

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»

(наименование)

15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение

машиностроительных производств

(код и наименование направления подготовки)

Технология машиностроения

(направленность (профиль))

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на **Технологический процесс изготовления армирующего элемента для**
тему **малогабаритных ЧПУ станков**

Обучающийся

О.А. Коростелева

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

доцент кафедры «ОТМП» Д.Г. Левашкин

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Консультанты

канд. экон. наук, доцент, Е.Г. Смышляева

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

канд. физ. - мат. наук, доцент, Д.А. Романов

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2024

Аннотация

В бакалаврской работе «Технологический процесс изготовления армирующего элемента для малогабаритных ЧПУ станков» посредством проектирования технологического процесса делается вклад в поиск производительного, дешёвого и эффективного пути изготовления армирующего стержня, интегрируемого в базовые узлы станочного оборудования.

Форма и назначение детали назначены согласно заданию.

В рамках работы решается ряд задач поскольку целью является проектирование технологического процесса. Проведён анализ условий работы детали, классифицированы поверхности, рассчитана технологичность и сформулированы задачи работы.

Выбран тип производства на основе программы выпуска и массы детали, спроектирована заготовка и методы её обработки, рассчитаны припуски и межоперационные размеры, разработан маршрут и схема базирования, выбраны средства технологического оснащения, проведено нормирования и определены режимы обработки.

Спроектированы необходимые приспособления, оценена безопасность и экологичность технологического процесса, рассчитана экономическая эффективность.

При разработке технологического процесса соблюдаются принципы концентрации переходов на операции и широкого применения станков с числовым программным управлением. Однако присутствуют операции, допускающие использование более дешёвых средств, что находит отражение в экономической эффективности работы.

Бакалаврская работа состоит из пояснительной записки в размере 47 страницы, содержащей 12 таблиц, 8 рисунков, и графической части, содержащей 9 листов.

Abstract

In the bachelor's thesis "Technological process of manufacturing a reinforcing element for small-sized CNC machines" by designing a technological process, a contribution is made to the search for a productive, cheap and effective way of manufacturing a reinforcing rod integrated into basic units of machine tools.

The shape and purpose of the part are assigned according to the assignment.

Within the framework of the work, a number of problems are solved since the goal is to design a technological process. An analysis of the working conditions of the part is carried out, surfaces are classified, manufacturability is calculated and work tasks are formulated.

The type of production is selected based on the release program and weight of the part, the workpiece and its processing methods are designed, allowances and interoperational dimensions are calculated, a route and basing scheme are developed, technological equipment is selected, standardization is carried out and processing modes are determined.

The necessary devices are designed, the safety and environmental friendliness of the technological process are assessed, economic efficiency is calculated.

When developing the technological process, the principles of concentrating transitions to operations and the widespread use of machines with numerical program control are observed. However, there are operations that allow the use of cheaper means, which is reflected in the economic efficiency of the work. The bachelor's thesis consists of an explanatory note of 47 pages, containing 12 tables, 8 figures, and a graphic section containing 9 sheets.

Введение

В данной квалификационной работе разработана технология изготовления армирующего элемента особой формы для использования в конструкции малогабаритных станков с ЧПУ.

В работе рассмотрены все этапы проектирования технологического процесса. Наименования разделов соответствует перечню задач сформулированных для достижения целей.

Первый раздел посвящён анализу исходных данных включая эксплуатационное назначение детали и требования и указанные на созданном чертеже.

Второй раздел состоит из решения задач, связанных с технологией изготовления армирующего элемента станка. Проектная технология имеет особенность в виде наличия специальной слесарной операции по формированию эллипса на армирующем элементе. Это воздействие на деталь сопровождается локальным размерным тепловым воздействием посредством индукционного нагревателя с обмотками либо горелки. Нагрев и применение специальной разжимной обратной струбцины позволит создавать необходимую радиальную форму в широком диапазоне радиусов. Потенциально такое приспособление может быть оснащено силовым приводом.

В третьем разделе проведено проектирование специальных приспособлений необходимых для реализации технологического процесса. В частности, спроектирован оптимальный поводковый патрон для операции точения, а также необходимое приспособление для формирования эллипса, представляющее собой обратную струбцину.

После проектирования технологии проводится анализ объекта на экологичность и техносферную безопасность. Также немало важным этап является оценка экономической эффективности работы.

Содержание

Введение.....	4
1. Анализ исходных данных.....	6
1.1 Анализ условий работы и служебного назначения	6
1.2 Классификация поверхностей.....	6
1.3 Анализ технологичности.....	8
1.4 Формулировка целей и задач работы.....	9
2. Технологическая часть работы	10
2.1 Выбор типа производства.....	10
2.2 Выбор и проектирование исходной заготовки.....	10
2.3 Выбор методов обработки поверхностей	15
2.4 Расчёт размеров и припусков.....	16
2.5 Технологический маршрут.....	18
2.6 Разработка схем базирования	19
2.7 Выбор средств оснащения.....	21
2.8 Расчёт режимов резания	22
2.9 Нормирование.....	25
3. Проектирование приспособлений	29
3.1 Проектирование поводкового патрона	29
3.2 Проектирование обратной струбцины.....	31
4. Безопасность и экологичность технического объекта	36
5. Экономическая эффективность работы	41
Заключение	44
Список используемых источников.....	45
Приложение А Маршрутная карта	48
Приложение Б Операционная карта.....	51
Приложение В Спецификация	53

1 Анализ исходных данных

1.1 Анализ условий работы и служебного назначения

Рассматриваемая деталь относится к деталям типа «вал» сложной геометрической формы. Деталь является армирующим элементом базового узла малогабаритных станков. Его назначение в конструкции узла состоит в повышении его виброгашущих и жесткостных свойств.

Армирующий элемент претерпевает знакопостоянную нагрузку растяжения и воспринимает внешние динамические знакопеременные силы. Его установка в конструкцию происходит по резьбовым поверхностям, по которым в дальнейшем и фиксируется. Величина претерпеваемого растяжения варьируется в широком диапазоне, как и амплитуды внешних возмущающих колебаний.

Деталь не эксплуатируется в условиях агрессивных сред, влажности и не испытывает ударных нагрузок. В связи со всем вышеизложенным к поверхностям детали не предъявляется высоких требований по точности и шероховатости. Фактически единственными поверхностями обрабатываемыми начисто являются поверхности резьбовых участков.

1.2 Классификация поверхностей

Произведём классификацию поверхностей детали, согласно их служебному назначению, для этого пронумеруем все поверхности детали (рисунок 1)

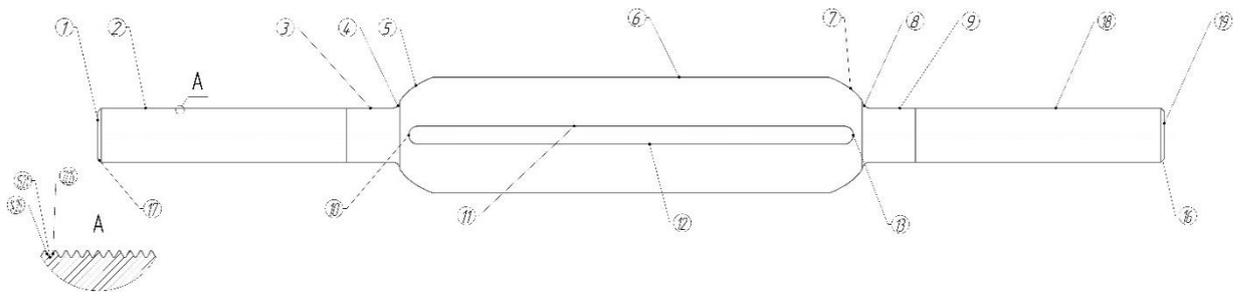


Рисунок 1 – Нумерация поверхностей

Пронумеровав поверхности деталей и опираясь на данные чертежа, а также раздела 1.1 по анализу детали, резюмируем информацию по назначению поверхностей (таблица 1).

Таблица 1 – Классификация поверхностей

Типы поверхностей	Номер поверхности
Исполнительные	14,20,22,23
Основные конструкторские базы	2,18
Вспомогательные конструкторские базы	15,21
Свободные	Все прочие

Исполнительными поверхностями детали является боковые поверхности витков резьбы, основными конструкторскими базами является внешний диаметр резьбы поскольку установка армирующего элемента в узел станка происходит в отверстия. В свою очередь внутренний диаметр резьбы служит для ориентации и навинчивая гайку что обуславливает его классификацию в качестве вспомогательной конструкторской базы.

Несмотря на то, что эллипсообразный участок является ключевым для армирующего элемента, он не требует механической обработки и является свободной поверхностью. Данный факт обусловлен тем, что форма является достаточным условием для выполнения армирующим элементом своей функции в станке.

1.3 Анализ технологичности

Изготовление рассматриваемой детали по части механической обработки является технологичным поскольку может быть осуществлено с помощью стандартных средств технологического оснащения. Армирующий элемент не требует никакой термической или физико-химической обработки.

Однако операция формирования эллипса требует проектного подхода, разработки специальной оснастки и термического воздействия для снижения предела пропорциональности центрального участка заготовки.

Масса детали составляет 6,8 кг, что позволяет без проблем осуществлять перенос заготовки с одной операции на другую, а также квантовать в рабочей зоне [6].

При токарной обработке появляется необходимость захвата заготовки по нарезанным виткам резьбы. Данный вопрос решается применением поводкового патрона либо резьбовой втулки.

Оценим технологичность детали наиболее объективным методом, подразумевающим расчёт специальных коэффициентов []. Внесём данные в таблицу 2

Таблица 2 – Технологичность детали

Название коэффициента	Формула	Численное значение
Коэффициент использования материала	$m_{дет}/M_{заг}$	0,66
Коэффициент унификации	$N_{униф.}/N$	0,86
Коэффициент точности	$1-(1/IT_{ср})$	0,79
Коэффициент шероховатости	$1/Ra_{ср}$	8,2

Полученные значения говорят о технологичности детали. Пересмотра геометрии не требуется.

1.4 Формулировка целей и задач работы

Целью настоящей работы является проектирование эффективного технологического процесса изготовления специального армирующего элемента для малогабаритных ЧПУ станков. Проектирование технологии включает в себя следующие этапы:

- Выбор типа производства;
- Выбор и проектирование исходной заготовки;
- Выбор методов обработки поверхностей;
- Расчёт размеров и припусков;
- Технологический маршрут;
- Разработка схем базирования;
- Выбор средств оснащения;
- Расчёт режимов резания;
- Нормирование;
- Проектирование приспособлений.

Таким образом перечень задач соответствует содержанию [8].

2 Технологическая часть работы

2.1 Выбор типа производства

Основной фактор, влияющий на построение всей технологии – принятый тип производства. Поскольку расчет коэффициента закрепления операций не представляется возможным, то принимаем упрощенную методику, основанную на анализе массы изделия и его программы выпуска. Согласно заданию объем выпуска составляет 10000 деталей в год, а масса детали при этом равна 6,8кг. Поэтому, тип производства в нашем случае определяется как среднесерийный.

«Среднесерийный тип производства характеризуется переменнo-поточной формой организации производства, средней длительностью и средним объёмом выпуска, допускает использование как типовой универсальной оснастки, так и специальной. Технологические задачи, такие как определение операционных размеров и нормирование времени для данного типа производства выполняются расчётно-аналитическими методами [8]».

2.2 Выбор и проектирование исходной заготовки

«В качестве исходной заготовки, с учётом того, что материал детали сталь 40X, может быть принят либо отрезок круглого проката, либо штамп. Необходимо провести расчётное обоснование оптимальности метода получения заготовки по известной методике» [2], [3]. Эскизы заготовок отражены на рисунке 2,3.

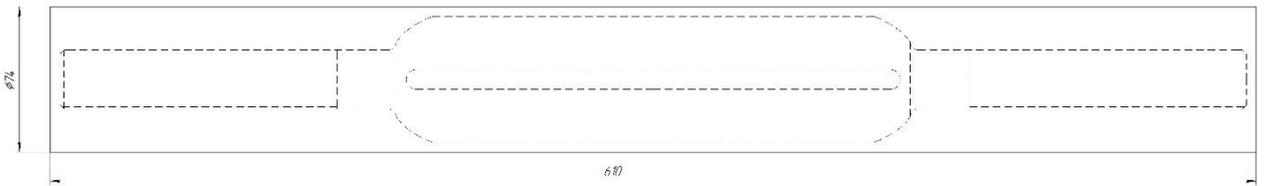


Рисунок 2 – Эскиз проката

Для проведения комплексной оценки целесообразности применения того или иного метода получения исходной заготовки, необходимо определить не только массы получаемых заготовок исходя из расчета их габаритов, но и учесть некоторые коэффициенты, призванные учесть ряд факторов при производстве заготовок [2].

Располагая данными о габаритных размерах требуемого проката равного сечения, определим его массу для последующего сравнения с альтернативным вариантом [2]:

$$M_{шт} = M_{дет} \cdot K_p \quad (1)$$

где $M_{дет}$ – масса готовой детали, кг;

K_p – коэффициент формы детали, устанавливается по, $K_p = 1.5$.

$$M_{шт} = 6,8 \cdot 1,5 = 10,2 \text{ кг}$$

Получено значение для заготовки из круглого проката. Далее, рассмотрим вариант ее получения при помощи горячего штампования [23]. Данный вариант требует прессовой и формовой оснастки, однако позволит получить лучшие значения качества поверхностей детали и более близкую к конечной детали форму.

Рассчитаем стоимость требуемой штампованной заготовки [2]:

$$C_{заг.штамп} = C_{баз} \cdot M_{шт} \cdot K_T \quad (2)$$

где $C_{\text{баз.}}$ – цена 1 т штампа заготовок, принятая за базу, руб./кг, $C_{\text{баз}} = 34,3$ руб./кг;

$M_{\text{шт.}}$ – предварительно рассчитанная масса штамповки, кг;

$K_{\text{т}}$ – коэффициент, учитывающий реальные условия производства

$$C_{\text{заг.штамп}} = 34,3 \cdot 10,2 \cdot 1 \cdot 0,87 \cdot 0,8 \cdot 1,18 \cdot 1 = 287,333 \text{ руб.}$$

Стоимость ее механической обработки составит [2]:

$$C_{\text{м.о}} = (M_{\text{шт}} - M_{\text{дет}}) \cdot C_{\text{уд}} \quad (3)$$

где $C_{\text{уд}}$ – удельная стоимость съема 1 кг материала, руб./кг.

$$C_{\text{м.о}} = (10,2 - 6,8) \cdot (14,8 + 1 \cdot 32,5) = 160,82 \text{ руб.}$$

Соответственно, определим стоимость отходов (стоимость металла, переработанного в стружку) [2]

$$C_{\text{отх}} = 11\% \cdot C_{\text{заг.штамп}} \quad (4)$$

$$C_{\text{отх}} = 11\% \cdot 287,333 = 31,606 \text{ руб}$$

$$C_{\text{дет}} = 287,33 + 160,82 - 31,606 = 416,544 \text{ руб.}$$

Для случая проката круглого: [2]

$$C_{\text{пр}} = C_{\text{м.пр}} \cdot M_{\text{пр}} + C_{\text{отрз}} \quad (5)$$

где $C_{\text{м.пр}}$ – стоимость металла 1 кг проката в руб./кг; $C_{\text{м.пр}} = 49$ руб./кг

$C_{\text{отрз}}$ – стоимость реза проката на мерные заготовки, руб.

$$C_{\text{отрз}} = \frac{C_{\text{пз}} \cdot T_{\text{шт}}}{60} \quad (6)$$

где $C_{\text{пз}}$ – затраты, для отрезного станка, руб./ч; $C_{\text{пз}} = 30,2$ руб./ч

$$T_{шт} = T_0 \cdot \varphi_k \quad (7)$$

где T_0 – время обработки основное (машинное), мин;

φ_k – параметр, учитывающий вид оборудования, принимается $\varphi_k = 1,5$

Поскольку прокат отрезается по необходимой длине с использованием отрезного станка, то необходимо рассчитать время его работы с учетом диаметра прутка [2]:

$$T_0 = 0,19 \cdot d_{пр}^2 \cdot 10^{-3} \quad (8)$$

$$T_0 = 0,19 \cdot 69^2 \cdot 10^{-3} = 0,904 \text{ мин}$$

$$T_{шт} = 0,904 \cdot 1,5 = 1,356 \text{ мин}$$

$$C_{отрз} = \frac{30,2 \cdot 1,356}{60} = 0,682 \text{ руб.}$$

$$C_{пр} = 49 \cdot 17,9 + 0,682 = 877,782 \text{ руб.}$$

$$C_{м.о} = (17,9 - 6,8) \cdot (14,8 + 1 \cdot 32,5) = 525,03 \text{ руб.}$$

$$C_{отх} = 11\% \cdot C_{пр} \quad (9)$$

$$C_{отх} = 11\% \cdot 877,782 = 96,556 \text{ руб.}$$

$$C_{дет} = C_{пр} + C_{м.о} - C_{отх} \quad (10)$$

$$C_{дет} = 877,782 + 525,03 - 96,556 = 1306,256 \text{ руб.}$$

Тем самым заготовку мы берём из штамповки

Экономический эффект, приведённый к годовой программе выпуска, будет равен [2]:

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = (C_{\text{д.про}} - C_{\text{д.што}}) \cdot N_{\text{год}} \quad (11)$$

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = (1306,256 - 416,544) \cdot 10\,000 = 8\,897\,120 \text{ руб}$$

«Проектирование и расчёт исходной заготовки

Выполненные расчёты позволяют спроектировать заготовку.

Проектирование выполнено в соответствии с ГОСТ 7505-89.

Принимаем оборудование для штамповки: КГШП (закрытая штамповка), принимаем индукционный способ нагрева заготовки.

Принимаем для нашей заготовки: параметр класса точности – Т3, параметр группы стали М2, параметр, характеризующий степень сложности-С2, плоскость разъёма штампа соответствует конфигурации-П(плоская), при этом исходный индекс будет-13

Допуски заготовки принимаем по ГОСТ 7505-89

Примем штамповочный уклон на поверхностях заготовки не более 5°

Радиусное скругление углов штамповки – R = 2,5 мм, остаточный облой по контуру – 0,8 мм, смещение плоскости разъёма штампов – 0,6 мм, заусенец по контуру 2,5 мм, шероховатость – Ra 12,5 мкм» [2].

Эскиз штампованной заготовки приводим на рисунке 3

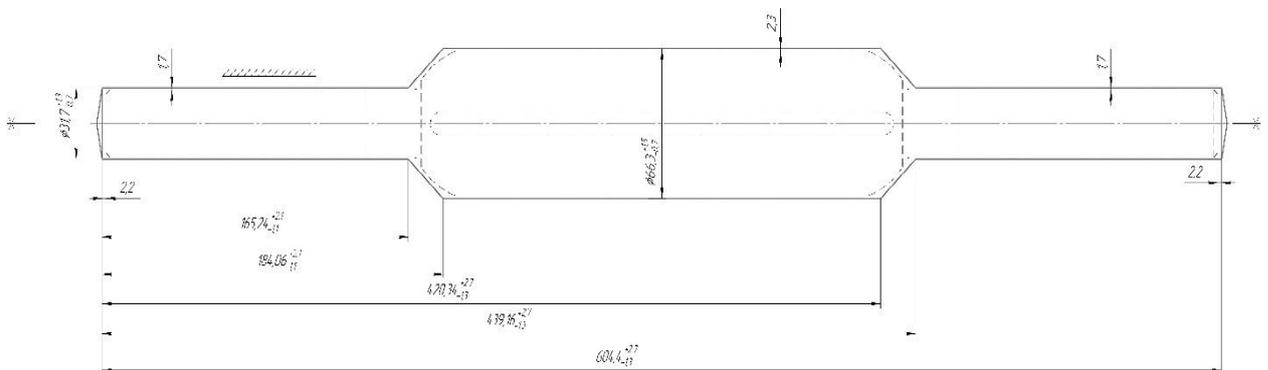


Рисунок 3 – Эскиз штамповки

При расчёте объёма цилиндрические элементы штамповки будем определять по формуле

$$V_{ц} = \pi \cdot d_{пр}^2 \cdot \frac{l_{пр}}{4} \quad (12)$$

$$V_{ц} = \pi * \frac{(31,7^2 \cdot 165,24 + 66,3^2 \cdot 236,28 + 31,7^2 \cdot 165,24)}{4} \\ = 1076000 \text{ мм}^3$$

$$M_{зш} = V \cdot \gamma \quad (13)$$

$$M_{зш} = 1076000 \cdot 7,82 \cdot 10^{-6} = 8,414 \text{ кг}$$

$$\text{КИМ} = \frac{M_{д}}{M_{зш}} \quad (14)$$

$$\text{КИМ} = \frac{6,8}{8,414} = 0,808$$

Итак, приведённые расчёт позволяют сделать заключение об экономической рациональности использования штамповки в качестве исходной заготовки

2.3 Выбор методов обработки поверхностей

Имея чертёж с требованиями, данные о геометрии детали, требуемую производство, сформируем перечень методов обработки (таблица 3).

Таблица 3 – Методы обработки поверхностей

Номер поверхности	IT	Ra	Тип поверхности*	Переходы**
6	12	12,5	Ц	Т (12; 12,5)
1,19	12	12,5	П	Фц (12; 12,5)
2,14,15,18,20, 21,22,23	10	6,3	Р	Т (12; 12,5) Тпч (10;6,3) РН (6g; 6,3)
16,17	10	6,3	Фаска	Т (12; 12,5) Тпч (10;6,3)
3,4,8,9	10	6,3	Ц	Т (12; 12,5) Тпч (10;6,3)
5,7	12	12,5	Фасонная	Т (12; 12,5)
10,13	12	12,5	Фасонная	Ф (12; 12,5)
11,12	12	12,5	П	Ф (12; 12,5)
*Ц – цилиндрическая, П – плоская, Р – резьбовая **Т – точение черновое, Фц – фрезерование торцовое черновое, Тпч – точение получистовое, РН – резьбонарезание резцом, Ф – фрезерование черновое				

Как видно из таблицы механическая обработка детали достаточно проста и находится в пределах 10 качества точности. Простота обработки компенсируется нестандартной слесарной операцией, рассмотренной далее.

Для реализации выборных методов обработки можно использовать стандартный инструмент и относительно простое оборудование.

2.4 Расчёт размеров и припусков

Проведём расчёт промежуточных минимальных и максимальных припусков, а также операционные диаметры, применяя известную методику аналитического расчёта припусков [2].

Найдём расчётным способом значение минимальных припусков и размеры на переходы по обработке шеек диаметром 29,7h10(-0.084) под резьбу. Для этого воспользуемся зависимостями, указанными ниже.

$$\rho_{\text{заг}} = \sqrt{\rho_{\text{кор}}^2 + \rho_{\text{ц}}^2 + \rho_{\text{см}}^2} \quad (15)$$

где $\rho_{\text{кор}}$ - величина коробления, мкм;

$\rho_{\text{ц}}$ - погрешность зацентровки, мкм;

$\rho_{\text{см}}$ - смещение поверхности, мкм.

Величина коробления находится по формуле:

$$\rho_{\text{кор}} = \Delta k \cdot l \quad (16)$$

где Δk – величина удельного коробления, мкм/мм;

l - длина нормируемой поверхности, мкм.

$$\rho_{\text{кор}} = 1.3 \cdot 170 = 221 \text{ мкм}$$

Зацентровка

$$\rho_{\text{ц}} = \sqrt{0,25 \cdot TD_3^2 + 1} \quad (17)$$

где TD_3 – допуск шейки заготовки, мм.

$$\rho_{\text{ц}} = \sqrt{0,25 \cdot 1^2 + 1} = 1,11 \text{ мм}$$

$$\rho_{\text{заг}} = \sqrt{0,22^2 + 1,11^2 + 0,6^2} = 1,28 \text{ мм}$$

$$\rho_{\text{точ1}} = K_i \cdot \rho_{\text{заг}} \quad (18)$$

где K_i – коэффициент уточнения.

$$\rho_{\text{точ1}} = 0,05 \cdot 1,28 = 0,064 \text{ мм}$$

$$2Z_{min} = 2 \left(Rz + h + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{yi}^2} \right), \quad (19)$$

$$d_{min}^{i-1} = d_{min}^i + 2Z_{min}, \quad (20)$$

$$d_{max}^i = d_{min}^i + Td^i, \quad (21)$$

$$2Z_{max} = d_{max}^{i-1} - d_{max}^i, \quad (22)$$

$$2Z_{min} = d_{min}^{i-1} - d_{min}^i. \quad (23)$$

Таблица 4 – Результаты расчёта припусков

Переход	Элемент припуска, мкм				Td, мм	2Z, мм		D, мм	
	T	R _Z	ρ	ε _ц		min	max	min	max
Штамповка	200	200	1280	-	1	-	-	30,13	31,13
Токарная с ЧПУ	25	25	64	70	0,039	0,177	0,08	29,96	30

2.5 Технологический маршрут

После выбора методов обработки поверхностей, с учётом ранее изложенных требований к детали, имеем возможность создать последовательный маршрут обработки детали, который ляжет в основу плана изготовления и всех последующих расчётов касемо проектирования операций [10]. Сведём полученный маршрут в таблицу 5

Таблица 5 – Технологический маршрут

Номер, наименование операции	№ обрабатываемой поверхности	IT	Ra, мкм
Оп000 - Заготовительная	-	16	20
Оп005 - Фрезерно-центровальная	1,19	12	12,5
Оп010 - Токарная с ЧПУ	2,3,4,5,6,7,8,9,14,15,16,17,18,20,21,22,23	10	6,3
Оп015- Фрезерная	10,11,12,13	12	12,5
Оп020 - Слесарная	10,11,12,13	—	—

Продолжение таблицы 5

Оп025 - Моечная	—	—	—
Оп030 - Контрольная	—	—	—

Из маршрута видно, что наиболее трудоёмкой, а также самой точной операцией является токарная с ЧПУ. По этой причине дальнейшие этапы расчётов режимов резания и нормирования будут проводиться именно по данной операции.

2.6 Разработка схем базирования

Рассматриваемая деталь на до слесарной операции является телом вращения при чём с резьбовыми участками на обоих концах, по этой причине проводится фрезерно центровальные операции для установки заготовки в центре на токарной операции. Для данной операции схема базирования отображена на рисунке 4. на операциях на фрезерно центровальной и фрезерной заготовка укладывается на призмы с прижимом, чему соответствует рисунок 6. На слесарной операции заготовка устанавливается в слесарные тиски [13] (рисунок 7).

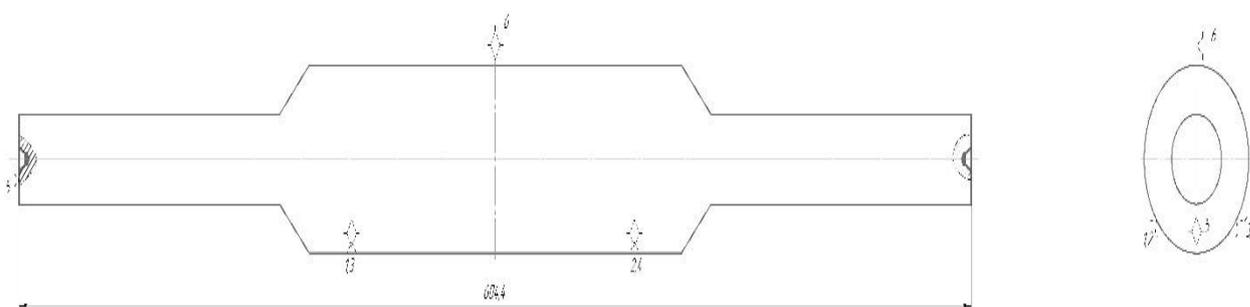


Рисунок 4 – Схема базирования на фрезерно центровальная операция

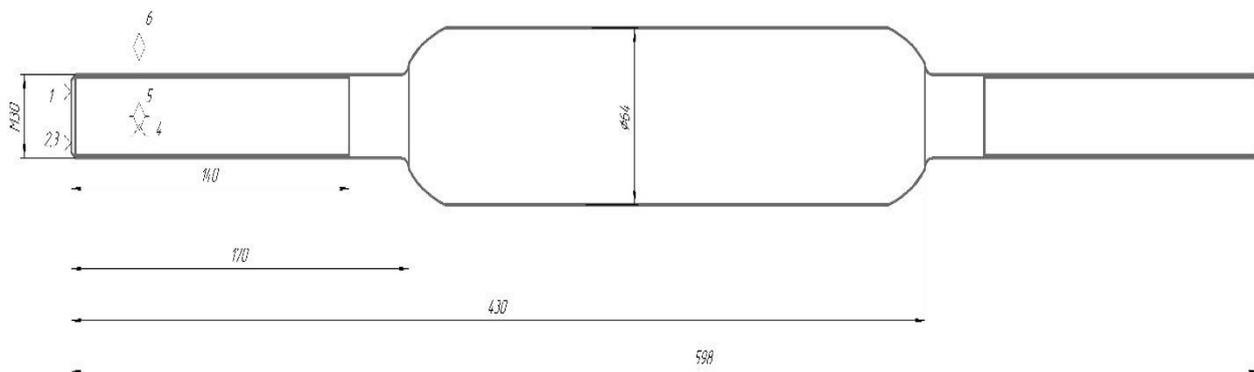


Рисунок 5 – Схема базирования токарная с ЧПУ операция

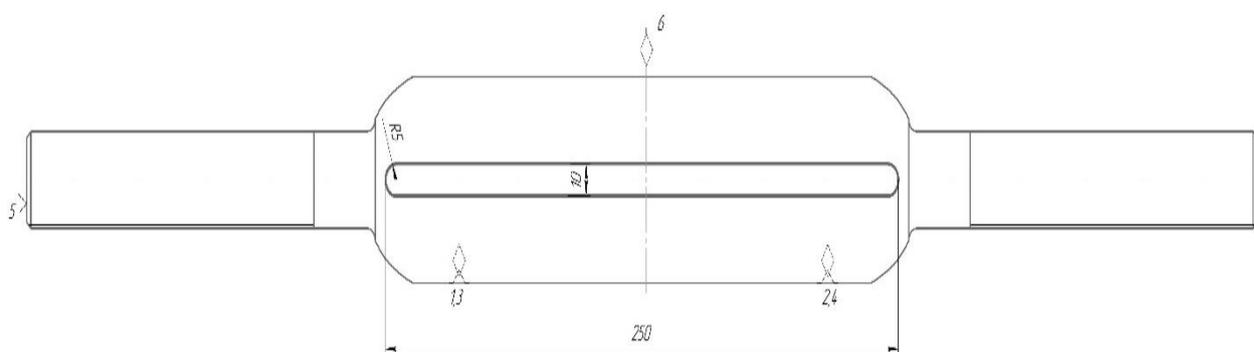


Рисунок 6 – Схема базирования фрезерная операция

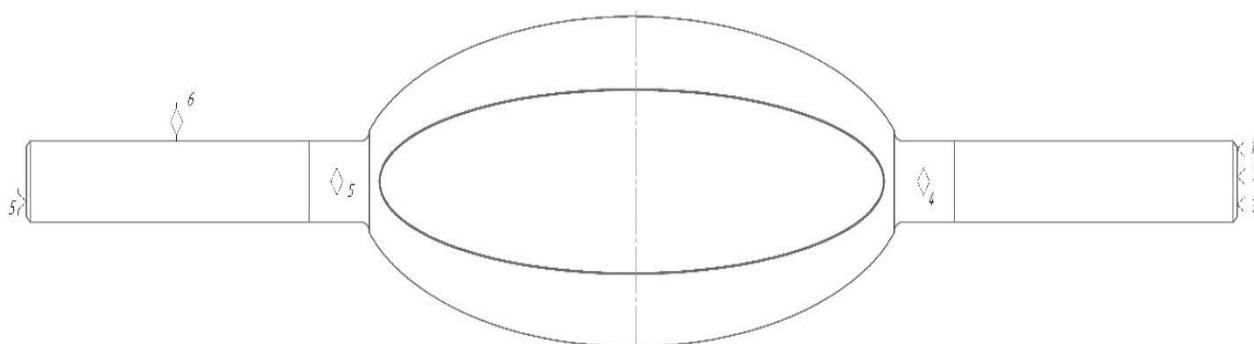


Рисунок 7 – Схема базирования слесарная операция

Для случая установки на призмы и тисках будет иметь место погрешность базирования, однако поскольку данные операции (особенно

слесарная) не имеют строгих требований по точности, то погрешность базирования является крайне незначительной составляющей [22].

2.7 Выбор средств оснащения

Для реализации технологического процесса необходимо подобрать оптимальную номенклатуру оборудования, приспособлений, режущего инструмента и контрольно-измерительных средств, соответствующих среднесерийному типу производства [5]. Внесём в таблицу 6 выбранные СТО.

Таблица 6 – Выбор СТО

Номер и наименование операции	Оборудование	Технологическая оснастка		
		Станочное приспособление	Режущий инструмент	Контрольно измерительные средства
000	—	КГШП	—	—
005	Фрезерно-центровальный станок МР71М	УНП с самоцентрирующими призмами и пневмоприводом ГОСТ 12195-66	Фреза торцовая насадная со вставными ножами 2214-0331 ГОСТ 1092-80. Сверло центровочное 04 тип А ГОСТ 14952-75 Р6М5	Штанценциркуль ШЦ-1-0,1 ГОСТ 166-81
010	Станок токарный 16Б16Т1 с ЧПУ	Патрон токарный поводковый 7108-0021 ГОСТ 2571-71; Центр А-1-4У ГОСТ 8742-75	Резец сборный проходной 2145-0601 ГОСТ 20874-75. Резец токарный резьбовой 2660-0003 3,5 Т15К6 ГОСТ 18885-73, тип 1.	Штанценциркуль ШЦ-1-0,1 ГОСТ 166-81

Продолжение таблицы 6

015	Настольный фрезерный станок METALMASTER MMD-30LV MG 19929	УНП с самоцентрирующими призмами и пневмоприводом ГОСТ 12195-66	Фреза 2223-0112 ГОСТ 17026-71	Штанценциркуль ШЦ-1-0,1 ГОСТ 166-81
020	Индукционный нагреватель Приспособление специальное	Тиски станочные винтовые самоцентрирующие с призматическим и губками для круглых профилей ГОСТ 21168-75	—	Штанценциркуль ШЦ-1-0,1 ГОСТ 166-81
025	Камерная моечная машина	—	—	—

Все выбранные инструменты и прочие средства оснащения отражены в маршрутной и операционной карте [10], [20]. Специальные приспособления операции 020 будет спроектировано в разделе «3».

2.8 Расчёт режимов резания

Все технологические переходы токарной операции связаны с наружной обработкой, причём именно на этой операции достигается наибольшая точность. Рассчитаем оптимальные режимы резания для этой лимитирующей операции. Методика расчётов [8], [17], [26].

Операция 010 Токарная с ЧПУ

Точение поверхностей с выдержкой размеров: $\varnothing 29,7_{-0,084}$, $\varnothing 64_{-1,9}$

Точение и нарезание резьбы М30

Подача на оборот заготовки S , мм/об [12]:

1. $S = 0,5$ мм

2. $S = 0,2$ мм

3. $S = 3,5 =$ шаг резьбы мм

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V \quad (24)$$

где C_V – коэффициент зависимости от условий точения; $C_V = 350$;

T – норматив времени работы инструментального материала между перетачиванием, мин; $T = 60$ мин;

t – припуск на обработку, мм;

m, x, y - показатели степеней зависимостей: $m = 0.2, x = 0.15, y = 0.35$;

K_V – параметр фактической обработки.

Для точения: черного $V = \frac{350}{60^{0.2} \cdot 3^{0.15} \cdot 0.5^{0.35}} \cdot 1 = 166,813$ м/мин

получистового $V = \frac{420}{60^{0.2} \cdot 0.4^{0.15} \cdot 0.2^{0.2}} \cdot 1 = 293,16$ м/мин

Для резьбонарезания:

$$V = \frac{C_V \cdot i^x}{T^m \cdot S^y} \cdot K_V \quad (25)$$

где C_V – коэффициент зависимости от условий точения; $C_V = 244$;

$$V = \frac{244 \cdot 7^{0.23}}{70^{0.2} \cdot 3,5^{0.3}} \cdot 0.75 = 87,848 \text{ м/мин}$$

Произведём определение частоты вращения шпинделя станка n , мин⁻¹:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \quad (26)$$

где V - рассчитанная скорость резания, м/мин

$$n_1 = \frac{1000 \cdot 166,813}{\pi \cdot 64} = 829,66 \text{ мин}^{-1}$$

$$n_2 = \frac{1000 \cdot 166,813}{\pi \cdot 33,1} = 1604,18 \text{ мин}^{-1}$$

$$n_3 = \frac{1000 \cdot 293,16}{\pi \cdot 30,1} = 3100,19 \text{ мин}^{-1}$$

$$n_4 = \frac{1000 \cdot 87,848}{\pi \cdot 29,7} = 941,511 \text{ мин}^{-1}$$

По паспорту станка:

$$n_1 = 830 \text{ мин}^{-1}$$

$$n_2 = 1605 \text{ мин}^{-1}$$

$$n_3 = 3101 \text{ мин}^{-1}$$

$$n_4 = 942 \text{ мин}^{-1}$$

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \quad (27)$$

где C_p - коэффициент зависимости параметров обработки на силы резания; $C_p = 300$;

K_p - коэффициент зависимости от обрабатываемой стали и характеристик инструмента.

Для резьбонарезания

$$P_H = \frac{10 \cdot C_p \cdot P^y}{i^n} \cdot K_p \quad (28)$$

Где, P – шаг резьбы, мм;

i – число рабочих ходов;

C_p – коэффициент зависимости параметров обработки на силы резания; $C_p = 148$

$$K_p = K_{\text{мр}}$$

y, n - коэффициенты показателей степени; для точения, $y = 1.7$, $n = 0.71$.

$$P_H = \frac{10 \cdot 148 \cdot 3,5^{1,7}}{7^{0,71}} \cdot 1 = 3127,215 \text{ Н}$$

Мощность резания

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} \quad (29)$$

При точении:

$$N_1 = \frac{355 \cdot 166,813}{1020 \cdot 60} = 0,968 \text{ кВт}$$

$$N_2 = \frac{355 \cdot 293,16}{1020 \cdot 60} = 1,7 \text{ кВт}$$

При резьбонарезании

$$N = \frac{4257 \cdot 87,848}{1020 \cdot 60} = 6,11 \text{ кВт}$$

Полученные значения пиковых сил резания и эффективных мощностей доказывают осуществимость разрабатываемого технологического процесса на выбранном оборудовании [1].

2.9 Нормирование

Операция токарная с ЧПУ является лимитирующей, потому следует рассчитать нормы времени по известной методике [14], [16].

$$T_{\text{ш-к}} = \frac{T_{\text{пз}}}{n} + T_{\text{шт}} \quad (30)$$

«где $T_{\text{шт}}$ – штучное время, мин;

$T_{\text{пз}}$ – подготовительно-заключительное время, мин;

n – количество деталей в партии запуска, шт.

$$T_{\text{шт}} = T_o + T_v + T_{\text{об}} + T_{\text{пер}} \quad (31)$$

где T_o – основное время;

T_v – вспомогательное время;

$T_{об}$ – время на обслуживание рабочего места;

$T_{пер}$ – время перерывов на отдых и личные надобности» [2].

$$T_o = \frac{L_{раб.ход} \cdot i}{n \cdot s} \quad (32)$$

где $L_{раб.ход}$ - суммарная длина хода инструмента, мм, определяется как:

Проведем расчет норм времени на операцию 010 «Токарная с ЧПУ» на каждую из позиций [25].

Черновое точение центральной цилиндрической поверхности заготовки:

$$L_{раб.ход} = 235,34 + 4 + 2 = 241,34 \text{ мм}$$

$$T_o = \frac{241,34 \cdot 1}{850 \cdot 0,5} = 0,568 \text{ мин}$$

Позиция чернового точения цилиндрической поверхности заготовки, проводимая для одного конца заготовки:

$$L_{раб.ход} = 185 + 4 + 0 = 189 \text{ мм}$$

$$T_o = \frac{189 \cdot 1}{1600 \cdot 0,5} = 0,236 \text{ мин}$$

Для получения суммарного основного времени на черновое точение обоих участков под резьбу, необходимо умножить полученное время на 2.

Позиция чистового точения цилиндрической поверхности заготовки, проводимая для одного конца заготовки:

$$L_{раб.ход} = 185 + 4 + 0 = 189 \text{ мм}$$

$$T_o = \frac{189 \cdot 1}{3000 \cdot 0,2} = 0,315 \text{ мин}$$

Позиция резьбонарезания резьбы М30, проводимая для одного конца заготовки:

$$T_o = \left[\frac{l + l_1 + l_2}{S_o \cdot n} \right] \cdot i \cdot q, \quad (33)$$

где i – число проходов при нарезании резьбы;

q – число заходов резьбы.

$$T_o = [(185 + 10,5)/(3,5 \cdot 950)] \cdot 7 \cdot 1 = 0,412 \text{ мин}$$

Итого суммарное основное время, необходимо для обработки одной детали на операции 010:

$$T_o = 0,568 + 0,236 + 0,236 + 0,315 + 0,315 + 0,412 + 0,412 = 2,494 \text{ мин}$$

Далее, определим штучное время операции, определив T_b , $T_{об}$ и $T_{пер}$ по таблицам [13].

$$T_{шт} = 2,494 + 4,596 + 0,496 = 7,586 \text{ мин}$$

Необходимо определить объем партии запуска деталей

$$n = \frac{N \cdot a}{u}, \quad (34)$$

где N – годовой объём выпуска;

a – периодичность запуска;

u – кол-во рабочих дней в году;

$$n = \frac{N \cdot a}{u} = \frac{10000 \cdot 16}{254} = 630 \text{ штук ;}$$

Тогда штучно-калькуляционное время:

$$T_{\text{шт-к}} = \frac{13}{630} + 7,568 = 7,589 \text{ мин}$$

Сведем все нормы времени в таблицу 7

Таблица 7 – Нормы времени

Установы и позиции операции 010		T _о , мин	T _в , мин	T _{оп} , мин	T _{об} +T _{пер} , мин	T _{шт} , мин	T _{пз} , мин	n, шт	T _{шт-к} , мин
Точение черновое	Установ А	0,568	4,596	7,09	0,496	7,568	13	30	7,589
Точение черновое		0,236							
Точение чистовое		0,315							
Точение черновое	Установ Б	0,236							
Точение чистовое		0,315							
Резьбонарезание		0,412							
Резьбонарезание	Установ В	0,412							

Таким образом для изготовления одного армирующего элемента в рамках операции 010 понадобится около 7 минут

3 Проектирование приспособлений

3.1 Проектирование поводкового патрона

«Для разработки станочного приспособления рассмотрим операцию 010, для неё применяется токарный поводковый патрон. Проведём расчёт по методике» [2], [5], [8], [21].

Расчёт усилия резания

$$P_z = 2235,517 \text{ Н}$$

Расчет усилия зажима

$$W_z = \frac{K \cdot P_z \cdot R_o}{f \cdot R} \quad (35)$$

где K – гарантированный параметр запаса;

P_z – сила резания, Н;

R_o – радиус, по которому производится обработка, мм;

f – параметр трения на рабочей поверхности кулачка; $f = 0,2$;

R – радиус, по которому производится касания кулачков, мм.

$$W_z = \frac{2,5 \cdot 2235,517 \cdot 64}{0,2 \cdot 30} = 59613,786 \text{ Н}$$

Определим усилие на штоке силового привода:

$$Q = K_1 \cdot \left(1 + 3 \cdot a \cdot \frac{f}{h}\right) (l_1/l) W \quad (36)$$

где K_1 – служит для учета дополнительных сил трения в патроне $K_1 = 1,05$

f – коэффициент трения в узлах патрона.

$$Q = 1,05 \cdot \left(1 + 3 \cdot 60 \cdot \frac{0,2}{85}\right) (20/50) \cdot 59613,786 = 5596,682 \text{ Н}$$

Выбор конструкции и расчёт силового привода

«Для силового привода патрона примем гидроцилиндр с давлением 20 МПа

Диаметр поршня гидроцилиндра» [2].

$$D = 1.17 \cdot \sqrt{\frac{Q}{p \cdot \eta}} \quad (37)$$

«где p – давление рабочей среды, МПа;

$\eta = 0,95$ - параметр, учитывающий потери в приводе» [2].

$$D = 1.17 \cdot \sqrt{\frac{5596,682}{0,4 \cdot 0,95}} = 141,99 \text{ мм}$$

Примем $D = 160$ мм

«Расчёт погрешности базирования

Для поводкового патрона погрешность, определяющая базирование заготовки в центрах для линейных размеров будет равна» [2].

$$\varepsilon_B = 0,5IT_{D_{\text{ц}}} \cdot ctg\alpha_{\text{ц}} \quad (38)$$

где $IT_{D_{\text{ц}}}$ – допуск наружного конуса центра, мм;

$\alpha_{\text{ц}}$ - половина угла конуса центра

$$\varepsilon_B = 0,5 \cdot 0,08 \cdot ctg30 = 0,07$$

Полученная погрешность установки является допустимой с учётом той механической обработки, которая показана в маршруте. При необходимости можно использовать тот же конструктив, но с ужесточенными допусками.

Поводковый патрон является основным приспособлением для операции токарной обработки поскольку позволяет делать захват не только по круглому сечению, но и по резьбовому профилю, что особенно важно на установе В. Ввиду большой габаритной длины заготовки нет возможности отказаться от её поджима вращающимся центром, а потому отказ от

поводкового патрона не избавит технологию от фрезерно-центральной операции. Именно поэтому применение поводкового патрона целесообразно и был проведён соответствующий расчёт

3.2 Проектирование обратной струбины

Проектируем приспособление необходимое для осуществления слесарной операции по формированию эллипса. Такое приспособление представляет собой обратную струбину, где посредством привода губки с усилием смещаются в разные стороны обеспечивая пластическую деформацию заготовки. Расчёт производится по методике [15].

Для пластической деформации стали 40X разогретой до 200-250° понадобится приложить усилия примерно 350 Мпа [18]. Зная это можем начать проектировать приспособление.

Обратная струбина состоит из винта, рукоятки, гайки, а также привода. Более подробно конструкцию можно увидеть на рисунке.

Рассчитаем давления, действующие в резьбе для определения необходимого диаметра резьбы [19].

$$P = \frac{F}{\pi d_2 H_1 z} \leq [P] \quad (39)$$

Отсюда d_2

$$d_2 = \sqrt{\frac{F}{\pi \gamma_2 \gamma_1 [P]}} \quad (40)$$

$$d_2 = \sqrt{\frac{35\,000}{\pi \cdot 2 \cdot 0.5 \cdot 9 \cdot 10^6}} = 0.035 \text{ м} = 35 \text{ мм}$$

Проверим условия давления в резьбе

$$P = \frac{35000}{\pi \cdot 35 \cdot 56 \cdot 6} \leq [P] \quad (41)$$

0,95МПа < 9 МПа, следовательно условия допустимого давления выполняется.

Рассчитаем минимально необходимый запас по прочности для винта

$$s = \frac{\sigma_T}{\sqrt{\sigma_{СЖ}^2 + 3\tau^2}} \geq [s] \quad (42)$$

Необходимо рассчитать касательные и нормальные напряжения

$$\tau = \frac{T_p}{W}, \quad (43)$$

$$T_p = 0.5 \cdot F \cdot d_2 \cdot tg(\Psi + \rho), \quad (44)$$

$$\Psi = arctg\left(\frac{P}{\pi \cdot d_2}\right), \quad (45)$$

$$\rho = arctg\left(\frac{f}{\cos\alpha_1}\right). \quad (46)$$

$$\Psi = arctg\left(\frac{0.95}{\pi \cdot 0.035}\right) = 1.455$$

$$\rho = arctg\left(\frac{0.25}{\cos 15^\circ}\right) = 0.253$$

$$T_p = 0.5 \cdot 35000 \cdot 0.035 \cdot tg(1.455 + 0.253) = 4436 \text{ Нм}$$

$$\tau = \frac{4436}{3,14 \cdot 0,0185^3} = 223 \text{ Мпа}$$

$$\sigma_{\text{сж}} = \frac{4 \cdot F}{\pi \cdot d_0^2} = \frac{4 \cdot 35000}{\pi \cdot 0.027^2} = 61.1 \text{ Мпа}$$

$$s = \frac{750}{\sqrt{61.1^2 + 3 \cdot 223^2}} = 1.91$$

Поскольку минимально допустимый запас прочности равен 2, а представленное значение чуть меньше, то примем решение об увеличении диаметра резьбового винта с 35 до 38 мм.

Проектировочный расчёт гайки

$$H_{\Gamma} = \gamma_2 \cdot d_2 \quad (47)$$

$$H_{\Gamma} = 2 \cdot 38 = 76 \text{ мм}$$

$$\sigma = \frac{F}{A_{\Gamma}} \leq [\sigma] \quad (48)$$

$$A_{\Gamma} = \frac{\pi \cdot D_{\Gamma}^2}{4} - \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad (49)$$

$$D_{\Gamma} = \sqrt{\frac{4 \cdot F + \pi \cdot d^2}{\pi \cdot [\sigma]}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 35\,000 + \pi \cdot 0.038^2}{\pi \cdot 50\,000\,000}} = 0.03 = 30 \text{ мм}$$

Проверка гайки

$$\tau = \frac{F}{\pi \cdot d \cdot z \cdot b} \leq [\tau] \quad (50)$$

$$z = \frac{\gamma_2 \cdot d_2}{P} = \frac{2 \cdot 0.038}{0.005} = 15.2 \approx 16$$

$$\tau = \frac{35\,000}{\pi \cdot 0.038 \cdot 16 \cdot 0.0034} = 5.389 \cdot 10^7 \text{ Па} = 53,89 \text{ МПа}$$

т.к. $[\tau] = 150 \text{ МПа}$, то условия на срез выполняется.

Расчёт корпуса на прочность

Примем следующие геометрические параметры опасных сечений

$a = 75 \text{ мм}$ – толщина корпуса

$h = 110 \text{ мм}$ – ширина 1-го и 2-го опасная сечения

$h_3 = 100 \text{ мм}$ - ширина 3-го опасного сечения

$l = 60 \text{ мм}$ – длина горизонтальных сторон

Условие прочности

$$\frac{\sigma_T}{\sigma_{max}} \geq [S] \quad (51)$$

Для первого и второго опасного сечения максимальные напряжения равны

$$\sigma_{max} = \frac{6Fl}{ah^2} \quad (52)$$

$$\sigma_{max} = \frac{6 \cdot 35000 \cdot 60}{75 \cdot 110^2} = 13.884$$

$$\frac{750}{13.884} = 54.019 \geq 2$$

Для третьего опасного сечения максимальные напряжение

$$\sigma_{max} = \frac{F}{ah_3} + 6F \frac{\left(l + \frac{h_3}{2}\right)}{ah_3^2} \quad (53)$$

$$\sigma_{max} = \frac{35000}{75 \cdot 100} + 6 \cdot 35000 \cdot \frac{\left(60 + \frac{100}{2}\right)}{75 \cdot 100^2} = 35.46$$

$$\frac{750}{35.46} = 21.15 \geq 2$$

Таким образом спроектированный корпус приспособления обладает достаточной прочностью для эксплуатации.

Для достижения силы 35 кН в осевой направлении винта применим гидравлику

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{Q}{P}} \quad (54)$$

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{35000}{7}} = 79,903 \text{ мм}$$

Округлим значения диаметра гидроцилиндра до 80 мм.

При создании более совершенной конструкции обратной струбицы возможно создать более подходящие значения передаточных чисел, что может позволить отказаться от силового привода и использовать силу рабочего. При этом, конечно, следует учитывать ограничение на прилагаемую силу, устанавливаемую нормативными актами (законодательством РФ).

Возможно так же создание стационарного приспособления большой массы и габаритов, которое будет применяться для проведения работ по формированию радиальных участков на армирующих элементах. Такое приспособление может применяться в случае масштабирования армирования на крупногабаритные станки, где диаметры стержней приобретают слишком большие значения для применения спроектированной обратной струбицы.

Таким образом, было спроектировано приспособление для пластического формирования эллипса.

4 Безопасность и экологичность технического объекта

«Произведем описание технологического объекта данной бакалаврской работы, которое характеризуется паспортом объекта, в котором описываются этапы техпроцесса, виды работ, применяемое технологическое оборудование и перечень различных расходных материалов и веществ, которые участвуют в данном этапе техпроцесса» [2], [4]. Внесем данные в таблицу 8.

Таблица 8 – Оборудование и материалы

«Наименование перехода технологического процесса, выполняемые работы, должность работника» [2]	«Модель технологического оборудования» [2]	«Применяемые материалы и вещества» [2]
«1) Оп: Заготовительная, Рабочий: Оператор штампа» [2]	КГШП	Металл
«2) Оп: Центровально-подрезная Рабочий: Фрезеровщик» [2]	MP71M	Металл, СОЖ
«3) Оп: Токарная, Рабочий: Оператор станка с ЧПУ» [2]	16Б16Т1	Металл, СОЖ
«4) Оп: Фрезерная, Рабочий: Оператор станка с ЧПУ» [2]	METALMASTER MMD-30LV MG 19929	Металл, СОЖ
«5) Оп: Слесарная, Рабочий: Слесарь» [2]	Индукционный нагреватель	Металл

Таблица 9 – Идентификация профессиональных рисков

«Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ, Источник опасного и/или вредного производственного фактора» [2]	«Опасный и/или вредный производственный фактор» [2]
Оп: Заготовительная Источник: КГШП	«Высокая или низкая температура на поверхностях технологического оборудования, применяемых материалов, большой уровень шума на участке, высокая вибрация на технологическом оборудовании и оснастке» [2]

Продолжение таблицы 9

<p>«Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ, Источник опасного и/или вредного производственного фактора» [2]</p>	<p>«Опасный и/или вредный производственный фактор» [2]</p>
<p>Оп: Центровально-подрезная Источник: МР71М Оп: Токарная Источник: 16Б16Т1 Оп: Фрезерная Источник: METALMASTER MMD-30LV MG 19929</p>	<p>«Перемещающиеся машины и части механизмов; перемещающиеся узлы технологического оборудования, вращающиеся и передвигающиеся обрабатываемые изделия, заготовки; воздействие пыли и загазованности приводит к фиброгенному воздействию на организм; большой уровень шума на участке, высокая вибрация на технологическом оборудовании и оснастке; при применении СОЖ возникают токсические и раздражающие факторы» [2]</p>
<p>Оп: Слесарная, Источник: Индукционный нагреватель</p>	<p>«Высокая или низкая температура на поверхностях технологического оборудования, применяемых материалов; перемещающиеся машины и части механизмов; перемещающиеся узлы технологического оборудования, вращающиеся и передвигающиеся обрабатываемые изделия, заготовки» [2]</p>

Таблица 10 – Методы и средства снижения профессиональных рисков

<p>Опасный, вредный произв. фактор</p>	<p>Организационные методы, технические средства, средства индивидуальной защиты (СИЗ) для защиты, снижения и устранения опасного, вредного произв. фактора</p>
<p>«Высокая или низкая температура на поверхностях технологического оборудования, применяемых материалов» [2]</p>	<p>«Орг.методы: Ограждение оборудования СИЗ: Краги для металлурга» [2]</p>
<p>«Перемещающиеся машины и части механизмов» [2]</p>	<p>«Орг.методы: Необходимо соблюдать правила безопасности выполняемых работ СИЗ: Каска защитная, очки защитные» [2]</p>
<p>«Перемещающиеся узлы технологического оборудования, вращающиеся и передвигающиеся обрабатываемые изделия, заготовки» [2]</p>	<p>«Орг.методы: Защитное ограживание технологического оборудования СИЗ: Каска защитная, очки защитные» [2]</p>

Продолжение таблицы 10

«Воздействие пыли, загазованности, стружки приводит к фиброгенному воздействию» [2]	«Орг.методы: Необходимо применение вентиляции, в частности приточно-вытяжной СИЗ: Респиратор» [2]
«При применении СОЖ возникают токсические и раздражающие факторы» [2]	«Орг.методы: Необходимо применение вентиляции, в частности приточно-вытяжной, огораживать технологическое оборудование, на станках применять защитные экраны СИЗ: Респиратор, перчатки» [2]
«Большой уровень шума на участке, высокая вибрация на технологическом оборудовании и оснастке» [2]	«Орг.методы: Подналадка технологического оборудования для исключения его шума, при увеличении жесткости технологических систем уменьшаются резонансные колебания, применение специальных материалов, которые поглощают шум, колебания и вибрации СИЗ: беруши, наушники» [2]

Таблица 11 – Определение опасных факторов пожара

Технологический участок, применяемое оборудование	Наименование класса пожара	Возникающие факторы пожара: опасные и сопутствующие
Участок: Кузнечный. Оборуд: КГШП	«Класс D – это пожары, которые связаны с воспламенением и горением непосредственно металлов» [2]	«Опасн: Пламя и искры; тепловой поток Сопутств: Возможный вынос или замыкание электрического напряжения, возникающего на токопроводящих частях тех. оборудования, технологической оснастки, электрических шкафов, агрегатов и т.д.» [2]
Участок: Лезвийная обработка Оборуд: MP71M, 16B16T1, METALMASTER MMD-30LV MG 19929	«Класс В – это пожары, которые связаны с воспламенением и горением непосредственно различных горючих жидкостей, в также плавящихся твердых веществах и материалов» [2]	«Опасн: Пламя и искры Сопутств: Возможный вынос или замыкание электрического напряжения, возникающего на токопроводящих частях тех. оборудования, технологической оснастки, электрических шкафов, агрегатов и т.д.» [2]

Продолжение таблицы 11

<p>Участок: слесарный. Оборуд.: Индукционный нагреватель</p>	<p>«Класс D – это пожары, которые связаны с воспламенением и горением непосредственно металлов» [2]</p>	<p>«Опасн: тепловой поток. Сопутств.: Возможный вынос или замыкание электрического напряжения, возникающего на токопроводящих частях тех. оборудования, технологической оснастки, электрических шкафов, агрегатов и т.д.» [2]</p>
--	---	---

Определение организационных и организационно-технических мероприятий, направленных на предотвращение пожара

«Идентификация экологических факторов технического объекта

В зависимости от вида предлагаемого технологического процесса проведем идентификацию негативных экологических факторов применимо к одной из операций.

Операция: Фрезерная, оборудование: METALMASTER MMD-30LV MG 19929

1) Структурные составляющие рассматриваемого технического объекта или технологического процесса:

- оборудование: METALMASTER MMD-30LV MG 19929

2) Фактор негативного воздействие рассматриваемого технического объекта на атмосферу:

- пыль стальная.

3) Фактор негативного воздействие рассматриваемого технического объекта на гидросферу:

- различные вещества, находящиеся во взвешенном состоянии;

- различные нефтяные продукты;

- применяемая в производстве СОЖ

4) Фактор негативного воздействия рассматриваемого технического объекта на литосферу:

- получаемые в процессе производства отходы, основная их часть хранится в металлических контейнерах в 1,0 м³

Определение организационно-технических мероприятий, направленных на снижение негативных антропогенных воздействий разрабатываемого технического объекта на окружающую среду.

Произведем описание разработанных организационно-технических мероприятий, которые направлены на уменьшение вредного антропогенного воздействия разрабатываемого технического объекта на окружающую среду, применимо к одной из операций» [2].

Результат занесем в таблицу 12

Таблица 12 – Мероприятия по повышению экологичности технологии

Операция, оборудование	Наименование технического объекта. Мероприятия.		
	атмосферу	гидросферу	литосферу
Фрезерная, METALMASTER MMD-30LV MG 19929	Использование пылеуловителей (сухих и влажных)	«Переход предприятия на замкнутый цикл водоснабжения» [2]	«Соблюдении правил хранения, периодичности вывоза отходов на захоронение» [2]

Данный раздел продемонстрировал факторы безопасности и экологичности технологического процесса, содержит конкретные предложения.

5 Экономическая эффективность работы

В настоящем разделе решается одна из главных задач работы, а именно расчётное обоснование экономической целесообразности применения спроектированного технологического процесса [9].

Спроектированный технологический процесс изготовления армирующего элемента предполагается использовать на станках с ЧПУ. В качестве базового технологического процесса, относительно которого будет проводиться сравнение, принимаем технологию, согласно которой для производства применяются исключительно универсальные станки.

Применение универсального оборудования накладывает ограничение на производительность, режимы резания и, что самое важное, требует более квалифицированных работников. Все обозначенные факторы способствуют увеличению себестоимости изготовления рассматриваемой детали. Проведённые расчёты себестоимостей, приведены на рисунке 8.

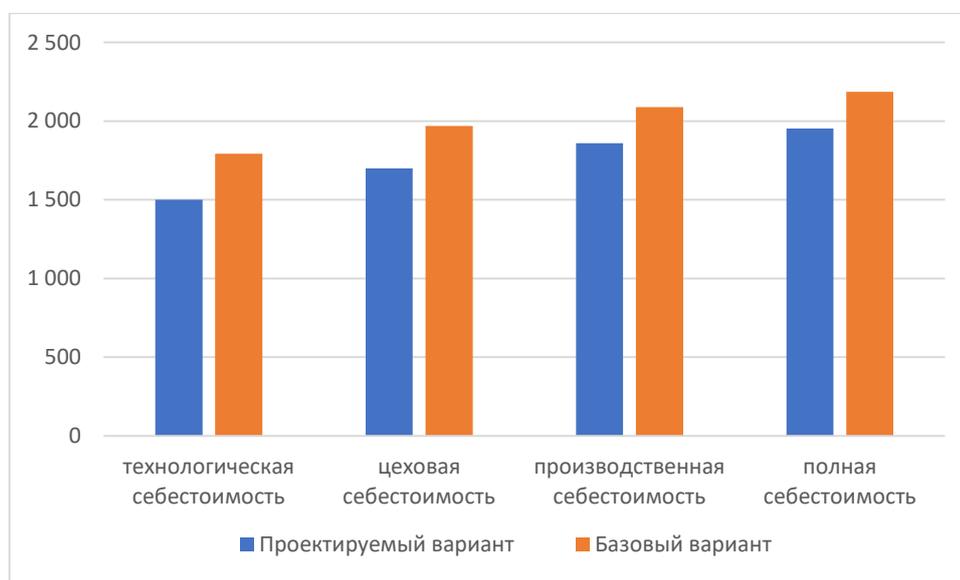


Рисунок 8 – Результаты расчётов себестоимостей

Для дальнейшей оценки экономической эффективности определим прирост прибыли от применения спроектированной технологии, а также величину капитальных вложений, необходимых для её осуществлений. Для этого воспользуемся зависимостью 55

$$\Delta\Pi = (C_{\text{полн}}^{\text{баз}} - C_{\text{полн}}^{\text{пр}}) \cdot N \quad (55)$$

где, $C_{\text{полн}}^{\text{баз}}$ – полная себестоимость базового варианта, руб;

$C_{\text{полн}}^{\text{пр}}$ – полная себестоимость проектного варианта, руб.

$$\Delta\Pi = (2185 - 1953) \cdot 10\,000 = 2320000 \text{ руб.}$$

Капитальные вложения при этом:

$$K = K_{\text{обор}} + K_{\text{инстр}} + K_{\text{оснас}} + K_{\text{монт}} \quad (56)$$

где, $K_{\text{обор}}$ – затраты на оборудование, руб;

$K_{\text{инстр}}$ – затраты на инструменты, руб;

$K_{\text{оснас}}$ – затраты на оснастку, руб;

$K_{\text{монт}}$ – затраты на монтаж, руб.

$$K = 1\,595\,134 + 180\,659 + 314\,589 + 120\,369 = 2\,210\,751 \text{ руб.}$$

Далее важно оценить чистую прибыль $\Pi_{\text{чист}}$ от внедрения технологии. Для этого учтём налоговые вычеты (57)

$$\Pi_{\text{чист}} = \Delta\Pi - H \quad (57)$$

где, H – налог на прибыль равный 24% от прироста прибыли.

$$\Pi_{\text{чист}} = 2320000 - (2320000 \cdot 0,24) = 2319999,76 \text{ руб.}$$

При таких условиях период окупаемости составит (58):

$$T_{\text{ок}} = \frac{K}{\Pi_{\text{чист}}} + 1 \quad (58)$$

$$T_{\text{ок}} = \frac{2\,210\,751}{2319999,76} + 1 = 1,95 \text{ лет}$$

Округляя значение до целого числа, получаем период окупаемости равный 2 годам, поэтому применяем горизонт расчёта для интегрального экономического эффекта 2 года. Проведём расчёт интегрального экономического эффекта [11], (59).

$$\mathcal{E}_{\text{инт}} = \sum_1^T \Pi_{\text{чист}} \cdot \frac{1}{(1 + E)^t} - K \quad (59)$$

где, E – процентная ставка на капитал, равная 10%;

t – порядковый номер года получения прибыли;

T – горизонт расчёта, лет.

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_{\text{инт}} &= 2\,319\,999,76 \cdot \frac{1}{(1 + 0,1)^1} + 2\,319\,999,76 \cdot \frac{1}{(1 + 0,1)^2} - 2\,210\,751 \\ &= 1\,815\,694,864 \text{ руб} \end{aligned}$$

По результатам экономического расчёта можно утверждать, что проектная технология является экономически эффективной и её применение целесообразно.

Заключение

По результатам выполненной работы можно утверждать, что поставленная цель достигнута путём последовательного выполнения задач, отражённых в содержании работы.

В первом разделе работы была освещена эксплуатационная составляющая рассматриваемой детали, воспринимаемые ею нагрузки, обозначение назначений поверхностей и выполнен анализ технологичности детали.

Проектирование технологии происходило на принципах концентрации, а её особенностью стала разработка операции пластического деформирования участка вала с пазом, разработка приспособления позволяющая это осуществить. Также раздел включает в себя расчёты оптимальных режимов обработки, обеспечивающих как можно меньшее штучное время для изготовления детали, что подтверждается проведёнными расчётами норм времени.

В третьем разделе была проведена работа по проектированию необходимой оснастки как для токарной, так и для слесарной операции. Спроектированная обратная струбцина может быть адаптирована для формирования схожих форм при других размерах детали и иных материалах.

Разработанная технология является одним из применимых подходов к созданию армирующих элементов особой формы. В дальнейших исследованиях связанных с армированием узлов малогабаритных станков, данный вариант может быть принят за базовый и подвергнуться оптимизирующим изменениям.

В работе продемонстрировано что предлагаемый конструктив армирующего элемента является технологичным с точки зрения механической обработки и требует дальнейших изысканий по части создания необходимой формы.

Список используемых источников

1. Балла, О. М. Обработка деталей на станках с ЧПУ : учебное пособие для СПО / О. М. Балла. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2024. — 368 с. — ISBN 978-5-507-47446-2.
2. Выпускная квалификационная работа: [1 \(tltsu.ru\)](http://1(tltsu.ru))
3. Горбацевич А.Ф., Шкред В.А.Г67 Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учебное пособие для вузов. — 5-е издание, стереотипное. Перепечатка с четвертого издания 1983 г. - М.: ООО ИД «Альянс», 2007. - 256 с.
4. Горина, Н. Л. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта» : учебное пособие / Н. Л. Горина, М. И. Фесина. — Тольятти : ТГУ, 2018. — 41 с. — ISBN 978-5-8259-1370-4.
5. Зубарев, Ю. М. Расчет и проектирование приспособлений в машиностроении : учебное пособие для СПО / Ю. М. Зубарев. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2024. — 312 с. — ISBN 978-5-507-47471-4.
6. Зуев, Н. А. Технологические машины и оборудование. Курсовое проектирование : учебное пособие для СПО / Н. А. Зуев, В. В. Пеленко. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2024. — 48 с. — ISBN 978-5-507-47472-1.
7. Климов, А. С. Машиностроение. Выполнение выпускной квалификационной работы (бакалаврской работы) : учебно-методическое пособие / А. С. Климов. — Тольятти : ТГУ, 2022. — 61 с. — ISBN 978-5-8259-1050-5.
8. Копылов, Ю. Р. Технология машиностроения : учебное пособие для вузов / Ю. Р. Копылов. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2024. — 252 с. — ISBN 978-5-507-49336-4.

9. Корсакова, И. М. Оснащение средствами автоматизации технологических процессов и производств (по отраслям). Дипломное проектирование / И. М. Корсакова. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2024. — 128 с. — ISBN 978-5-507-47421-9.
10. Краснопевцева, И. В. Экономика и управление машиностроительным производством : учебно-методическое пособие / И. В. Краснопевцева, Н. В. Зубкова. — Тольятти : ТГУ, 2014. — 184 с.
11. Маталин, А. А. Технология машиностроения : учебник для вузов / А. А. Маталин. — 6-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2024. — 512 с. — ISBN 978-5-507-47642-8.
12. Назначение рациональных режимов резания при механической обработке : учебное пособие для спо / В. М. Кишуров, М. В. Кишуров, П. П. Черников, Н. В. Юрасова. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2024. — 216 с. — ISBN 978-5-507-49334-0.
13. Погонин, А. А. Технология машиностроения : учебник / А.А. Погонин, А.А. Афанасьев, И.В. Шрубченко. — 3-е изд., доп. — Москва : ИНФРА-М, 2022. — 530 с. — (Высшее образование: Бакалавриат).www.dx.doi.org/10.12737/textbook_5a2f89fbb6db93.21283974. - ISBN 978-5-16-013605-9.
14. Расторгуев, Д. А. Проектирование технологических операций: учебно-методическое пособие // Д. А. Расторгуев. Тольятти : ТГУ, 2015. 140 с., С. 47-53
15. Расторгуев, Д. А. Технологическая часть выпускной квалификационной работы машиностроительного направления: учебно-методическое пособие // Д. А. Расторгуев. Тольятти: ТГУ, 2017. 34 с., С. 9
16. Расчёт струбцины с ходом винта 300 мм и максимальной силой 12 Кн со сплошной пятой: <https://vunivere.ru/work34872/page2>
17. Справочник технолога-машиностроителя в 2-х т : справочник / В. И. Аверченков, А. В. Аверченков, Б. М. Базров [и др.] ; под редакцией А. С.

Васильева, А. А. Кутина. — 7-е изд. испр. — Москва : Машиностроение, 2023. — 1574 с.

18. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. С74 Т. 2 /Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова.— 4-е изд., перераб. и доп, — М.: Машиностроение, 1985. 496 с., ил.

19. Сталь 40Х характеристики: <https://www.atissteeel.ru/stal-40h-harakteristiki>

20. Станочные приспособления: Справочник. В 2-х т. /Ред. совет: Б. Н. Вардашкин (пред.) и др. — М.: Машиностроение, 1984. — Т. 1 /Под ред. Б. Н. Вардашкина, А. А. Шатилова, 1984. 592 с, ил.

21. Эксплуатация и обслуживание технологических машин: металлообрабатывающее оборудование : учебное пособие для спо / В. Б. Богуцкий, Д. Е. Сидоров, Л. Б. Шрон, Э. С. Гордеева. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2024. — 120 с. — ISBN 978-5-507-47608-4.

22. Gomes T., Silva F. J. G., Campilho R. Reducing the simulation cost on dual-phase steel stamping process //Procedia Manufacturing. – 2017. – Т. 11. – С. 474-481.

23. Grote K.-H., Hefazi H. Springer Handbook of Mechanical Engineering / K.-H Grote, H. Hefazi – New York: Springer Science - Business Media, 2019. 1310 p.

24. Prakash Hiralal Joshi Machine Tools Handbook - McGraw Hill Professional, 2007 - С. 732

25. Werner Bahmann Werkzeugmaschinen kompakt: Baugruppen, Einsatz und Trends - Springer Fachmedien Wiesbaden, 2013

26. Yusuf Altintas Manufacturing Automation: Metal Cutting Mechanics, Machine Tool Vibrations, and CNC Design - Cambridge University Press, 2012

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А. 1

Дубл.	Взам.	Подл.	Цех	Уч	РМ	Опер	Наименование операции	Код	Наименование оборудования	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Клшт	Тпз	Тшт	Н,расх	
									Обозначение документа													
									Обозначение, код													
T14							Наименование детали, сб. единицы или материала		396110 Патрон токарный поводковый 7108-0021 ГОСТ 2571-71; 392841 Центр А-1-4У ГОСТ 8742-75, 392101 Резец 2145-0601 ГОСТ 20874-75,													
T15							Резец токарный 2660-0003 3.5 Т15К6 ГОСТ 18885-73, тип 1, 393311 Штангенциркуль ШЦЦ-I-500-0,01 ГОСТ 166-89															
A22							015 4261 Фрезерная															
B23							Настольный фрезерный станок METALMASTER MMD-30LV MG 19929															
O24							Фрезероваль сквозной паз пов. 10,11,12,13, выдержав размер согласно эскизу															
T25							396181 УНП с самоцентрирующими призмами и пневмоприводом ГОСТ 12195-66, 391820 Фреза 2223-0112 ГОСТ 17026-71, 393311 Штангенциркуль ШЦ-1-0,1															
T26							ГОСТ 166-81															
T27																						
T28							020 8864 Слесарная															
T29							Индукционный нагреватель															
T30							Тиски станочные винтовые самоцентрирующие с призматическими губками для круглых профилей ГОСТ 21168-75, 393311 Штангенциркуль ШЦ-1-0,1															
T31							ГОСТ 166-81, трубушина обратная специальная															
32																						
A33							020 0107 Очистная															
B34							Болон со сжатым воздухом															
35																						
МК																						

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А. 1

Дубл.	Взам.	Годл.											3							
А	Цех	Уч	Код	РМ	Опер	Код, наименование операции	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	ЕВ	Кшт	Тлз	Тшт	Н,расх	
Б	Наименование оборудования						Обозначение документа													
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала						Обозначение, код													
А36			025			0200 Контрольная						1				1				1
Б37	Стол измерительный																			
МК																				

