЧПУ	18,14	0,09	1	0,09	9
035	Комплексная с ЧПУ	6,58	0,03	1	0,08	10
045	Токарная с ЧПУ	3,48	0,01			
085	Комплексная с ЧПУ	7,5	0,04			
060	Комплексная с ЧПУ	4,45	0,02	1	0,11	8
070	Комплексная с ЧПУ	17,38	0,09			
Σ		57,53	0,28	3	0,28	27

1.4 Проектирование заготовки. Определение размеров. Экономический анализ.

Проектирование заготовки. Определение размеров. Экономический анализ.

Произведем расчет массы заготовки для 2-х вариантов.

Исходные данные:

Масса детали: 89 кг

Масса при 2-х вариантах заготовки

1) Отливка в ПГС

$M_{з1} = 120$ кг

					ПГУ 1.3-07.15.03.05.М109 ПЗ		Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			17

2) Отливка в ХТС

$$M_{32} = 97 \text{ кг}$$

Технологическую себестоимость для обоих вариантов [3, с. 15]:

$$C = C_{\text{исх.заг}} + C_3 + C_9$$

где: $C_{\text{исх.заг}}$ - себестоимость исходной заготовки,

C_9 - затраты на эксплуатацию оборудования. Стоимость исходной заготовки:

C_3 - затраты на оплату труда основных рабочих,

Стоимость исходной заготовки [3, с. 15]:

$$C_{\text{исх.заг}} = M_3 \cdot C_M \cdot K_{\text{т.з}} - M_0 \cdot C_0$$

где M_3 - масса исходной заготовки,

C_M - стоимость единицы массы заготовки, согласно [3, с. 15]

$K_{\text{т.з}}$ - коэффициент транспортно-заготовительных расходов ($K_{\text{т.з}} = 1,1$)

M_0 - масса отходов,

C_0 - стоимость единицы массы отходов (100 руб/кг - СЧ 20), согласно [3, с. 15]

1) Для литья в ПГС:

$$C_{\text{исх.заг}} = 120 \cdot 300 \cdot 1,1 - 31 \cdot 100 = 36500 \text{ руб}$$

2) Для литья в ХТС:

$$C_{\text{исх.заг}} = 97 \cdot 300 \cdot 1,1 - 8 \cdot 100 = 31210 \text{ руб}$$

Затраты на заработную плату рабочих:

$$C_{\text{зп}} = K_{\text{вн}} \cdot K_{\text{пр}} \cdot 1,26 \sum t_{\text{шт}} \cdot C_M$$

где $K_{\text{вн}}$ - коэффициент выполнения норм;

$K_{\text{пр}}$ - коэффициент прямых или дополнительных выплат (1,3);

C_M - часовая тарифная ставка рабочего: ($C_M = 600$ руб/ч);

$t_{\text{шт}}$ - трудоёмкость операций.

Трудоемкость для 2-х вариантов заготовки:

ПГУ 1.3-07.15.03.05.M109 ПЗ					Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	18

для ХТС принимаем из расчета по предыдущему пункту 1.3.

$$T_{шт-к2} = 57,53 \text{ мин}$$

$$T_{шт-к1} = \sqrt[3]{\frac{m_{заг1}^2}{m_{заг2}^2}} \cdot T_{шт-к2}$$

$$T_{шт-к1} = \sqrt[3]{\frac{120^2}{97^2}} \cdot 57,53 = 66,15 \text{ мин}$$

1) Затраты на заработную плату для обработки отливки, полученной литьем в ПГС:

$$C_{зп1} = 1,07 \cdot 1,3 \cdot 1,26 \cdot 66,15 \cdot \frac{600}{60} = 1159,38 \text{ руб.}$$

2) Затраты на заработную плату для обработки отливки, полученной литьем в ХТС:

$$C_{зп2} = 1,07 \cdot 1,3 \cdot 1,26 \cdot 57,53 \cdot \frac{600}{60} = 1008,3 \text{ руб.}$$

Затраты на эксплуатацию определяются по формуле [3, с. 15]:

$$C_{э} = \sum C_{мч} \cdot t_{шт} \cdot K_o, \text{ руб.}$$

где $C_{мч}$ – стоимость машино-часа, руб; согласно данных (планово-экономической службы) ($C_{мч} = 2500 \text{ руб/час}$);

K_o – коэффициент машино-часа.

Для отливки в ПГС:

$$C_{э} = \frac{2500}{60} \cdot 66,15 \cdot 1,3 = 3582,55 \text{ руб.}$$

Для отливки в ХТС:

$$C_{э} = \frac{2500}{60} \cdot 57,53 \cdot 1,3 = 3115,7 \text{ руб.}$$

Определяем технологическую себестоимость:

Для отливки в ПГС:

$$C_1 = 36500 + 1159,38 + 3582,55 = 41241,93 \text{ руб.}$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ПГУ 1.3-07.15.03.05.М109 ПЗ

Лист

19

Для отливки в ХТС:

$$C_2 = 31210 + 1008,3 + 3115,7 = 35334 \text{ руб.}$$

Таблица 1.3 – Данные по определению себестоимости заготовки в зависимости от выбора вида заготовки и методов ее получения

Затраты	ПГС	ХТС
Стоимость исходной заготовки, руб	36500	31210
Затраты на заработную плату, руб	1159,38	1008,3
Затраты на эксплуатацию оборудования, руб	3582,55	3115,7
Себестоимость заготовки, руб	41241,93	35334

Вывод: в качестве заготовки принимаем заготовку из ХТС.

ПГУ 1.3-07.15.03.05.М109 ПЗ

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Лист
20

Заключение

Курсовой проект посвящен глубокой переработке существующей технологии механической обработки детали «Корпус вакуумного насоса». В ходе выполнения курсового проекта были выполнены следующие задачи:

Подробно описаны конструктивные особенности детали, её эксплуатационные свойства, использованный материал и предъявляемые к нему технические требования. Эта информация позволила чётко сформулировать направления последующей оптимизации технологического процесса.

Разработан инновационный технологический процесс, предусматривающий использование современного оборудования с числовым программным управлением (ЧПУ). Благодаря этому достигнуто улучшение точности обработки, сокращение сроков подготовки производства и экономия трудовых ресурсов.

Создан специальный универсальный станок-приспособление, предназначенный для ускорения обработки детали. Тщательно выполнен расчёт силового воздействия, обеспечивающего надёжность и безопасность применения.

Осуществлено комплексное экономическое исследование, сравнивающее старую технологию с предлагаемым улучшенным вариантом. Полученные данные подтвердили существенное снижение расходов на производство и минимизацию необходимых инвестиций в новое оборудование.

Годовой экономический эффект от внедрения нового технологического процесса составит 168137 руб

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ПГУ 1.3-07.15.03.05.M109 ПЗ

Лист

73