

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Хакасский технический институт – филиал ФГАОУ ВО
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Автомобильный транспорт и машиностроение»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой

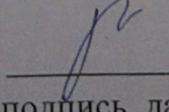
 А.Н.Борисенко
подпись инициалы, фамилия
« 21 » 06 2016 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

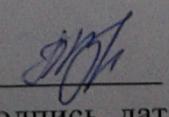
15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств

Разработка технологического процесса механической обработки корпуса
редуктора вращения погрузчика – штабелера ЛТ-72А
тема

Руководитель

к.т.н., доц. каф. АТиМ В.В.Платонов
подпись, дата должность, ученая степень инициалы, фамилия

Выпускник


подпись, дата

В.А.Паткачаков
инициалы, фамилия

Абакан, 2016

Продолжение титульного листа БР по теме: разработка технологического
процесса механической обработки корпуса редуктора вращения погрузчика –
штабелера ЛТ-72А

Консультанты по
разделам:

Технологическая часть

наименование раздела

B.V.Платонов

подпись, дата

инициалы, фамилия

Конструкторская часть

наименование раздела

B.V.Платонов

подпись, дата

инициалы, фамилия

Организационно-экономическая часть

наименование раздела

B.V.Платонов

подпись, дата

инициалы, фамилия

Нормоконтролер

С.П. Орешкова
20.06.

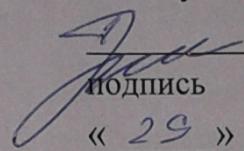
подпись, дата инициалы, фамилия

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Хакасский технический институт – филиал ФГАОУ ВО
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Автомобильный транспорт и машиностроение»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой

 А.Н.Борисенко
подпись инициалы, фамилия
« 29 » 02. 2016 г.

**ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме бакалаврской работы**

Студенту Паткачакову Владимиру Александровичу
фамилия, имя, отчество
Группа 22-1 Направление 15.03.05
номер код
Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных
производств
наименование

Тема выпускной квалификационной работы: разработка технологического
процесса механической обработки корпуса редуктора вращения погрузчика –
штабелера ЛТ-72А

Утверждена приказом по университету № 145 от 29.02.2016

Руководитель ВКР В.В.Платонов, к.т.н., доцент кафедры АТиМ,
ХТИ – филиал СФУ

инициалы, фамилия, должность, ученое звание и место работы

Исходные данные для ВКР 1. чертеж детали с заводским номером;
13. годовая программа N = 500 шт

Перечень разделов ВКР Технологическая часть; Конструкторская часть;
Организационно – экономическая часть.

Перечень графического материала 1. Чертеж детали - 1 лист ф. А1; 2.
Базовый технологический процесс - 3 листа ф. А1; 3. Технологический
процесс на станке с ЧПУ – 2 листа ф. А1; 4. Приспособление зажимное –
1 лист ф. А1; 5. Приспособление контрольное – 1 лист ф. А1; 6. Технико-
экономические показатели – 1 лист ф. А1

Руководитель ВКР

подпись

В.В.Платонов

инициалы и фамилия

Задание принял к исполнению

В.А.Паткачаков
подпись, инициалы и фамилия студента

« 29 » 02 2016 г.

РЕФЕРАТ

В данной работе спроектирован технологический процесс изготовления корпуса редуктора вращения погрузчика-штабелера ЛТ-72А с применением станков с ЧПУ в условиях серийного производства.

В технологической части было проанализировано служебное назначение детали, сделан анализ технологичности и технических требований, выбор способа получения заготовки, расчет и выбор припусков на механическую обработку, расчет и выбор режимов резания, нормирование технологического процесса обработки ступицы, определено необходимое количество технологического оборудования.

В конструкторской части было спроектировано специальное зажимное приспособление для установки заготовки на операции растачивания посадочного отверстия под вал-червяк на универсальном горизонтально-расточном станке 2М615. Сконструировано специальное контрольное приспособление для контроля параллельности оси посадочного отверстия под вал-червяк установочной плоскости лап.

В экономической части был сделан расчёт целесообразности внедрения станков с ЧПУ в производство. Проведен расчет стоимости ОПФ, расчет заработной платы рабочих и расчет себестоимости изготовления ступицы по спроектированному и базовому вариантам.

В графической части работы были выполнены чертеж корпуса, совмещенный с заготовкой, карты технологического процесса обработки корпуса по спроектированному и базовому вариантам, чертежи зажимного и контрольного приспособлений. Вынесены основные технико-экономические показатели.

PAPER

In this work technological process of machining of a cover of the coupling of coupling of a logger of ЛП-60 is designed.

In technological part office purpose of a cover was analysed, the analysis of technological effectiveness and technical requirements, a choice of a way of receiving preparation, calculation and a choice of allowances for machining, calculation and a choice of the modes of cutting, rationing of technological processing of a cover is made, the necessary quantity of processing equipment is defined.

In design part the special tightening adaptation for installation of preparation on the universal radial-drilling machine 2M55 on operation of drilling of fixing openings was designed.

The special control adaptation for control of perpendicularity of an axis of a landing opening of Λ of rather adjusting plane T is designed.

In economic part calculation of expediency of introduction of machines with CNC in production was made. Calculation of cost of the fixed business assets, payroll calculation of workers and calculation of cost of production of a cover for the designed and basic options is carried out.

In graphic part works were performed the drawing of a cover combined with preparation, cards of technological processing of a cover by the designed and basic options, drawings of tightening and control adaptations.

The main technical and economic indicators are taken out.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	7
1 Технологическая часть	8
1.1 Анализ служебного назначения.....	8
1.2 Анализ технологичности.....	9
1.3 Анализ технических требований	10
1.4 Обзор методов обработки детали	11
1.5 Обоснование выбора баз и составление маршрута механической обработки корпуса	11
1.6 Экономическое обоснование выбора заготовки	16
1.7 Расчет и назначение припусков.....	18
1.8 Расчет режимов резания	23
1.9 Расчет норм времени	29
1.10 Выбор оборудования.....	33
2 Конструкторская часть	36
2.1 Проектирование расточного приспособления.....	36
2.1.1 Техническое задание на проектирование расточного приспособления	36
2.1.2 Расчет необходимой силы закрепления	36
2.1.3 Расчет силового привода	38
2.1.4 Расчет зажимного приспособления на точность.....	39
2.2 Проектирование контрольного приспособления	40
2.2.1 Техническое задание на проектирование контрольного приспособления	42
2.2.2 Описание конструкции приспособления	42
для контроля параллельности	42
2.2.3 Расчет приспособления на точность	43
3 Экономическая часть	44
3.1 Выбор технологического оборудования	44
3.2 Определение занимаемой площади	45
3.3 Организация транспортной системы.....	45
3.4 Организация технического контроля	46
3.5 Организация системы инструментообеспечения	46
3.6 Организация системы ремонтного и технического обслуживания.....	46
3.7 Расчет себестоимости детали	47
3.8 Технико-экономические показатели.....	52
Заключение	53
Список использованных источников	55
Приложения	56

ВВЕДЕНИЕ

Эффективность производства, его технический прогресс во многом зависит от опережающего развития производства нового оборудования, машин, станков и аппаратов, от всемерного внедрения методов технико-экономического анализа.

Повышение эффективности машиностроительного производства на современном этапе определяется повышением качества изделий, снижением трудоемкости, себестоимости и металлоемкости их изготовления. Решение этих задач обеспечивается:

- применением средств комплексной механизации и автоматизации проектирования, технологической подготовки производства и изготовления изделий;
- применением высокопроизводительного оборудования, работающего на оптимальных режимах и специальной быстродействующей оснастки, обеспечивающей его работу;
- широкого внедрения методов технико-экономического анализа производственных процессов с целью их оптимизации;
- применением ресурсосберегающих технологий, обеспечивающих защиту жизнедеятельности человека и окружающей среды.

Программное управление позволяет: автоматизировать процесс обработки; сократить время наладки станка, сведя всю наладку к установке инструмента, заготовки и программы на станке; организовать многостаночное обслуживание в серийном и мелкосерийном производстве; повысить производительность труда, культуру производства и качество обработанных деталей.

Основной задачей рациональной эксплуатации металорежущих станков с ЧПУ является обеспечение длительной и безотказной обработки на них деталей с заданной производительностью, точностью и шероховатостью обработанной поверхности при минимальной стоимости эксплуатации станков. В парке машиностроения страны доля станков с ЧПУ будет непрерывно увеличиваться при одновременном повышении их технического уровня.

В данной работе приведены результаты проектирования технологического процесса механической обработки корпуса редуктора вращения погрузчика-штабелера ЛТ-72А с применением станков с ЧПУ в условиях серийного производства.

1 Технологическая часть

1.1 Анализ служебного назначения

Редуктор вращения служит для передачи крутящего момента с гидромотора, через червячную передачу, на выходное зубчатое колесо, с требуемым передаточным отношением.

Корпус служит для установки валов передачи на опоры качения, их ориентации в пространстве друг относительно друга и других элементов привода. Также корпус предохраняет зацепление и опоры от воздействий внешней среды.

Материалом детали является серый чугун СЧ20. Чугуны этой марки имеют среднюю прочность и хорошую обрабатываемость. Из него изготавливают в основном корпусные детали сложной конфигурации при недопустимости большого коробления.

Данные о материале сводим в таблицы 1.1, 1.2.

Таблица 1.1 – Химический состав чугуна СЧ 20 (ГОСТ 1412-85), %

Углерод C	Кремний Si	Марганец Mn	Фосфор Р не более	Сера S не более
3,5-3,7	2-2,4	0,5-0,8	0,2	0,15

Механические свойства СЧ 20

- 1 временное сопротивление при растяжении – $\sigma_b = 180$ МПа;
- 2 предел текучести – $\sigma_t = 363$ МПа;
- 3 относительное удлинение – $\delta = 16\%$;
- 4 твердость по Бринеллю НВ = 190 Н/мм².

Таблица 1.2 – Физические свойства СЧ 20

Плотность ρ , кг/м ³	Литейная усадка ε , %	Модуль упругости при растяжении $E \cdot 10^{-2}$, МПа	Удельная теплоемкость при t от 20 до 200°C, Дж	Коэффициент литейного расширения α , 1/°C	Теплопро- водность при 20°C λ , Вт
$0,72 \cdot 10^3$	1,1	700-1100	460	$9 \cdot 10^{-6}$	59

1.2 Анализ технологичности

Конструкция корпуса достаточно сложная с наличием криволинейных поверхностей и ребер жесткости. Формовка производится с применением стержней для получения посадочных отверстий.

С точки зрения обработки деталь имеет следующие недостатки:

1 посадочное отверстие $\varnothing 140$ нетехнологично из-за большого вылета инструмента при обработке с любой стороны корпуса;

2 конструкция детали не допускает обработку установочной плоскости лап на проход, поэтому будем обрабатывать ее точением. Плоскость имеет квадратную форму и, при точении, будут возникать удары при входе резца;

3 посадочное отверстие $\varnothing 160$ нетехнологично из-за обработки в упор;

4 крепежные отверстия на торцах посадочного отверстия под вал-червяк нетехнологичны из-за горизонтального расположения осей, что потребует при обработке сложной схемы базирования или применения специального оборудования;

5 для зенкования четырех бобышек $\varnothing 40$ необходимо применение обратной зенковки, что увеличивает штучное время;

6 при обработке глухих резьбовых отверстий затруднен отвод стружки и тепла из зоны резания.

Проведем количественную оценку технологичности конструкции детали по следующим показателям [19]

1 Коэффициент использования материала

$$K_m = \frac{m_{\text{дет}}}{m_{\text{заг}}} > 0,75 \quad (1.1)$$

где $m_{\text{дет}}$ - масса готовой детали,

$m_{\text{заг}}$ - масса заготовки.

$$k_m = 145/160 = 0,91$$

Деталь технологична.

2 Коэффициент унификации

$$K_y = \frac{K_{\text{одн}}}{K_{\text{общ}}} > 0,5 \quad (1.2)$$

где $k_{\text{одн}}$ - количество однотипных поверхностей,

$k_{\text{общ}}$ - общее количество поверхностей.

$$k_y = 37/63 = 0,59$$

Деталь технологична.

3 Коэффициент использования стандартного инструмента.

$$K_u = \frac{K_{cu}}{K_{o\bar{o}}} > 0,5 \quad (1.3)$$

где k_{ci} - количество стандартного инструмента,
 k_{oi} - общее количество инструмента.

$$k_i = 11/14 = 0,79$$

Деталь технологична.

4 Коэффициент обрабатываемости.

$$K_{o\bar{o}} = \frac{N_{on}}{N_{o\bar{o}}} > 0,5 \quad (1.4)$$

где N_{op} - количество обрабатываемых поверхностей,
 N_{ob} - общее количество поверхностей.

$$k_o = 44/63 = 0,7$$

Деталь технологична.

На основании проведенного анализа, можно сделать вывод, что данная деталь в основном является технологичной.

1.3 Анализ технических требований

Корпус представляет собой отливку из серого чугуна СЧ20 ГОСТ 1412-85. Твердость НВ 170...229. Точность отливки 10-0-0-09 ГОСТ 26645-95.

Главным условием качественной работы редуктора вращения является точность передачи вращения от гидромотора к рабочему органу.. Для этого к корпусу предъявляются следующие технические требования:

– соосность ступеней посадочных отверстий под опоры качения. Это требование выдержим окончательной обработкой с одной стороны на проход;

– параллельность посадочного отверстия под червяк установочной плоскости выдержим обработкой отверстия с базированием по этой плоскости.

Допуски на размеры и шероховатость, выдерживаются подбором соответствующего точности метода обработки:

для достижения шероховатости Ra12,5, Ra6,3 и Ra3,2, достаточно однократной обработки;

для достижения шероховатости посадочных отверстий Ra2,5 и точности по 9му квалитету, необходимо ввести чистовую обработку.

Также, в технических требованиях, оговорено допустимое количество и размеры раковин на обрабатываемых поверхностях и покрытие необработанных поверхностей.

Готовый корпус клеймить клеймом ОТК.

1.4 Обзор методов обработки детали

Корпус представляет собой корпусную делать, однако, основная его часть является телом вращения.

Детали типа тело вращения обрабатывают на станках токарной группы. Главным движением в этом случае является вращательное движение заготовки вокруг своей оси. Движение подачи – поступательно движение инструмента.

Растачивание внутренних цилиндрических поверхностей выполняют расточными резцами с продольной подачей.

Торцевые поверхности обрабатывают подрезными резцами с движением подачи перпендикулярно оси вращения детали (поперечная подача) от наружной поверхности к центру.

Посадочное отверстие корпуса, имеющее горизонтальную ось, обрабатываем на горизонтально-расточном станке – деталь неподвижна, а инструменту сообщается главное вращательное движение и продольное движение подачи.

Отверстия в сплошном металле можно получить сверлением. Сверление осуществляют сочетанием вращательного движения инструмента вокруг своей оси (главное движение) и поступательного его движения вдоль оси (движение подачи). Процесс сверления протекает в более сложных условиях, чем точение, так как затруднен отвод стружки и подвод СОЖ к режущим кромкам инструмента.

1.5 Обоснование выбора баз и составление маршрута механической обработки корпуса

Составление технологического процесса механической обработки включает в себя:

- выбор черновых, чистовых и промежуточных баз на операциях;
- установка последовательности операций для достижения заданной точности детали;
- подбор оборудования с соответствующими параметрами;
- выбор соответствующего режущего инструмента.

Основным требованием при выборе баз является соблюдение принципов единства и постоянства баз. Это позволяет повысить точность получаемых размеров за счет исключения погрешности базирования.

Наиболее удобной поверхностью под основную технологическую базу, представляются ось посадочного отверстия И под вал червячного колеса и плоскость лап 3, так как от них назначены основные технические требования. Для обработки этих баз необходимо предварительно обработать черновую базу – верхний торец.

На основе эскиза детали (рисунок 1.1) составим маршрут обработки.

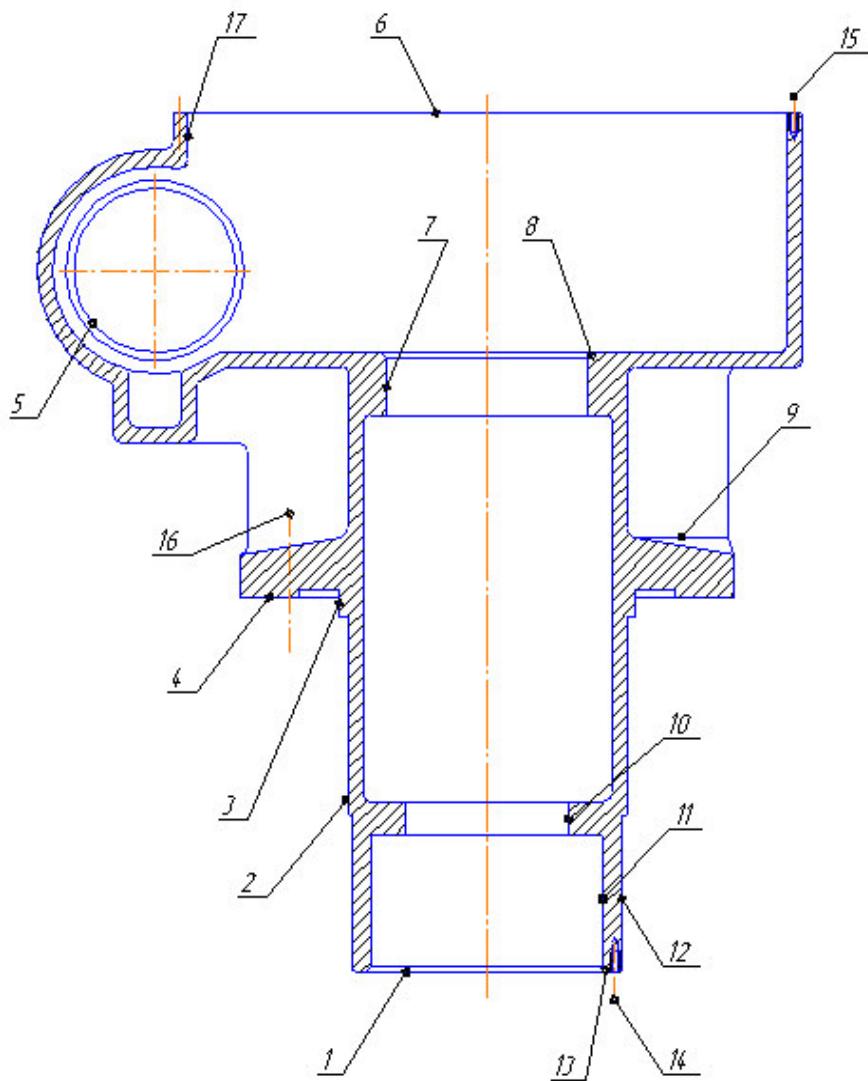


Рисунок 1.1 – Эскиз детали

010 Токарная

А Установить заготовку по отверстию 10 и поверхности 4.

- 1 Подрезать торец 6 окончательно.
- 2 Растворить отверстие 7 предварительно.
- 3 Растворить фаску 8 окончательно.

Станок токарно-карусельный 1512; приспособление – зажимное специальное; режущий инструмент – резцы расточной ГОСТ 18882-93 и подрезной ГОСТ 18880-93.

020 Токарная

А Установить заготовку по отверстию 7 и торцу 6.

- 1 Точить поверхность 4 окончательно.
- 2 Точить поверхность 3 предварительно.
- 3 Точить поверхность 2 окончательно.
- 4 Точить поверхность 12 предварительно.
- 5 Точить поверхность 3 окончательно.
- 6 Точить поверхность 12 окончательно.
- 7 Точить поверхность 1 окончательно.

Станок токарно-карусельный 1512; приспособление – зажимное специальное; режущий инструмент – резцы подрезной ГОСТ 18880-93 и проходной ГОСТ 18879-93.

030 Сверлильная

А Установить заготовку по отверстию 7 и поверхности 6.

- 1 Сверлить 2 отверстия 16 предварительно и 2 отверстия 16 окончательно.
- 2 Зенковать 4 поверхности 9 окончательно.
- 3 Развернуть 2 отверстия 16 окончательно.
- 4 Сверлить 6 отверстий 14 под резьбу.
- 5 Нарезать в бти отверстиях 14 резьбу М10-7Н окончательно.
- 6 Сверлить отверстие под резьбу.
- 7 Развернуть отверстие под конус.
- 8 Нарезать резьбу К 3/4”.

Станок радиально-сверлильный 2М55, режущий инструмент – сверло спиральное ГОСТ 10903-97, зенковка-подрезка обратная МН 727-90, развертка ГОСТ 1672-80, метчик ГОСТ 3266-81, развертка коническая ГОСТ 11184-91; метчик для конической резьбы ГОСТ 6227-80 К3/4”; приспособление – специальное, кондукторная плита.

040 Расточная

А Установить заготовку по поверхности 4 и двум отверстиям 16 горизонтально.

- 1 Расточить отверстие 11 предварительно.
- 2 Расточить отверстие 10 окончательно.
- 3 Расточить отверстия 7 и 11 окончательно.
- 4 Точить фаску 13 окончательно.

Станок горизонтально-расточной 2М615; приспособление – зажимное специальное, бор-штанга расточная; режущий инструмент – резец расточной ГОСТ 18882-93.

050 Расточная

А Установить заготовку по поверхности 4 и двум отверстиям 16.

- 1 Расточить отверстие 5 предварительно.
- 2 Точить торец отверстия 5 окончательно.
- 3 Расточить фаску.

Б Повернуть стол на 180°.

- 4 Расточить отверстие 5 предварительно.
- 5 Точить торец отверстия 5 окончательно.
- 6 Расточить отверстие 5 окончательно на проход.
- 7 Расточить фаску.

Станок горизонтально-расточной 2М615; приспособление – зажимное специальное, бор-штанга расточная; режущий инструмент – резец расточной ГОСТ 18882-93, резец подрезной ГОСТ 18880-93.

060 Сверлильная

А Установить заготовку по поверхности 4 и двум отверстиям 16.

- 1 Сверлить 6 отверстий 15 под резьбу.
- 2 Нарезать в 6ти отверстиях 15 резьбу М8-7Н окончательно.
- 3 Сверлить 2 отверстия под резьбу.
- 4 Нарезать в 2х отверстиях резьбу М16-7Н окончательно.

Станок радиально-сверлильный 2М55, режущий инструмент – сверло спиральное ГОСТ 10903-97, метчик ГОСТ 3266-81; приспособление – специальное, кондукторная плита.

070 Сверлильная

А Установить заготовку по поверхности 4 и двум отверстиям 16 горизонтально.

- 1 Сверлить 6 отверстий на торце отверстия 5 под резьбу.
- 2 Нарезать в 6ти отверстиях резьбу М8-7Н окончательно.

Б Повернуть заготовку на 180°.

- 3 Сверлить 6 отверстий на торце отверстие 5 под резьбу.
- 4 Нарезать в 6ти отверстиях резьбу М8-7Н окончательно.

Станок горизонтально-сверлильный ВО90, режущий инструмент – сверло спиральное ГОСТ 10903-97, метчик ГОСТ 3266-81; приспособление – специальное поворотное, кондукторная плита.

Более 70% изделий в машиностроении изготавливают в условиях мелкосерийного и серийного производства. Эффективным средством автоматизации мелкосерийного и серийного производства является программное управление металорежущими станками.

В станках с ЧПУ управление рабочими органами в процессе обработки производится автоматически по заранее разработанной программе без непосредственного участия рабочего. Программное управление — это такая система управления, которая обеспечивает автоматическую работу

механизмов станка по легко переналаживаемой программе. Станок-автомат работает по программе, задаваемой кулачками или копирами.

По заданной программе можно управлять: регулированием направления и скорости перемещения исполнительных органов станка, циклом работы станка, сменой инструмента и т. д.

Основные преимущества станков с ЧПУ

- производительность станка повышается в 1,5...2,5 раза по сравнению с производительностью аналогичных станков с ручным управлением;
- сочетается гибкость универсального оборудования с точностью и производительностью станка-автомата;
- снижается потребность в квалифицированных рабочих станичниках, а подготовка производства переносится в сферу инженерного труда;
- детали, изготовленные по одной программе, являются взаимозаменяемыми, что сокращает время пригоночных работ;
- сокращаются сроки подготовки и перехода на изготовление новых деталей благодаря предварительной подготовке программ, более простой и универсальной технологической оснастке.

Маршрут обработки корпуса с применением станка с ЧПУ

10 Токарно-фрезерная

А Установить заготовку в шпиндель по отверстию 17 с упором в торец 6.

- 1 Точить поверхность 4 окончательно.
- 2 Точить поверхность 3 предварительно.
- 3 Точить поверхность 2 окончательно.
- 4 Точить поверхность 12 предварительно.
- 5 Точить поверхность 3 окончательно.
- 6 Точить поверхность 12 окончательно.
- 7 Точить поверхность 1 окончательно.
- 8 Растирать отверстие 11 предварительно.
- 9 Растирать отверстие 10 окончательно.
- 10 Растирать отверстие 11 окончательно.
- 11 Точить фаску 13 окончательно.
- 12 Фрезеровать 4 поверхности 9 окончательно.
- 13 Сверлить 4 отверстия 16 окончательно.
- 14 Сверлить 6 отверстий 14 под резьбу.
- 15 Нарезать в бти отверстиях 14 резьбу М10-7Н окончательно.
- 16 Сверлить отверстие под резьбу.
- 17 Развернуть отверстие под конус.
- 18 Нарезать резьбу К 3/4”.

Б Переустановка заготовки в противошпиндель по поверхности 12 с упором в торец 1.

19 Точить поверхность 6 окончательно.

20 Расточить отверстие 7 предварительно.

21 Расточить отверстие 7 окончательно.

22 Расточить фаску 8 окончательно.

23 Сверлить 6 отверстий 15 под резьбу.

24 Нарезать в 6ти отверстиях 15 резьбу М8-7Н окончательно.

25 Сверлить 2 отверстия под резьбу.

26 Нарезать в 2х отверстиях резьбу М16-7Н окончательно.

27 Фрезеровать торец отверстия 5 окончательно.

28 Расточить отверстие 5 предварительно.

29 Расточить отверстие 5 окончательно.

30 Расточить фаску.

31 Сверлить 6 отверстий на торце отверстия 5 под резьбу.

32 Нарезать в 6ти отверстиях резьбу М8-7Н окончательно.

В Поворот заготовки на 180°.

33 Фрезеровать торец отверстия 5 окончательно.

34 Расточить отверстие 5 предварительно.

35 Расточить отверстие 5 окончательно.

36 Расточить фаску.

37 Сверлить 6 отверстий на торце отверстия 5 под резьбу.

38 Нарезать в 6ти отверстиях резьбу М8-7Н окончательно.

Токарно-фрезерный обрабатывающий центр Victor Vturn-X200;

Шпиндель – планшайба гидравлическая специальная, противошпиндель – патрон трехкулачковый гидравлический; инструмент – резцы подрезной ГОСТ 18880-93, расточной ГОСТ 18882-93 и проходной ГОСТ 18879-93, фреза концевая ГОСТ 4675-91 Ø32, сверло спиральное ГОСТ 10903-97; метчик ГОСТ 3266-91; развертка коническая ГОСТ 11184-91; метчик для конической резьбы ГОСТ 6227-80 К3/4"; фреза торцевая ГОСТ 9473-90 Ø200.

1.6 Экономическое обоснование выбора заготовки

Метод выполнения заготовок для деталей машин определяется назначением и конструкцией детали, материалом, техническими требованиями, масштабом и серийностью выпуска, а также экономичностью изготовления. Выбрать заготовку – значит установить способ ее получения.

Для рационального выбора заготовки необходимо одновременно учитывать все вышеперечисленные исходные данные.

Различные способы литья отличаются характером технологической оснастки литейного цеха, механизацией процесса сборки и изготовления

форм. Отливки чаще всего получают в земляных формах второго и третьего класса точности. Проведем сравнительный экономический анализ этих двух способов (таблица 1.3).

Стоимость заготовок, получаемых литьем, можно с достаточной точностью определить по формуле [6]

$$S_{заг} = \left(\frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot k_t \cdot k_c \cdot k_b \cdot k_m \cdot k_n \right) - (Q - q) \cdot \frac{S_{отх}}{1000} \quad (1.5)$$

где C_i - базовая стоимость 1 тонны заготовок,

k_t , k_c , k_b , k_m , k_n - коэффициенты, зависящие от класса точности, группы сложности, массы, марки материала и объема производства заготовок,

Q - масса заготовки,

q - масса готовой детали,

$S_{отх}$ - цена одной тонны отходов.

Наша заготовка I группы сложности, массой 160 кг из серого чугуна, Зей группы серийности.

Таблица 1.3 – Выбор заготовки

Класс точности	C_i	k_t	k_c	k_b	k_m	k_n	Q	q	$S_{отх}$
Второй	65000	1	0,83	0,74	1,04	1,2	160	145	2500
Третий	65000	1	0,85	0,74	1,04	1,2	167	145	2500

$$S_{заг1} = 7934,33 \text{ руб}$$

$$S_{заг2} = 8466,09 \text{ руб}$$

Расчет показал, что для нашего случая более приемлемо литье в обычные земляные формы. Формовочная смесь при этом состоит из кварцевого песка, глины и специальных добавок. Литейная форма изготавливается путем уплотнения формовочной смеси по модели при помощи формовочной машины. Металл из печи выпускают в ковши, а затем разливают по формам до тех пор, пока металл не заполнит выпоры и прибыли. После полного затвердевания и достаточного охлаждения отливки выбивают из форм и из них выбивают стержни. Затем отливки необходимо освободить от литников, выпоров и прибылей и удалить с поверхности отливки пригоревшую формовочную смесь.

Годовой экономический эффект при этом составит

$$\mathcal{E}_\Gamma = (S_{заг2} - S_{заг1}) \cdot N = (8466,09 - 7934,33) \cdot 500 = 265880 \text{ руб} \quad (1.6)$$

1.7 Расчет и назначение припусков

Припуск - слой материала, удаляемый с поверхности заготовки в целях достижения заданных свойств обрабатываемой поверхности детали.

Припуск на обработку поверхностей детали может быть назначен по соответствующим справочным таблицам, ГОСТам или на основе расчетно-аналитического метода определения припусков.

Для наиболее важных поверхностей данной детали (посадочное отверстие $\varnothing 140$ мм и наружная цилиндрическая поверхность $\varnothing 200$) припуски рассчитаем по формулам.

1 Посадочное отверстие $\varnothing 140^{+0,1}$.

Данное отверстие растачивается до шероховатости $Rz = 2,5$ мкм с выдерживанием точности размера по девятому квалитету. Для достижения такой точности необходимо выполнить черновую и чистовую обработку.

При обработке внутренних цилиндрических поверхностей формула для расчета минимального припуска имеет вид [6]

$$2Z_{\min} = 2(Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}) \quad (1.7)$$

где Rz – шероховатость, мкм; T – глубина дефектного слоя, мкм; ρ – суммарное пространственное отклонение расположения обрабатываемой поверхности, мкм; ε – погрешность установки заготовки при обработке, мкм.

Суммарное значение Rz и T , характеризующее качество поверхности литой заготовки второго класса точности, составляет 700 мкм. После первого технологического перехода T для деталей из чугуна из расчетов исключается, поэтому для чистового растачивания находим только значения $Rz = 50$ мкм.

Величина суммарного отклонения расположения поверхности в нашем случае равна величине коробления детали и смещения обрабатываемой поверхности относительно базовой

$$\rho_d = \sqrt{\rho_{kop}^2 + \rho_{cm}^2} \quad (1.8)$$

Коробление учитывается как в радиальном, так и в осевом сечении.

$$\rho_{kop} = \sqrt{(\Delta_k \cdot d)^2 + (\Delta_k \cdot l)^2} \quad (1.9)$$

Удельная кривизна для литых заготовок $\Delta_k = 1$ мкм. Диаметр отверстия $d=140$ мм, длина $l = 45$ мм.

$$\rho_{kop} = \sqrt{(1 \cdot 140)^2 + (1 \cdot 45)^2} = 147 \text{ мкм}$$

Величину смещения отверстия в отливке относительно базовой поверхности примем равной четверти допуска на черное базовое отверстие, так как обрабатываемое отверстие и база выполнены одним стержнем.

$$\rho_{\text{см}} = 300 \text{ мкм}$$

Следовательно, суммарное отклонение

$$\rho_d = \sqrt{147^2 + 300^2} = 334 \text{ мкм}$$

На последующих переходах ρ определяется через коэффициент уточнения, который равен после чернового растачивания 0,06.

Погрешность установки

$$\varepsilon_1 = \sqrt{\varepsilon_b^2 + \varepsilon_z^2} \quad (1.10)$$

где ε_b – погрешность базирования; ε_z – погрешность закрепления.

Погрешность базирования примем равной неплоскостиности черной базы $\varepsilon_b = 200$ мкм.

Погрешность закрепления при установке на опорные пластинки приспособления по черной базе при механическом зажиме $\varepsilon_z = 220$ мкм [8].

$$\varepsilon_1 = 298 \text{ мкм}$$

Чистовой переход выполняются с базированием по пальцам и база чистая.

Погрешность базирования в данном случае возникает за счет сдвига заготовки в горизонтальной плоскости при установке ее на пальцы приспособления. Сдвиг происходит из-за наличия зазоров между наибольшим диаметром отверстия и наименьшим диаметром пальца. Наибольший зазор можно определить

$$S_{\max} = \delta_A + \delta_B + S_{\min} \quad (1.11)$$

где δ_A – допуск на отверстие, 21 мкм; δ_B – допуск на диаметр пальца, 21 мкм; S_{\min} – минимальный зазор, 10 мкм.

$$\varepsilon_b = S_{\max} = 52 \text{ мкм.}$$

Погрешность закрепления при механическом зажиме и чистой базе

$$\varepsilon_z = 110 \text{ мкм.}$$

$$\varepsilon_2 = \sqrt{52^2 + 110^2} = 122 \text{ мкм}$$

Расчетные размеры получаем вычитанием из размера по чертежу значение припуска на тонкое растачивание и т.д.

Значения допусков каждого перехода принимаем по таблицам в соответствии с квалитетом вида обработки.

Наибольшее значение размера получаем округлением расчетного размера до точности допуска соответствующего перехода, а наименьший – вычитанием из наибольших допусков соответствующих переходов.

Минимальные предельные значения припусков равны разности наибольших предельных размеров выполняемого и предыдущего переходов, а максимальные – соответственно разности наименьших предельных размеров.

Результаты вычислений сведем в таблицу 1.4.

2 Обработка наружной поверхности $\varnothing 200^{+0,17}_{-0,285}$.

Достигаемая шероховатость $R_a 6,3$, точность размера по девятому квалитету. Обработка ведется в два перехода – черновой и чистовой.

Припуски на обработку наружной цилиндрической поверхности

$$2Z_{\min} = 2(Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}) \quad (1.12)$$

Суммарное значение Rz и T также составляет 700 мкм. Для чистового точения значения $Rz = 50$ мкм.

Аналогично посадочному отверстию, величина суммарного отклонения расположения поверхности рассчитывается по формуле 1.8, коробление по формуле 1.9.

Удельная кривизна для отливок $\Delta_k = 1$ мкм. Диаметр поверхности $d = 200$ мм, длина $l = 110$ мм. Отсюда $\rho_{\text{кор}} = 230$ мкм.

Величина смещения поверхности относительно базовой, представляет собой четверть допуска на размер базового отверстия $\varnothing 140$ – после чернового растачивания базовое отверстие имеет допуск 250 мм, $\rho_{\text{см}} = 60$ мкм.

Отсюда $\rho = 238$ мкм.

На последующих переходах ρ определяется через коэффициент уточнения, который равен после чернового точения 0,06.

Погрешность установки находим по формуле 1.10.

Погрешность базирования на чистую базу $\varepsilon_b = 100$ мкм.

Погрешность закрепления по чистой базе при механическом зажиме $\varepsilon_3 = 110$ мкм [6].

$\varepsilon_1 = 150$ мкм.

Чистовой переход выполняются без переустановки, поэтому погрешность установки будет равна нулю.

Расчетные размеры получаем прибавлением к размеру по чертежу значение припуска на чистовое точение и т.д.

Результаты вычислений сведем в таблицу 1.5.

На все остальные обрабатываемые поверхности припуски назначим по справочнику [4] (таблица 1.6).

Таблица 1.6 – Назначение припусков

Элементарная поверхность		Технологический переход	Припуск на сторону, мм		Межоперационный р-р с полем допуска
номер	Размер по чертежу, мм		Расчетный	Принятый	
1, 6 – торцы	585 _{-1,75}	1 черновое точение		1,5·2	588 ^{+2,3}
2 – поверхность	Ø214 _{-1,15}	1 черновое точение		3,1·2	Ø220,2 ^{+0,3}
3 – поверхность	Ø220 _{-0,9} ^{-0,8}	1 черновое точение 2 чистовое точение		1,2·2 0,1·2	Ø222,6 ^{+1,4} Ø220,2 ^{+0,3}
4, 9 – плоскости	40 _{-0,62}	1 черновое точение		1,5·2	43 ^{+0,8}
5 – отверстие	Ø120 ^{+0,087}	1 черновое растачивание 2 чистовое растачивание		1,3·2 0,2·2	Ø117 _{-1,0} Ø119,6 _{-0,22}
7 – отверстие	Ø140 ^{+0,1}	1 черновое растачивание 2 чистовое растачивание	1,15·2 0,17·2	1,3·2 0,2·2	Ø137 _{-1,2} Ø139,6 _{-0,25}
10 – отверстие	Ø140 ^{+0,4}	1 черновое растачивание		1,5·2	Ø137 _{-1,2}
11 – отверстие	Ø160 ^{+0,1}	1 черновое растачивание 2 чистовое растачивание		1,3·2 0,2·2	Ø157 _{-1,2} Ø159,6 _{-0,25}
12 – поверхность	Ø200 _{-0,17} ^{-0,285}	1 черновое точение 2 чистовое точение		3,45·2 (2 прохода) 0,1·2	Ø214 _{-1,15} Ø200,2 ^{+0,3}

1.8 Расчет режимов резания

При назначении режимов резания учитывают характер обработки, тип и размеры инструмента, материал его режущей части, материал и состояние заготовки, тип и состояние оборудования.

Произведем расчет режимов резания для тех же характерных поверхностей.

1 Посадочное отверстие Ø140^{+0,1}.

Обработка ведется в два перехода – черновой, чистовой.

Режущий инструмент – резец расточной.

Черновое растачивание.

Глубина резания по таблице 1.4 $t = 1,3$ мм.

Подача при черновом растачивании принимается максимально допустимой по мощности оборудования, прочности режущей пластины и т.д. Обработка ведется расточным резцом с пластиной из твердого сплава.

По таблице 12 [14] $S = 0,6$ мм/об.

Скорость резания при растачивании рассчитывают по эмпирической формуле

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V \cdot 0,9 \quad (1.13)$$

где значения коэффициента C_v и показателей степени берутся из таблицы 17 [14] $C_v = 243$; $x = 0,15$; $y = 0,4$; $m = 0,2$;

K_v - общий поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий фактические условия резания, равен

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv}$$

(1.14)

где K_{mv} - коэффициент, учитывающий влияние физико-механических свойств обрабатываемого материала, по таблице 1 [14] для чугуна с HB=190 - $K_{mv} = 1$;

K_{nv} - коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки, по таблице 5[14] при обработке отливки по корке - $K_{nv} = 0,8$; без корки - $K_{nv} = 1$;

K_{iv} - коэффициент, учитывающий материал инструмента, по таблице 6 [14] для пластин из твердого сплава ВК6 - $K_{iv} = 1$;

$$K_v = 1 \cdot 0,8 \cdot 1 = 0,8$$

T – среднее значение стойкости, при одноинструментальной обработке $T = 60$ мин;

0,9 - поправочный коэффициент на растачивание.

$$V = \frac{243}{60^{0,2} \cdot 1,3^{0,15} \cdot 0,6^{0,4}} \cdot 0,8 \cdot 0,9 = 91 \text{ м/мин}$$

Частота вращения определяется по формуле

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 91}{3,14 \cdot 140} = 206 \text{ об/мин} \quad (1.15)$$

Примем 200 об/мин.

Уточним скорость резания

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 140 \cdot 200}{1000} = 80 \text{ м/мин} \quad (1.16)$$

Сила резания рассчитывается по формуле

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \quad (1.17)$$

где постоянная C_p и показатели степени возьмем из таблицы 22[14]

$$C_p = 92; x = 1; y = 0,75; n = 0.$$

K_p – поправочный коэффициент, учитывает фактические условия резания.

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}$$

(1.18)

где K_{mp} – учитывает влияние качества обрабатываемого материала, для серого чугуна с НВ = 190 по таблице 9 [14] $K_{mp} = 1$;

$K_{\varphi p}$ – учитывает влияние главного угла в плане, при $\varphi = 95^\circ$ $K_{\varphi p} = 0,89$;

$K_{\gamma p}$ – учитывает влияние переднего угла, при $\gamma = -15^\circ$ $K_{\gamma p} = 1,25$;

$K_{\lambda p}$ – учитывает влияние угла наклона главного лезвия, при $\lambda = -5^\circ$

$K_{\lambda p} = 1$;

K_{rp} – учитывает влияние радиуса при вершине, при $r = 1$ мм $K_{rp} = 0,93$.

После подстановки получаем $K_p = 1,04$.

$$P_z = 10 \cdot 92 \cdot 1,3^1 \cdot 0,6^{0,75} \cdot 80^0 \cdot 1,04 = 1052 \text{ Н}$$

Мощность резания рассчитывают по формуле

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1052 \cdot 80}{1020 \cdot 60} = 1,4 \text{ кВт} \quad (1.19)$$

Мощность принятого нами универсального станка 30 кВт, станка с ЧПУ – 15 кВт.

Чистовое растачивание.

Глубина резания по таблице 1.4 $t = 0,2$ мм.

Подача при чистовом растачивании принимается в зависимости от требуемых параметров шероховатости обрабатываемой поверхности и радиуса при вершине резца. По таблице 14 при $R_a = 2,5$ мкм и $r = 1$ мм

$S = 0,25$ мм/об.

Расчеты производим по формулам

Скорость резания (1.13)

$$V = \frac{292}{60^{0,2} \cdot 0,2^{0,15} \cdot 0,25^{0,2}} \cdot 1 \cdot 0,9 = 195 \text{ м/мин}$$

Частота вращения (1.15)

$$n = \frac{1000 \cdot 195}{3,14 \cdot 140} = 443 \text{ об/мин}$$

Примем 400 об/мин.

Уточним скорость резания (1.16)

$$V = \frac{3,14 \cdot 140 \cdot 400}{1000} = 160 \text{ м/мин}$$

Сила резания (1.17)

$$P_z = 10 \cdot 92 \cdot 0,2^1 \cdot 0,25^{0,75} \cdot 160^0 \cdot 1,04 = 68 \text{ Н}$$

Мощность резания (1.19)

$$N_e = \frac{68 \cdot 160}{1020 \cdot 60} = 0,2 \text{ кВт}$$

2 Точение наружной цилиндрической поверхности $\varnothing 200$.

Обработка ведется в два перехода – черновой и чистовой.

Режущий инструмент – резец подрезной.

Черновое точение.

Глубина резания по таблице 1.5. $t = 1,2$ мм.

Подача при черновом точении принимается максимально допустимой по мощности оборудования, прочности режущей пластины и т.д. Обработка ведется проходным резцом с пластиной из твердого сплава.

По таблице 12 [14] $S = 0,8$ мм/об.

Скорость резания при точении рассчитывают по эмпирической формуле (1.13).

C_v и показателей степени берутся из таблицы 17 [14] $C_v = 243$; $x = 0,15$; $y = 0,4$; $m = 0,2$;

K_v (1.14) - общий поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий фактические условия резания, равен 0,8.

$$V = \frac{243}{60^{0,2} \cdot 1,2^{0,15} \cdot 0,8^{0,4}} \cdot 0,8 = 101 \text{ м/мин}$$

Частота вращения (1.15)

$$n = \frac{1000 \cdot 101}{3,14 \cdot 200} = 161 \text{ об/мин}$$

Примем 160 об/мин.

Уточним скорость резания (1.16)

$$V = \frac{3,14 \cdot 200 \cdot 160}{1000} = 100 \text{ м/мин}$$

Сила резания (1.17)

$$P_z = 10 \cdot 92 \cdot 1,2^1 \cdot 0,8^{0,75} \cdot 100^0 \cdot 0,91 = 850 \text{ Н}$$

где $C_p = 92$; $x = 1$; $y = 0,75$; $n = 0$.

K_p – коэффициент, учитывает фактические условия резания (1.17)

где $K_{mp} = 1$;

$K_{\phi p}$ – учитывает влияние главного угла в плане, при $\phi = 90^\circ K_{\phi p} = 0,89$;

$K_{\gamma p}$ – учитывает влияние переднего угла, при $\gamma = 0^\circ K_{\gamma p} = 1,1$;

$K_{\lambda p}$ – учитывает влияние угла наклона главного лезвия $K_{\lambda p} = 1$;

K_{rp} – учитывает влияние радиуса при вершине, при $r = 1$ мм $K_{rp} = 0,93$.

После подстановки получаем $K_p = 0,91$.

Мощность резания (1.19)

$$N_e = \frac{850 \cdot 100}{1020 \cdot 60} = 1,4 \text{ кВт}$$

Мощность принятого нами универсального станка 30 кВт, станка с ЧПУ – 15 кВт.

Чистовое точение.

Глубина резания по таблице 1.5. $t = 0,1$ мм.

Подача при чистовом точении принимается в зависимости от требуемых параметров шероховатости обрабатываемой поверхности и радиуса при вершине резца. По таблице 14 [14] при $R_a = 3,2$ мкм и $r = 2$ мм, $S=0,35$ мм/об.

Скорость резания (1.13)

$$V = \frac{292}{60^{0,2} \cdot 0,1^{0,15} \cdot 0,35^{0,2}} \cdot 1 = 224 \text{ м/мин}$$

Частота вращения (1.15)

$$n = \frac{1000 \cdot 224}{3,14 \cdot 200} = 357 \text{ об/мин}$$

Примем 315 об/мин.

Уточним скорость резания (1.16)

$$V = \frac{3,14 \cdot 315 \cdot 200}{1000} = 200 \text{ м/мин}$$

Сила резания (1.17)

$$P_z = 10 \cdot 92 \cdot 0,1^1 \cdot 0,35^{0,75} \cdot 200^0 \cdot 0,91 = 38 \text{ Н}$$

Мощность резания (1.19)

$$N_e = \frac{38 \cdot 200}{1020 \cdot 60} = 0,12 \text{ кВт}$$

На остальные операции режимы резания назначим по справочнику [12] и оформим в виде таблицы 1.7.

Таблица 1.7 – Режимы резания

Вид обработки	t , мм	S , мм/об	V , м/мин	n , об/мин	P_z , Н	N_e , кВт
Точение черновое	1,2	0,8	100	160	850	1,4
Точение чистовое	0,1	0,35	200	315	38	0,12
Подрезка торца $\varnothing 440$ черновая	1,5	0,6	200	160	980	1,6
Подрезка торца $\varnothing 200$ черновая	1,5	0,6	100	160	980	1,6
Растачивание черновое	1,3	0,6	80	200	1052	1,4
Растачивание чистовое	0,2	0,25	160	400	68	0,2
Сверление отв. $\varnothing 21$	10,5	0,48	20	315	1544	0,52
Развертывание $\varnothing 21$	0,1	1,3	40	630	93	0,06
Сверление отв. $\varnothing 7,25$	3,625	0,22	10	500	820	0,14
Нарезание M8	0,375	0,75	3,15	125	170	0,01
Сверление отв. $\varnothing 9$	4,5	0,27	12,5	500	984	0,2
Нарезание M10	0,5	1	4	125	215	0,02
Сверление отв. $\varnothing 14,5$	7,25	0,38	16	400	1210	0,36
Нарезание M16	0,75	1	5	100	370	0,03

1.9 Расчет норм времени

Структуру нормы штучного времени можно представить следующей формулой [13]

$$T_{шт} = t_o + t_b + t_{тех} + t_{опр} + t_{отд} \quad (1.20)$$

где t_o - основное (технологическое) время, затрачиваемое на достижение цели данной технологической операции; t_b - вспомогательное время, на осуществление действий, создающих возможность выполнения основной работы; $t_{тех}$, $t_{опр}$ - время, соответственно, технического и организационного обслуживания рабочего места; $t_{отд}$ - время на отдых и личные потребности.

Суммарное значение основного и вспомогательного времени составляет оперативное время

$$T_{оп} = t_o + t_b \quad (1.21)$$

$t_{тех}$, $t_{опр}$ и $t_{отд}$ берут укрупнено, в процентах от оперативного времени.

Основное время рассчитывают, как отношение длины обработки к скорости обработки.

Вспомогательное время включает в себя время на установку-снятие детали со станка, время управления станком, время холостых ходов и время на смену инструмента при многоинструментальной обработке.

Пронормируем четвертую технологическую операцию обработки корпуса (окончательная обработка основного посадочного отверстия).

Данная операция содержит 4 технологических перехода

Основное время при точении рассчитывается по формуле

$$t_o = \frac{L}{S \cdot n} \quad (1.22)$$

где $L = L_0 + L_1 + L_2$ - длина обработки, состоящая из фактической длины обработки L_0 , длины врезания L_1 и длины перебега L_2 ; S - подача; n - частота вращения.

1 Растачивание $\varnothing 160$ черновое.

Обработка ведется в упор расточным резцом.

Фактическая длина обработки равна длине отверстия $L_0 = 90$ мм.

Длина врезания равна 5 мм. Перебега нет. Отсюда $L = 95$ мм.

$$t_o = \frac{95}{0,6 \cdot 200} = 0,79 \text{ мин}$$

2 Растирание $\varnothing 140H12$ черновое.

Обработка ведется на проход расточным резцом.

Фактическая длина обработки $L_o = 20$ мм.

Длина врезания равна длине перебега – по 5 мм. Отсюда $L = 30$ мм.

$$t_o = \frac{30}{0,6 \cdot 200} = 0,25 \text{мин}$$

3 Растирание $\varnothing 140H9$ и $\varnothing 160H9$ чистовое.

Обработка ведется в упор расточными резцами.

Фактическая длина обработки (по более длинному отверстию)

$L_o = 90$ мм.

Длина врезания равна 5 мм. Отсюда $L = 95$ мм.

$$t_o = \frac{95}{0,25 \cdot 400} = 0,95 \text{мин}$$

4 Растирание фаски.

Обработка ведется в упор расточным резцом.

Фактическая длина обработки $L_o = 2,5$ мм.

Длина врезания 5 мм. Отсюда $L = 7,5$ мм.

$$t_o = \frac{7,5}{0,6 \cdot 200} = 0,07 \text{мин}$$

Основное время всей операции

$$t_o = 0,79 + 0,25 + 0,95 + 0,07 = 2,06 \text{ мин}$$

Вспомогательное время берется по справочным таблицам с учетом условий производства, оборудования, массы и габаритов заготовки и др.

По справочнику [10]

- 1 время на установку и снятие детали со станка 1,42 мин;
- 2 время на закрепление и открепление детали 0,36 мин;
- 3 время на подвод-отвод инструмента 0,53 мин;
- 4 время на управление станком 2,08 мин.

Вспомогательное время на операции будет

$$t_b = 1,42 + 0,36 + 0,53 + 2,08 = 3,89 \text{ мин.}$$

Оперативное время $T_{оп} = 2,06 + 3,89 = 5,95 \text{ мин.}$

Укрупненно для расточных станков [13]

$$t_{тех} = 3\% T_{оп} = 0,03 \cdot 5,95 = 0,18 \text{ мин};$$

$$t_{опр} = 1,2\% T_{оп} = 0,012 \cdot 5,95 = 0,07 \text{ мин}; \quad (1.23)$$

$$t_{отд} = 6\% T_{оп} = 0,06 \cdot 5,95 = 0,36 \text{ мин.}$$

Штучное время на операции
 $T_{шт} = 5,95 + 0,18 + 0,07 + 0,36 = 6,56$ мин.

Для условий серийного производства необходимо рассчитать штучно-калькуляционное время

$$T_{шт-к} = \frac{T_{н.з.}}{n} + T_{шт} \quad (1.24)$$

где подготовительно-заключительное время при работе на токарных станках $T_{н.з.} = 21$ мин, на расточных – 23 мин; на сверлильных – 16 мин; n – количество деталей в настроечной партии – 100 шт.

$$T_{шт-к} = \frac{23}{100} + 6,56 = 0,23 + 6,56 = 6,79 \text{ мин}$$

На остальные операции нормы времени рассчитываем аналогично и результаты вычислений сведем в таблицы 1.8, 1.9.

Таблица 1.8 – Нормы времени на универсальном оборудовании

Операция	t_o	t_B	$T_{оп}$	$t_{тех}$	$t_{орг}$	$t_{отд}$	$T_{шт}$	$T_{шт-к}$
10 Токарная								
1 подрезка торца черновая	0,26							
2 растачивание черновое	0,46	2,54	3,35	0,11	0,04	0,21	3,71	3,92
3 растачивание фаски	0,09							
20 Токарная								
1 точение торца черновое	0,45							
2 точение фланца черновое	1,15							
3 точение наружное черновое	2,03							
4 точение наружное черновое	1,89							
5 точение наружное черновое	1,82							
6 точение наружное чистовое	0,19							
7 точение наружное чистовое	1,06							
30 Сверлильная								
1 сверление 4 отв. $\varnothing 21$	1,24							
2 зенкование бобышек	0,12							
3 развертывание	0,12							
4 сверление 6 отв. $\varnothing 9$	0,29							
5 нарезание резьбы M10-7H	0,28							
6 сверление $\varnothing 30$	0,21							
7 развертывание под конус	0,05							
8 нарезание резьбы K3/4"	0,22							
40 Расточная								
1 растачивание черновое	0,79							
2 растачивание черновое	0,25	3,89	5,95	0,18	0,07	0,36	6,56	6,79
3 растачивание чистовое	0,95							
4 растачивание фаски	0,07							

Окончание таблицы 1.8

Операция	t_o	t_B	$T_{оп}$	t_{tex}	$t_{опр}$	$t_{отд}$	$T_{шт}$	$T_{ш-к}$
50 Расточная								
1 растачивание черновое	0,41							
2 подрезка торца черновая	0,38							
3 растачивание фаски	0,07							
4 растачивание черновое	0,54							
5 подрезка торца черновая	0,38							
6 растачивание чистовое	0,65							
7 растачивание фаски	0,07							
60 Сверлильная								
1 сверление 6 отв. $\varnothing 7,25$	1,62							
2 нарезание резьбы M8-7H	1,56							
3 сверление 2 отв. $\varnothing 15$	1,04							
4 нарезание резьбы M16-7H	0,96							
70 Сверлильная								
1 сверление 6 отв. $\varnothing 7,25$	1,62							
2 нарезание резьбы M8-7H	1,56							
3 сверление 6 отв. $\varnothing 7,25$	1,62							
4 нарезание резьбы M8-7H	1,56							

Таблица 1.9 – Нормы времени на станке с ЧПУ

Операция	t_o	t_B	$T_{оп}$	t_{tex}	$t_{опр}$	$t_{отд}$	$T_{шт}$	$T_{ш-к}$
10 Токарно-фрезерная								
1 точение торца черновое	0,45							
2 точение фланца черновое	1,15							
3 точение наружное черновое	2,03							
4 точение наружное черновое	1,89							
5 точение наружное черновое	1,82							
6 точение наружное чистовое	0,19							
7 точение наружное чистовое	1,06							
8 растачивание черновое	0,79							
9 растачивание черновое	0,25							
10 растачивание чистовое	0,45							
11 растачивание фаски	0,07							
12 фрезерование бобышек	1,92							
13 сверление 4 отв. $\varnothing 21$	1,24							
14 сверление 6 отв. $\varnothing 9$	0,29							
15 нарезание резьбы M10-7H	0,28							
16 сверление $\varnothing 30$	0,21							
17 развертывание под конус	0,05							
18 нарезание резьбы K3/4"	0,22							
Переустановка в контршпиндель								

Окончание таблицы 1.9

Операция	t_o	t_b	$T_{оп}$	$t_{тех}$	t_{opr}	$t_{отд}$	$T_{шт}$	$T_{шт-к}$
Переустановка в контршиндель								
19 подрезка торца черновая	0,26							
20 растачивание черновое	0,46							
21 растачивание чистовое	0,95							
22 растачивание фаски	0,09							
23 сверление 6 отв. $\varnothing 7,25$	1,62							
24 нарезание резьбы M8-7H	1,56							
25 сверление 2 отв. $\varnothing 15$	1,04							
26 нарезание резьбы M16-7H	0,96							
27 фрезерование торца	0,42							
28 растачивание черновое	0,54							
29 растачивание чистовое	0,65							
30 растачивание фаски	0,07							
31 сверление 6 отв. $\varnothing 7,25$	1,62							
32 нарезание резьбы M8-7H	1,56							
33 фрезерование торца	0,42							
34 растачивание черновое	0,41							
35 растачивание чистовое	0,49							
36 растачивание фаски	0,07							
37 сверление 6 отв. $\varnothing 7,25$	1,62							
38 нарезание резьбы M8-7H	1,56							

1.10 Выбор оборудования

Проанализировав полученные данные, примем для обработки нашей детали следующее оборудование

для операций 10, 20 – один станок 1512 с $T_{шт-к} = 17,03$ мин;

для операций 30, 60 и 70 – один станок 2M55 с $T_{шт-к} = 30,26$ мин;

для операций 40 и 50 – один станок 2M615 с $T_{шт-к} = 14,54$ мин.

Время обработки программы деталей определим по формуле

$$T_N = \frac{T_{шт. max} \cdot N}{F_d \cdot 60} = \frac{30,26 \cdot 500}{2015 \cdot 60} = 0,125 \text{ года} \quad (1.30)$$

где $T_{шт. max}$ – наибольшая продолжительность операции, мин,

N – годовая программа выпуска деталей, 500 шт,

F_d – годовой действительный фонд времени работы оборудования, 2015 ч.

При обработке на станке с ЧПУ

$$T_N = \frac{T_{um.\max} \cdot N}{F_o \cdot 60} = \frac{36,06 \cdot 500}{2015 \cdot 60} = 0,149 \text{ года}$$

Так как оборудование, оснащенное ЧПУ, сложнее универсального, приведем его некоторые характеристики (таблица 1.10) [15].

Таблица 1.10 – Характеристики станка с ЧПУ

Характеристики	Токарно-фрезерный обрабатывающий центр Victor Vturn-X200
Параметры рабочей зоны, мм максимальный \varnothing над станиной	960
максимальная длина точения	1000
Максимальная частота вращения токарных шпинделей, об/мин	4200
Мощность токарных шпинделей, кВт	15
Максимальная частота вращения фрезерного шпинделя, об/мин	12000
Мощность фрезерного шпинделя, кВт	22
Точность позиционирования, мм	$\pm 0,005$
Система ЧПУ	Fanuc 31i-A5
Порт	RS-323
Тип монитора	LCD 10,4"



Рисунок 1.2 – Токарно-фрезерный обрабатывающий центр Victor Vturn-X200

Токарно-фрезерный обрабатывающий центр Victor Vturn-X200 (рисунок 1.2) одна из новейших разработок компании “VICTOR TAICHUNG” (Тайвань). Прежде всего, станок отличается полноценным фрезерным шпинделем на 40 позиций, что позволяет обрабатывать крупные детали со сложной геометрией. Также фрезерный шпиндель позволяет производить токарную обработку при установке в него различных резцов.

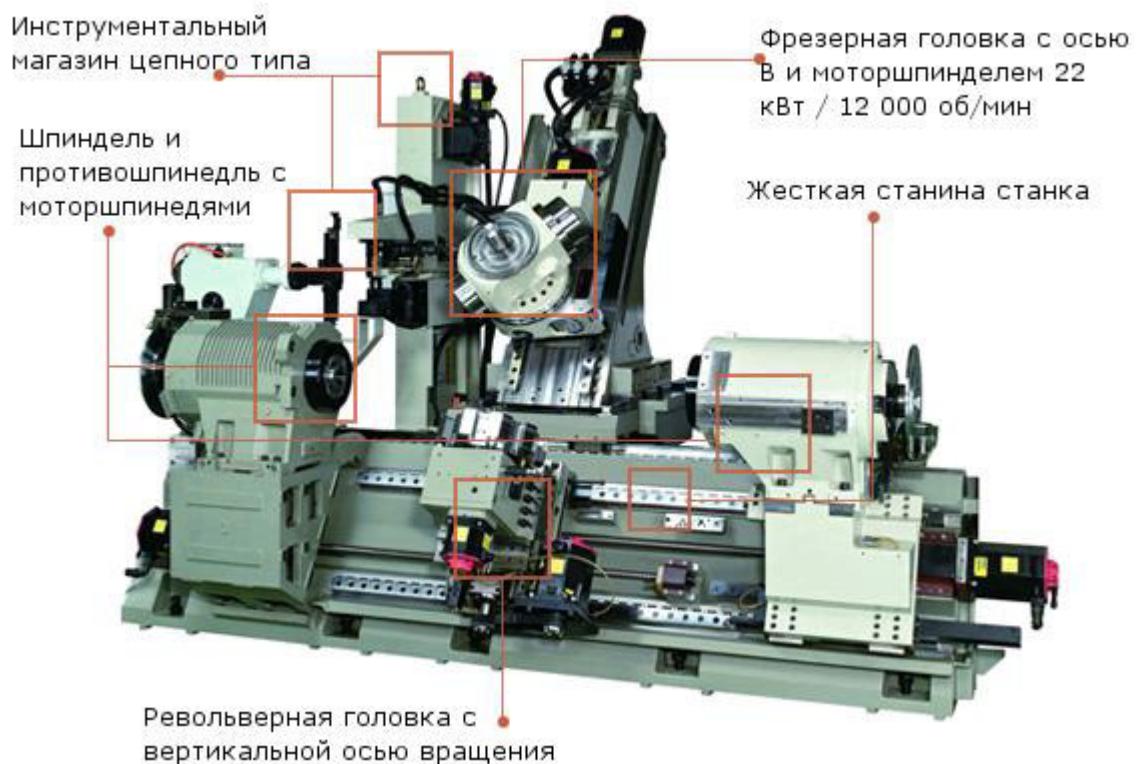


Рисунок 1.3 – Структура токарно-фрезерного обрабатывающего центра Victor Vturn-X200

Victor Vturn-X200 оснащен двумя шпинделями с прямыми приводами, что обеспечивает полноценную, равную по техническим возможностям, обработку обеих сторон детали. Также станок оснащен револьверной головкой на 9 инструментов (рисунок 1.3).

2 Конструкторская часть

2.1 Проектирование расточного приспособления

Назначение зажимных механизмов станочных приспособлений состоит в надежном закреплении детали на станке, предупреждающем вибрации и смещения относительно опор приспособления при обработке.

2.1.1 Техническое задание на проектирование расточного приспособления

При растачивании посадочного отверстия под вал-червяк, базирование на токарно-карусельном станке 1512 невозможно, поэтому необходимо спроектировать зажимное приспособление для установки корпуса на расточном станке. К тому же на ось этого отверстия установлен допуск параллельности установочной плоскости 3.

При обработке базирование производим на горизонтально-расточном станке 2М615 по установочной плоскости 3 на три установочные пластины, установочный и срезанный пальцы.

2.1.2 Расчет необходимой силы закрепления

Заготовка устанавливается плоскостью 3 на опорные пластины 9 приспособления, лишающие ее трех степеней свободы и являющиеся главной технологической базой. Упорной и направляющей базами являются два установочных пальца – цельный 3 и срезанный 6. Силовое замыкание производится прижимной шайбой 4 с винтовым зажимом 5, 11.

Зажимное приспособление должно предотвратить поворот заготовки вокруг оси под действием силы подачи при растачивании. Рассчитаем необходимую силу зажима, предотвращающую этот поворот, наличием пальцев пренебрежем.

Расчеты произведем для чернового растачивания ступени $\varnothing 120$, так как на этом переходе самая большая сила резания.

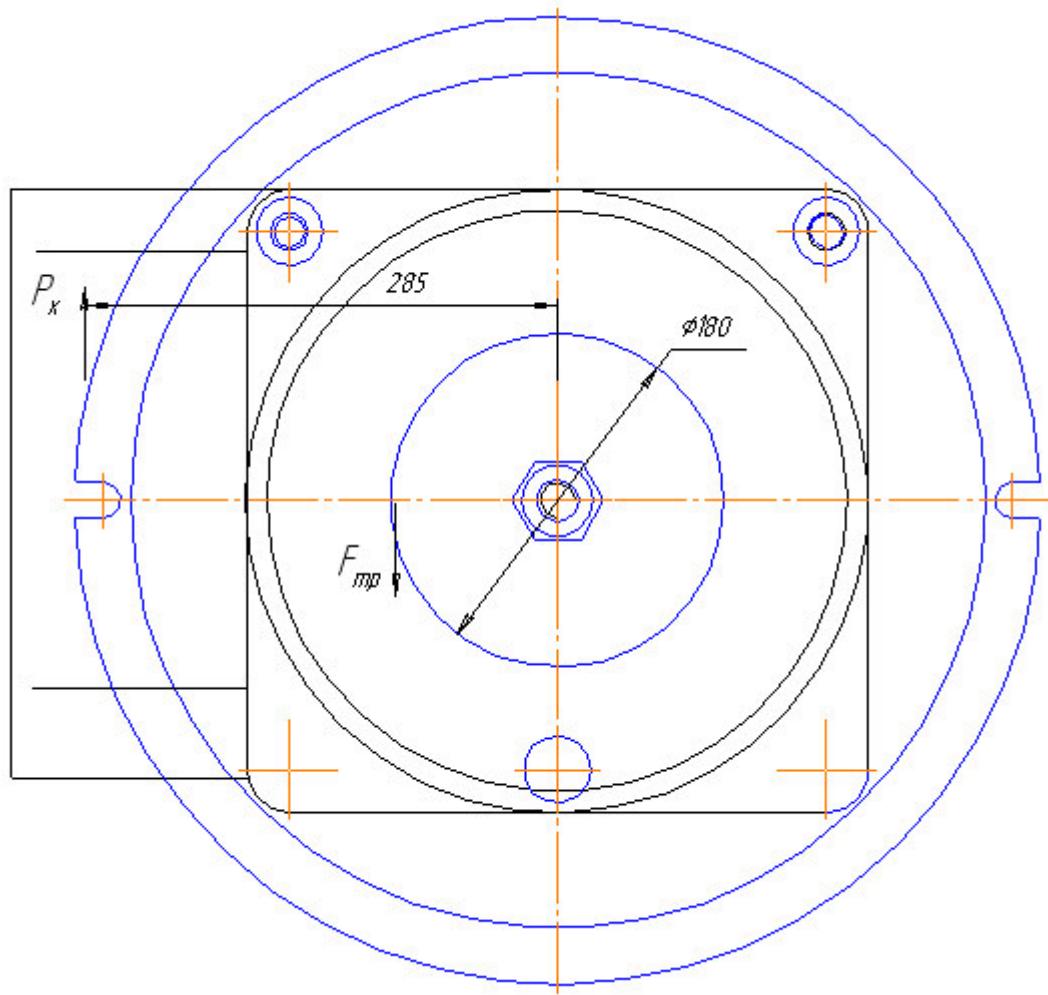


Рисунок 2.1 – Схема приспособления

По схеме приспособления (рисунок 2.2) составим уравнение моментов относительно оси корпуса.

$$\sum M_O = P_x \cdot L - F_{mp} \cdot R = 0 \quad (2.1)$$

где P_x – осевая сила от работы резца, Н;

$$P_x = 10C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \quad (2.2)$$

где постоянная C_p и показатели степени возьмем из таблицы 22 [9] $C_p=46$; $x = 1$; $y = 0,4$; $n = 0$.

$K_p = 1,04$ – поправочный коэффициент, учитывает фактические условия резания (1.18).

$$P_x = 10 \cdot 46 \cdot 1,3^1 \cdot 0,6^{0,4} \cdot 80^0 \cdot 1,04 = 510 \text{Н}$$

L – плечо приложения силы резания, состоит из межосевого расстояния плюс радиус обрабатываемого отверстия – 285 мм;
 $F_{tp,n}$ – сила трения шайбы о заготовку.

$$F_{tp} = Q \cdot k_{tp} \quad (2.3)$$

где Q – сила действия шайбы на заготовку;

$k_{tp} = 0,16$ – коэффициент трения сталь по чугуну;

R – радиус шайбы – 90 мм;

$$510 \cdot 285 = Q \cdot 0,16 \cdot 90$$

сила, которую должна оказывать шайба на заготовку

$$Q = 10 \text{ кН}$$

2.1.3 Расчет силового привода

Силовой расчет сводится к определению силы привода, как функции от силы закрепления $P_{pr} = f(Q)$.

В качестве силового привода в данном зажимном приспособлении используем винтовой зажим. Гайка должна создавать силу не менее 10000 Н.

Номинальный диаметр гайки можно рассчитать по формуле [1]

$$d = C \sqrt{P_6 / \sigma} = 1,4 \sqrt{10000 / 80} = 15,7 \text{ мм} \quad (2.4)$$

где $C = 1,4$ – коэффициент запаса для основной метрической резьбы;

P_6 – сила болта, необходимая для закрепления заготовки, Н;

σ - напряжение растяжения для винтов из стали 45 с учетом износа резьбы 80 МПа.

Такая резьба несоизмеримо мала по отношению к размерам детали, но без нее собственного веса детали не хватит, чтобы препятствовать повороту. Поэтому конструктивно примем шпильку с резьбой М32.

Рассчитаем момент, который необходимо развить на рукоятке ключа для получения заданной силы закрепления.

$$M = r_{cp} \cdot P_6 \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \rho) + M_{tp} \quad (2.5)$$

где $r_{cp} = 0,45d$ – средний радиус резьбы;

α - угол подъема резьбы (для М32 $\alpha = 3^\circ 30'$);

$\rho = 10^\circ 30'$ - угол трения в резьбе;

M_{tp} - момент трения на опорном торце гайки

$$M_{mp} = \frac{1}{3} f \cdot P_6 \frac{D_h^3 - d_b^3}{D_h^2 - d_b^2} \quad (2.6)$$

$D_h = 1,7d; d_b = d; f = 0,16.$

После всех преобразований и подстановок формула примет вид

$$M = 0,2d \cdot P_6 = 0,2 \cdot 32 \cdot 10000 = 64 \text{ Нм} \quad (2.7)$$

При откреплении приходится преодолеть трение покоя, и поэтому значения ρ и f нужно брать на 30-50 % больше, чем при закреплении. После преобразований получим формулу для определения момента открепления

$$M' = 0,25d \cdot P_6 = 0,25 \cdot 32 \cdot 10000 = 80 \text{ Нм} \quad (2.8)$$

Такие усилия может развить гайковерт.

2.1.4 Расчет зажимного приспособления на точность

К обрабатываемым на данном приспособлении посадочным отверстиям предъявлено требование параллельности к установочной плоскости 3, являющейся базой при обработке.

Проведем расчет зажимного приспособления на точность. Чтобы определить точность приспособления для выдерживаемого на операции допуска расположения обрабатываемых поверхностей, необходимо суммировать все погрешности, влияющие на точность.

Распределение большинства погрешностей, составляющих суммарную, подчиняется закону нормального распределения и поэтому при расчетах можно воспользоваться уравнением [4]

$$E_{pp} = [T \cdot K_t \cdot [(K_{t1} \cdot \varepsilon_b)^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_u^2 + \varepsilon_p^2 + [(K_{t2} \cdot W)^2]^{0,5}]]^{0,5} \quad (2.9)$$

где $T = 300 \text{ мкм}$ – допуск параллельности;

$K_t = 1,2$ - коэффициент, учитывающий отклонение рассеяния значений составляющих величин от закона нормального распределения;

$K_{t1} = 0,6$ - коэффициент, учитывающий уменьшение предельного значения погрешности базирования при работе на настроенных станках;

$K_{t2} = 0,7$ - коэффициент, учитывающий долю погрешности обработки в суммарной погрешности, вызываемой факторами, независящими от приспособления;

W - экономическая точность обработки;

ε_b - погрешность базирования заготовки в приспособлении;

ϵ_3 - погрешность закрепления заготовки, возникающая в результате действия сил зажима;

ϵ_y - погрешность установки приспособления на станке;

ϵ_i - погрешность положения заготовки, возникающая в результате изнашивания элементов приспособления;

ϵ_n - погрешность от перекоса инструмента.

Погрешность базирования в данном случае возникает из-за неплоскости установочных элементов $\epsilon_b = 50$ мкм.

Для рассматриваемого случая $\epsilon_3 = 0$, т.к. силы закрепления действуют перпендикулярно осям обрабатываемых отверстий и на позиционный допуск влияния не оказывают.

В приспособлении осуществляется надежный контакт установочной плоскости приспособления с плоскостью стола станка, поэтому $\epsilon_y = 0$.

Погрешность положения в данном случае имеет вид

$$\epsilon_i = B_2 \cdot N \quad (2.10)$$

где $B_2 = 0,002$ - постоянная, зависящая от вида установочных элементов и условий контакта – установочные пластины;

N - количество контактов заготовки с опорой в год. Так как каждая деталь устанавливается в данное приспособление один раз, то фактически количество контактов равно 500 раз.

$$\epsilon_i = 0,002 \cdot 500 = 1 \text{ мкм.}$$

В связи с тем, что в приспособлении отсутствуют направляющие элементы, $\epsilon_n = 0$,

Экономическая точность по 14 квалитету $W = 160$ мкм.

$$E_{\text{пр}} = 300 \cdot 1,2 \cdot [(0,6 \cdot 50)^2 + 1^2 + (0,7 \cdot 160)^2]^{0,5} = 300 \cdot 140 = 160 \text{ мкм}$$

Отсюда видно, что позиционный допуск перекрывает все возникающие погрешности.

2.2 Проектирование контрольного приспособления

Контроль точности линейных размеров в основном производится стандартным мерительным инструментом – штангенциркулем и штангенрейсмасом ГОСТ 166-90. Контроль посадочного отверстия производят нутромером ГОСТ 868-82.

Контроль установочных отверстий производят двумя колибр-пробками – проходной и непроходной. Контроль качества обработанной поверхности производят с помощью образцов шероховатости ГОСТ 7398-95 путем их сравнения.

Допуски расположения поверхностей контролируют при помощи специальных приспособлений с применением индикаторных головок.

2.2.1 Техническое задание на проектирование контрольного приспособления

Важное значение для качественной работы редуктора имеет точность расположения входного вала относительно других элементов механизма вращения.

Поэтому, конструктором установлен допуск параллельности оси посадочного отверстия под вал-червяк, относительно установочной плоскости 3. В соответствии с этим, в данной работе, спроектируем специальное приспособление для контроля параллельности (рисунок 2.2). Описание конструкции и расчет на точность приведены ниже.

2.2.2 Описание конструкции приспособления для контроля параллельности

Для контроля параллельности оси к плоскости, эту ось необходимо материализовать. Произведем это при помощи простой оправки 3, типа вал.

Оправку устанавливаем в контролируемое отверстие по двум рядам завальцованных подпружиненных шариков 4.

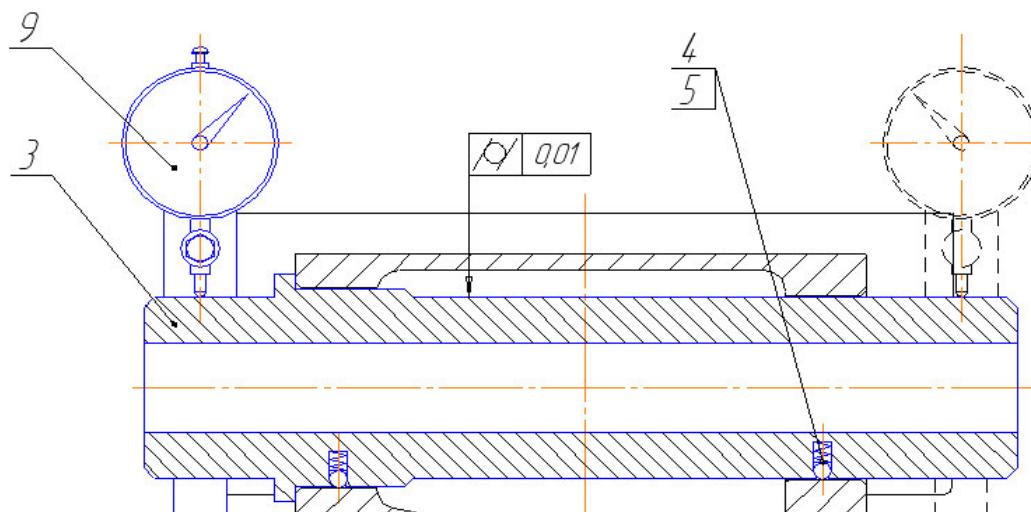


Рисунок 2.2 – Схема приспособления

К одному концу оправки 3 устанавливаем, на магнитной стойке 2, стандартный индикатор часового типа 9. Покачивая индикатор, найдем на образующей оправки верхнюю точку и выведем индикатор на ноль. Переустановив индикатор к другому концу оправки, снимем показания.

2.2.3 Расчет приспособления на точность

Погрешность измерения – это отклонение полученного значения от его истинной величины.

Погрешность измерения, в зависимости от назначения детали, допускают в пределах 8-30% допуска на контролируемое отклонение.

Допуск параллельности составляет 300 мкм, следовательно, погрешность измерения не должна превышать 30 мкм.

Погрешность измерения определяется по формуле [4]

$$\Delta_{изм} = \sqrt{\Delta_{уст}^2 + \Delta_{изн}^2 + \Delta_m^2 + \Delta_{унд}^2} \quad (2.11)$$

где $\Delta_{уст}$ – погрешность установки детали на приспособление, зависит от точности установочной поверхности.

Погрешность установки в нашем случае зависит от точности изготовления оправки. Примем ее равной нецилиндричности оправки – 10 мкм.

$\Delta_{изн}$ – погрешность, связанная с износом элементов приспособления (0,001мм);

Δ_t – погрешность, связанная с колебаниями температуры (0,002мм);

$\Delta_{инд}$ – погрешность индикатора (0,005 мм);

$$\Delta_{изм} = \sqrt{0,01^2 + 0,001^2 + 0,002^2 + 0,005^2} = 0,012 < 30 \text{ мкм}$$

Из расчета видно, что данное приспособление обладает достаточной точностью и с его помощью можно производить контроль требуемого параметра.

3 Экономическая часть

3.1 Выбор технологического оборудования

Для обработки корпуса нами было разработано два технологических процесса. В базовом варианте производим обработку детали на универсальном оборудовании (таблица 3.1).

Таблица 3.1 – Перечень универсального оборудования

Тип оборудования	Кол-во	Мощность, кВт	Единицы ремонтной сложности R_M	Занимаемая площадь, м ²	Стоимость единицыобор, руб	Суммарная стоимость, руб
Токарно-карусельный 1512	1	30	22	2,9x2,7	1018000	1018000
Радиально-сверлильный 2М55	1	5,5	26	2,7x1,5	948000	948000
Горизонтально-расточной 2М615	1	4,5	21	4,4x2,6	1032000	1032000
Итого	3	40	69	60		2998000

Для повышения производительности в проектируемом технологическом процессе применили оборудование, оснащенное числовым программным управлением (таблица 3.2).

Таблица 3.2 – Перечень оборудования с ЧПУ

Тип оборудования	Кол-во	Мощность, кВт	Единицы ремонтной сложности R_M	Занимаемая площадь, м ²	Стоимость единицыобор, руб	Суммарная стоимость, руб
Токарно-фрезерный обрабатывающий центр Victor Vturn-X200	1	15	46	5,5x3,4	2482500	2482500
Итого	1	15	46	50		2482500

3.2 Определение занимаемой площади

Площадь, занимаемую оборудованием, определим по формуле

$$S = f \cdot k_f \quad (3.1)$$

где f_{Σ} – суммарная площадь станков в плане;

$k_f = 2,5$ – коэффициент, учитывающий дополнительную производственную площадь проходов, проездов, мест складирования заготовок и т.д.

Для обработки корпуса нам потребуется 3 универсальных станка с общей площадью $23,32 \text{ м}^2$.

$$S_{\text{ун}} = 23,32 \cdot 2,5 = 60 \text{ м}^2$$

При обработке на станках с ЧПУ требуется 1 станок.

$$S_{\text{ЧПУ}} = 18,7 \cdot 2,5 = 50 \text{ м}^2$$

3.3 Организация транспортной системы

Организация работы транспортной системы предприятия в целом включает в себя расчет грузооборота, грузопотоков и выбор транспортных средств. В нашем случае транспортная система не входит в состав участка и, поэтому произведем только выбор межоперационного транспорта и транспорта по доставке заготовок на участок и отправки с него.

Детали, обрабатываемые на участке, относятся к тяжелым металлическим твердым деталям с плоской базой транспортируемым поштучно. Для таких деталей в качестве межоперационного транспорта целесообразно применять поворотные краны. Они устанавливаются около стен и не требуют широких проездов, просты в управлении. Кран-укосина имеет вылет стрелы до 5 м и грузоподъемность до 500 кг. Для транспортирования корпуса через проезд применим монорельс [5].

При обработке на станке с ЧПУ вся обработка производится на одном станке и поэтому межоперационный транспорт не требуется.

Для доставки заготовок из заготовительного цеха, для их транспортировки на склад используется автономный электротранспорт - электрокары. Они относятся к экологически чистому транспорту, поскольку их питание осуществляется от аккумуляторных батарей.

3.4 Организация технического контроля

Система контроля качества изделий предназначена для своевременного определения с требуемой точностью параметров качества изделий механосборочного производства.

Требования, предъявляемые при контроле, должны соответствовать техническим условиям на приемку деталей. Правильность размеров деталей после обработки проверяется измерительными инструментами общего назначения, калибрами, пробками, специальными приспособлениями. Контрольные пункты в любом цехе размещают с обслуживанием по ходу технологического процесса.

При обработке на станках с ЧПУ контроль производится самим станком при помощи встроенной системы контроля.

3.5 Организация системы инструментообеспечения

Система инструментообеспечения предназначена для обслуживания всего технологического оборудования завода заранее подготовленными инструментами, а также для контроля за их правильной эксплуатацией.

Используя установленные нормы расхода инструмента, определяют потребность участка в инструменте и составляют годовую программу-заявку на все потребные виды инструмента. Годовая потребность распределяется по кварталам, а затем, в процессе текущей работы составляются заявки на инструмент ежемесячно. После установления потребности цеху выдается лимитная карта или лимитная книжка, в которой записаны наименования требуемого инструмента, получаемого с центрального инструментального склада завода. Инструмент выдается во временное пользование.

3.6 Организация системы ремонтного и технического обслуживания

Система ремонтного и технического обслуживания производства предусматривается для обеспечения работоспособности технологического и подъемно-транспортного оборудования и других технических средств производства, удаления и переработки стружки, обеспечения рабочих мест охлаждающими жидкостями, электроэнергией, сжатым воздухом и создания необходимого микроклимата и чистоты воздуха в цехе.

Для этой цели в составе цеха создают ремонтную базу, отделение по ремонту электрооборудования и электронных систем, подсистемы удаления и переработки стружки, приготовления и раздачи охлаждающих жидкостей, электроснабжения и др.

Системой планово-предупредительного ремонта (ППР) оборудования предусматриваются различные по назначению, содержанию и объему виды работ.

Структура ремонтного цикла имеет вид [5]

K—O—O—T—O—O—T—O—O—C— O—O—T—O—O—T—O—O—K

где K - капитальный ремонт; T - текущий ремонт;
C – средний ремонт; O - осмотр.

Система ремонтов называется планово-предупредительной, потому что все предупредительные мероприятия и ремонт осуществляются в плановом порядке, поэтому внеплановый (аварийный) ремонт при хорошей организации системы ППР не должен иметь места.

3.7 Расчет себестоимости детали

Себестоимость детали включает в себя затраты на материал и последующую механическую обработку. Ранее нами была рассчитана стоимость заготовки (пункт 1.6). Для обоих вариантов технологического процесса она неизменна – 7934,33 руб.

Под стоимостью механической обработки понимают затраты по операциям, которые необходимо выполнять при том или ином варианте обработки до получения необходимого размера.

Стоимость механической обработки по всем рассматриваемым операциям определяется по формуле [9]

$$C_{обр} = \sum C_{обр}^{di} \quad (3.2)$$

где i — порядковый номер операции;

m — число рассматриваемых операций;

$C_{обр}^{di}$ — стоимость механической обработки детали при d-ом варианте обработки на i-ой операции, руб./ед.

Стоимость механической обработки детали при d-ом варианте обработки на i-ой операции состоит из затрат на заработную плату, амортизацию ОПФ, затрат на силовую электроэнергию и ремонт оборудования.

Заработка плата основных производственных рабочих определяется по формуле

$$Z = C^{ri} \cdot k_p \cdot k_c \cdot k_{np} \cdot k_n \cdot k_d \cdot k_{co} \cdot T_{шт}^{di} \quad (3.3)$$

где C^{ri} – часовая тарифная ставка первого разряда, 52,2 руб./ч;
 k_p – коэффициент разряда,
 $k_c, k_{pr}, k_n, k_d, k_{soc}$ – коэффициенты, учитывающие соответственно, районную и северную надбавку к заработной плате (1,3), приработка рабочего (1), доплату по премиальной системе (1,4), дополнительную заработную плату (1,095), отчисления на социальные нужды (1,3);
 $T_{шк}^{di}$ – штучное время на операции, ч/ед.

При использовании универсального оборудования все рабочие третьего разряда. Коэффициент разряда 1,21. Общее время обработки на универсальном оборудовании 61,83 мин или 1,0305 ч; на станках с ЧПУ – 36,06 мин или 0,601 ч.

$$Z_{yh} = 52,2 \cdot 1,21 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1,4 \cdot 1,095 \cdot 1,3 \cdot 1,0305 = 168,63 \text{ руб/дет}$$

При использовании станков с ЧПУ применяется многостаночное обслуживание и на участке работает только один рабочий третьего разряда. Он одновременно обрабатывает два станка, поэтому, фактическое время, затрачиваемое на нашу деталь, будет 0,3005 ч. Доплата за многостаночное обслуживание составляет 25%. Также необходимо учесть зарплату наладчика, как 15% от зарплаты станочника.

$$Z_{chpu} = 52,2 \cdot 1,21 \cdot 1,25 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1,4 \cdot 1,095 \cdot 1,3 \cdot 0,3005 \cdot 1,15 = 70,69 \text{ руб/дет}$$

Основные производственные фонды (таблицы 3.3, 3.4) – это та часть капитала предприятия, которая переносит свою стоимость на стоимость готовой продукции в виде амортизационных отчислений за несколько процессов производства.

В нашем случае в них входит: стоимость производственного здания; стоимость оборудования; стоимость транспорта; инструмент и инвентарь, используемые на данном участке.

Стоимость транспорта рассчитывается как 3 % от стоимости технологического оборудования для универсальных станков и 1 % - для станков с ЧПУ. Стоимость инструмента рассчитывается как 1 % от стоимости технологического оборудования. Стоимость инвентаря рассчитывается как 0,5 % от суммарной стоимости технологического оборудования и здания.

Амортизацию ОПФ, приходящуюся на одну деталь, определим по формуле

$$A_{dem} = \frac{A_e \cdot T_N}{N} \quad (3.4)$$

T_N – время обработки программы деталей (пункт 1.10), год,

N – годовая программа выпуска, 500 шт.

Таблица 3.3 – Основные производственные фонды при использовании универсального оборудования

ОПФ	Кол-во	Стоимость единицы ОПФ, руб.	Суммарная стоимость, руб.	Норма амортизации, %	Годовые амортизац отчисл,руб.	Амортизац отчисл. на деталь,руб
1 Здание	60м ²	75000	4500000	3	135000	33,75
2 Оборудование	3 шт		2998000	12	359760	89,94
3 Транспорт			89940	8	7195	1,8
4 Инструмент			29980	15	4497	1,12
5 Инвентарь			37490	15	5624	1,41
Итого			7655410		512076	128,02

Таблица 3.4 – Основные производственные фонды при использовании станков с ЧПУ

ОПФ	Кол-во	Стоимость единицы ОПФ, руб.	Суммарная стоимость, руб.	Норма амортизации, %	Годовые амортизац отчисл,руб.	Амортизац отчисл. на деталь,руб
1 Здание	50м ²	75000	3750000	3	112500	33,53
2 Оборудование	1 шт		2482500	12	297900	88,77
3 Транспорт			24825	8	1986	0,59
4 Инструмент			24825	15	3724	1,11
5 Инвентарь			31163	15	4674	1,39
Итого			6313313		420784	125,39

Затраты на силовую электроэнергию рассчитываются по формуле

$$\mathcal{E} = (N \cdot k_N \cdot k_B \cdot k_{od} \cdot k_w / \eta) \cdot T_{шт, max} \cdot \Pi_{\mathcal{E}} \quad (3.5)$$

где N – мощность оборудования, кВт;

k_N , k_B , k_{od} – средние коэффициенты загрузки электродвигателей по мощности, по времени, средний коэффициент одновременности работы всех двигателей (0,7);

k_w — коэффициент, учитывающий потери электроэнергии в сети завода (1,06);

η – КПД электродвигателей оборудования (0,7);

$\Pi_{\mathcal{E}}$ – тариф на электроэнергию (1,52 кВт·ч).

$$\mathcal{E}_{ун} = (40 \cdot 0,75 \cdot 0,79 \cdot 0,7 \cdot 1,06 / 0,7) \cdot 0,5044 \cdot 1,52 = 19,26 \text{ руб/дет}$$

$$\mathcal{E}_{ЧПУ} = (15 \cdot 0,75 \cdot 0,98 \cdot 0,7 \cdot 1,06 / 0,7) \cdot 0,601 \cdot 1,52 = 10,68 \text{ руб/дет}$$

Затраты на ремонт оборудования определим по формуле

$$P = \frac{W_m \cdot R_m \cdot T_{um}}{T_{p.u}} \quad (3.6)$$

где W_m - затраты на все виды планово-предупредительного ремонта за ремонтный цикл, приходящиеся на единицу ремонтной сложности данного оборудования – 12500 руб.

R_m – единицы ремонтной сложности;

$T_{p.u}$ – длительность ремонтного цикла 6 лет или 24174 часа;

$T_{шт}$ – штучное время на определенном типе оборудования – на токарном станке – 0,2838 ч, на сверлильном – 0,5044 ч, на расточном – 0,2423 ч, на стаке с ЧПУ – 0,601.

$$P_{ун} = \frac{12500(22 \cdot 0,2838 + 26 \cdot 0,5044 + 21 \cdot 0,2423)}{24174} = 12,64 \text{ руб/дет}$$

$$P_{ЧПУ} = \frac{12500 \cdot 46 \cdot 0,601}{24174} = 14,3 \text{ руб/дет}$$

Себестоимость механической обработки

$$C_{ун} = 168,63 + 128,02 + 19,26 + 12,64 = 328,55 \text{ руб/дет}$$

$$C_{ЧПУ} = 70,69 + 125,39 + 10,68 + 14,3 = 221,06 \text{ руб/дет}$$

Суммарные затраты на заготовку и дальнейшую механическую обработку детали

$$C_{ун} = S_{заг} + C_{ун} = 7934,33 + 328,55 = 8262,88 \text{ руб/дет}$$

$$C_{ЧПУ} = S_{заг} + C_{ЧПУ} = 7934,33 + 221,06 = 8155,39 \text{ руб/дет}$$

Данный расчет показал, что обработка на станках с ЧПУ экономически выгодней и снижит себестоимость механической обработки на 33%. К тому же точность обработки на станках с ЧПУ выше.

При этом, приведенная годовая экономия (экономический эффект на программу) составит

$$\mathcal{E}_e = (C_{o2} - C_{o1}) \cdot N = (8262,88 - 8155,39) \cdot 500 = 53745 \text{ руб}$$

(3.5)

3.8 Технико-экономические показатели

- 1 Годовая программа выпуска задана и неизменна при обоих вариантах механической обработки – 500 шт.
- 2 Стоимость заготовки так же не зависит от варианта механической обработки и по пункту 1.6 составляет 7934,33 руб.
- 3 Основные производственные фонды берем по таблицам 3.3, 3.4.
- 4 Площади участка берем по таблицам 3.1, 3.2.
- 5 Количество рабочих мест есть количество принятого оборудования – таблицы 3.1, 3.2.
- 6 Численность основных рабочих в смене при работе на универсальном оборудовании равна количеству обслуживаемого оборудования. Режим работы односменный.

При работе на станках с ЧПУ структура штучного времени позволяет применять многостаночное обслуживание, то есть, рабочий во время автоматической работы одного станка, успеет обслужить другие. Таким образом, для обслуживания всего участка в смену достаточно одного рабочего.

- 7 Среднемесячную зарплату рабочего при обслуживании универсального оборудования рассчитаем по формуле

$$Z_{cp.yu} = \frac{Z_{yu} \cdot N}{n \cdot m \cdot 12 \cdot T_N} = \frac{168,63 \cdot 500}{3 \cdot 1 \cdot 12 \cdot 0,125} = 18737 \text{ руб} \quad (3.6)$$

где Z_{yu} – заработка плата основных рабочих, приходящаяся на одну деталь, при работе на универсальном оборудовании, руб/дет;

N – годовая программа выпуска, шт;

n – число рабочих в смене, чел;

m – число смен;

12 – месяцев в году;

T_N – время обработки программы, год.

Среднемесячную зарплату рабочего при обслуживании станков с ЧПУ рассчитаем по формуле

$$Z_{cp.CPU} = \frac{Z_{CPU} \cdot N}{n \cdot m \cdot 12 \cdot T_N} = \frac{61,47 \cdot 500}{0,5 \cdot 1 \cdot 12 \cdot 0,149} = 34379 \text{ руб} \quad (3.7)$$

где Z_{CPU} – заработка плата основных рабочих, приходящаяся на одну деталь, при работе на станках с ЧПУ без учета зарплаты наладчика, руб/дет.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной выпускной работе был спроектирован технологический процесс изготовления корпуса редуктора вращения погрузчика-штабелера ЛТ-72А.

В технологической части были проведены расчеты припусков на обработку, режимов резания и норм времени на все операции базового технологического процесса и спроектированного.

Для сокращения времени на обработку было применено высокопроизводительное оборудование с ЧПУ, быстродействующая технологическая оснастка, рационально использовался стандартный и специальный режущий инструмент.

Для обработки посадочных отверстий под вал-червяк на горизонтально-расточном станке, нами было спроектировано специальное зажимное приспособление с винтовым зажимом.

Так как основными элементами корпуса при монтаже являются установочная плоскость и посадочное отверстие, для контроля их параллельности было спроектировано специальное контрольное приспособление с индикаторной головкой.

Экономический расчет позволил судить об эффективности внедрения в производство разработанного технологического процесса, что подтверждается технико-экономическими показателями.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Ансеров, М. А. Приспособления для металлорежущих станков / М. А. Ансеров. – Л.: Машиностроение, 2004. – 656 с.
- 2 Анульев, В. И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3 т. / В. И. Анульев. – М.: Машиностроение, 2003. – 1846 с.
- 3 Балабанов, А.Н. Краткий справочник технолога машиностроителя / А. Н. Балабанов. – М.: Издательство стандартов, 2012. – 518 с.
- 4 Болотин, Х. Л. Станочные приспособления / Х. Л. Болотин, Ф. П. Костромин. – М.: Машиностроение, 2013. – 315 с.
- 5 Великанов, К. М. Экономика и организация производства в дипломных проектах / К. М. Великанов. – Л.: Машиностроение, 1983. – 256 с.
- 6 Горбацевич, А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения / А. Ф. Горбацевич, В. А. Шкред. – Минск.: Вышэйшая школа, 2007. – 255 с.
- 7 Горошкин, А. К. Приспособления для металлорежущих станков: справочник / А. К. Горошкин. – М.: Машиностроение 2001. – 303 с.
- 8 Гамрат-Курек, Л. И. Экономическое обоснование дипломных проектов: учебное пособие для ВУЗов / Л. И. Гамрат-Курек. – М.: Высшая школа, 2005. – 156 с.
- 9 Допуски и посадки: справочник: В 2 т. / В. Д. Мягков. – Л.: Машиностроение, 2003. – 1026 с.
- 10 Нормирование труда и сметы: учебник для техникумов. / Сост. К. Г. Романова и др. – М.: Стройиздат, 2008. – 165 с.
- 11 Общетехнический справочник / Сост. Е. А. Скороходов, В. П. Законников, А. Б. Пакнис и др. – М.: Машиностроение, 2010. – 511 с.
- 12 Общемашиностроительные нормативы режимов резания: справочник. В 2 т. / Сост. А. Д. Локтев и др. – М.: Машиностроение, 2011. – 98 с.
- 13 Силантьева, Н. А. Техническое нормирование труда в машиностроении / Н. А Силантьева, В. Р. Малиновский. – М., Машиностроение, 2010. – 186 с.
- 14 Справочник технолога-машиностроителя: В 2 т. / Сост. А. Г. Косилова, Р. К. Мещеряков, Ю. А. Абрамов и др. – М., Машиностроение, 2005. – 988 с.
- 15 Каталог станков. [Электронный ресурс]. М., 2013-2016. Режим доступа: <http://www.peryton.ru/metal/303/1940/>. Перитон Индастриал.

Приложения