

Аннотация
бакалаврской работы
студента машиностроительного факультета М.Р. Имбро

Тема: «Разработка и исследование точности технологического процесса изготовления плиты 7306-4522-001 и средств технологического оснащения для его реализации»

Пояснительная записка на 86 с., в том числе 20 ил.; 8,5 листов чертежей формата А1

Ульяновский государственный технический университет, 2022

В бакалаврской работе проведен анализ служебного назначения приспособления для сверления отверстий $\varnothing 5$ 7306-4522-000СБ и его плиты 7306-4522-001. Оценена технологичность конструкции плиты 7306-4522-001. Спроектирован маршрутный технологический процесс изготовления плиты 7306-4522-001. Выполнен анализ точности ТП изготовления плиты 7306-4522-003. Определены межпереходные припуски на механическую обработку, рассчитаны режимы резания. Рассчитано и спроектировано приспособление для программной обработки плиты 7306-4522-001. Проведено технико-экономическое обоснование выбранного варианта технологического процесса изготовления плиты 7306-4522-001.

Выполнена модернизация коробки скоростей вертикально сверлильного станка 2А135. Разработана кинематическая схема новой коробки скоростей и график частот вращения шпинделя станка. Выполнены прочностные расчеты зубчатых колес, валов. Выбраны подшипники качения. В графической части представлена развертка и кинематическая схема коробки скоростей.

В соответствии с заданием спроектированы: призматический фасонный резец, шаблон для контроля профиля резца и контршаблон для контроля профиля шаблона. Разработан общий вид державки для крепления фасонного резца на станке. Спроектирован метчик-протяжка для нарезания трапецеидальной резьбы. По результатам проектирования выполнен рабочий чертеж метчика-протяжки.

Спроектирована червячно-модульная фреза для обработки прямозубых и косозубых цилиндрических колес наружного зацепления. Разработаны технические требования и рабочий чертеж червячно-модульной фрезы.

По заданному профилю поперечного сечения рассчитан блок протяжек, который включает в себя две протяжки – с трапециевидными и со сплошными лезвиями. По результатам проектирования выполнены сборочный чертеж блока протяжек и рабочие чертежи протяжек с трапециевидными и со сплошными лезвиями.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1.ИСХОДНАЯ ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ	6
2.ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ.....	7
2.1 Служебное назначение и техническая характеристика приспособления для сверления 7306-4522-000СБ.....	7
2.2 Производственная программа выпуска пресс-формы приспособления для сверления 7306-4522-000СБ. Тип производства.....	7
3.ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПЛИТЫ 7306-4522-001.....	8
3.1. Анализ и разработка технических требований к плите 7306-4522-001.....	8
3.2. Отработка конструкции плиты 7306-4522-001 на технологичность.....	9
3.3. Заготовка и метод ее получения.....	9
3.4. Методы обработки поверхностей заготовки.....	10
3.5. Маршрутно-операционный технологический процесс изготовления плиты 7306-4522-001.....	11
3.6. Расчет операционных припусков механической обработки заготовки.....	13
3.7. Расчёт режимов резания.....	15
3.8. Технологическая документация.....	16
4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ ПРОГРАММНОЙ ОБРАБОТКИ.....	17
4.1. Техническое задание на проектирование приспособления для программной обработки.....	17
4.2. Расчёт зажимных устройств приспособления.....	18
4.3. Расчёт приспособления на точность.....	21
4.4. Описание работы приспособления.....	23
5. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВЫБРАННОГО ТП ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПЛИТЫ 7306-4522-001.....	23
5.1. Расчёт капитальных затрат.....	24
5.2. Расчёт себестоимости и цены изделия.....	25
6. СПЕЦИАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОСНАЩЕНИЯ.....	29
6.1 Кинематический расчет коробки скоростей.....	30
6.1.1 Построение графика частот вращения шпинделя.....	30
6.1.2 Определение числа зубьев передач.....	31
6.1.3 Разработка кинематической схемы коробки скоростей.....	33
6.2 Прочностной расчет привода.....	34
6.2.1 Определение расчетной частоты вращения шпинделя.....	34
6.2.2 Определение мощностей и передаваемых крутящих моментов на валах.....	34
6.2.3 Расчет зубчатых передач.....	35
6.2.4 Расчет валов привода.....	37
6.2.5 Расчет вала I.....	37
6.2.6 Разработка компоновочной схемы.....	37
6.2.7 Расчет валов II, III и IV.....	38
6.3 Выбор подшипников качения.....	40
6.4 Описание разработанной конструкции привода.....	41
7.РЕЖУЩИЕ ИНСТРУМЕНТЫ.....	42
7.1 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРИЗМАТИЧЕСКОГО ФАСОННОГО РЕЗЦА.....	42
7.1.1 Техническое задание на проектирование призматического фасонного резца.....	42
7.1.2 Расчет и выбор конструктивно-геометрических параметров резца.....	43
7.1.3 Техническое задание на проектирование шаблона и контршаблона.....	49
7.1.4 Техническое задание на проектирование державки для резца.....	50

7.1.5 Описание конструкции державки.....	50
7.2 ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЕТЧИКА-ПРОТЯЖКИ.....	51
7.2.1 Техническое задание на проектирование метчика-протяжки.....	51
7.2.2 Расчет и выбор конструктивно-геометрических параметров.....	51
7.3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЧЕРВЯЧНО-МОДУЛЬНОЙ ФРЕЗЫ.....	54
7.3.1 Техническое задание на проектирование червячно-модульной фрезы.....	54
7.3.2 Определение конструктивных параметров обрабатываемого колеса.....	54
7.3.3 Расчет конструктивно-геометрических параметров фрезы.....	55
7.3.4 Дополнительные данные для разработки рабочего чертежа фрезы.....	59
7.4 ПРОЕКТИРОВАНИЕ БЛОКА НАРУЖНЫХ ПРОТЯЖЕК.....	60
7.4.1 Техническое задание на проектирование блока протяжек.....	60
7.4.2 Расчет и выбор конструктивно-геометрических параметров протяжек.....	60
7.4.3 Компоновка блока протяжек.....	66
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	69
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	70
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	72

ВВЕДЕНИЕ

Машиностроение, поставляющее новую технику всем отраслям, определяет технический прогресс страны и оказывает решающее влияние на создание материальной базы общества.

Отличительной особенностью современного этапа развития технологии машиностроения является широкое использование достижений фундаментальных и общинженерных наук для решения теоретических проблем и практических задач технологии машиностроения.

Продолжается совершенствование технологических процессов (ТП) изготовления деталей машин и сборки (в особенности в направлениях создания малоотходной технологии, чистовой обработки и автоматизации сборочных работ). Развитие технологии машиностроения на данном этапе должно осуществлять переход к массовому применению высокоэффективных систем машин и ТП, обеспечивающих комплексную механизацию и автоматизацию производства.

Ведущую роль в современном машиностроении играют станки с ЧПУ. Станки с ЧПУ сейчас используются практически во всех отраслях промышленности, для выполнения разнообразных технологических операций – от токарных до шлифовальных и т.п. Благодаря станочным агрегатам с программным управлением кардинально изменились технологические принципы металлообработки. Соответственно произошли и изменения в работе конструкторов, технологов, наладчиков и операторов – станочников.

Целью данной бакалаврской работы является разработка технологического процесса плиты 7306-4522-001, которая входит в приспособление для сверления 7306-4522-000 в условиях мелкосерийного производства и средств технологического оснащения для его реализации.

1. ИСХОДНАЯ ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

Исходная информация для выполнения бакалаврской работы подразделяется на базовую, руководящую и справочную согласно Р 50-54-93-88.

В данной бакалаврской работе базовой информацией являются:

- сборочный чертеж приспособления для сверления отверстий $\varnothing 5$ 7306-4522-000СБ и спецификация к нему;
- рабочий чертеж плиты 7306-4522-003;
- годовая программа выпуска изделия по неизменным чертежам – 1000 шт;
- продолжительность выпуска детали по неизменяемым чертежам – 4 года;
- паспорт вертикально-сверлильного станка 2А135;
- сборочный чертеж вертикально-сверлильного станка 2А135.

Руководящая документация включает:

- ГОСТ 3.1407-86. Требования к заполнению и оформлению технологических документов на технологические процессы и операции специализированные по методам сборки;
- ГОСТ 3.1118-82. ЕСТД. Единая система технологической документации. Формы и правила выполнения маршрутных карт;
- ГОСТ 3.1404-86. ЕСТД. Формы и правила оформления документов на технологические процессы и операции обработки резанием;
- ГОСТ 3.1702-79. ЕСТД. Правила записи операций и переходов обработки;
- ГОСТ 3.1703-79. ЕСТД. Правила записи операций и переходов. Слесарные, слесарно-сборочные работы;
- ГОСТ 2.105-95. Общие требования к текстовым документам;
- ГОСТ 25761-83. Виды обработки резанием. Термины и определения общих понятий;
- ГОСТ 25762-83. Обработка резанием. Термины, определения общих понятий;
- ГОСТ 25751-83. Инструменты режущие. Термины и определения общих понятий;
- ГОСТ 21495-76. Базирование и базы в машиностроении. Термины и определения;
- ГОСТ 14.201-83. Обеспечение технологичности конструкции изделий. Общие требования.

Справочная информация, используемая в дипломной работе, приведена в библиографическом списке.

2. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

2.1. Служебное назначения и техническая характеристика приспособления для сверления отверстий ø5 7306-4522-000

Приспособление для сверления отверстий ø5 7306-4522-000 предназначено для установки заготовки на операции сверления отверстия при направлении инструмента с помощью кондукторной втулки. Также приспособления направлены на то, чтобы снизить уровень брака изготавливаемых деталей, и время, затрачиваемое на настройку станка.

2.2. Производственная программа выпуска приспособления для сверления отверстий 7306-4522-000СБ. Тип производства

Тип производства определяется ориентировочно исходя из программы производства изделия и его массы. Из задания на бакалаврскую работу программа выпуска изделия 1000 шт. в год.

Принимаем двухсменный режим работы при пятидневной 40 часовой рабочей недели.

Принимаем не поточную форму организации производства сборки. Не поточное производство сборки характеризуется тем, что сборка изделий осуществляется на различных рабочих местах, несвязанных между собой транспортными системами. На одном рабочем месте могут выполняться разнообразные операции с различными деталями. В таком производстве работают, как правило, высококвалифицированные рабочие.

Определяем месячную, суточную программы выпуска деталей и размер партии запуска деталей:

$$P_{\text{мес}} = \frac{P}{12} = \frac{1000}{12} \approx 83 \text{ шт.}$$
$$P_{\text{сут}} = \frac{P_{\text{мес}}}{24} = \frac{83}{24} \approx 4 \text{ шт.}$$

Размер партии запуска деталей определяется по формуле:

$$P_3 = P_{\text{сут}} \cdot a = 4 \cdot 12 = 48 \text{ шт.},$$

где $a = 12$ – периодичность запуска в днях, $a = 3, 6, 12, 24$ и т.д.

3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПЛИТЫ 7306-4522-001

3.1. Анализ и разработка технических требований к плите 7306-4522-001

Плита (см. чертеж 7306-4522-001) является базовой деталью, на которой монтируются сборочные единицы и детали. Она обеспечивает точность соединения и взаимного расположения деталей и узлов, которая должна сохраняться как в статике, так и в процессе работы. В соответствии с этим плита должна иметь требуемую точность положения и размеров поверхностей, обладать необходимой жесткостью.

Исходя из служебного назначения плиты, разрабатываем следующие технические требования.

Техническое требование № 1

Отклонение от перпендикулярности оси отверстия А относительно поверхности Б не должно превышать 0,01/100 мм.

Невыполнение отклонения 0,01 мм приведет к неточной сборке соединений, в результате чего будет брак изготавливаемой детали.

Так как диаметр отверстия $\varnothing 30^{+0,023}$ находится в пределах от $D_{min} = 30,0\text{мм}$ до $D_{max} = 30,023\text{мм}$ то оправка 3 (см. рис. 1) измеряемого калибра должна быть выполнена в размере $\varnothing 30_{-0,023}$ что будет гарантировать свободную установку измерительного средства.

Схема контроля представлена на рис. 3.

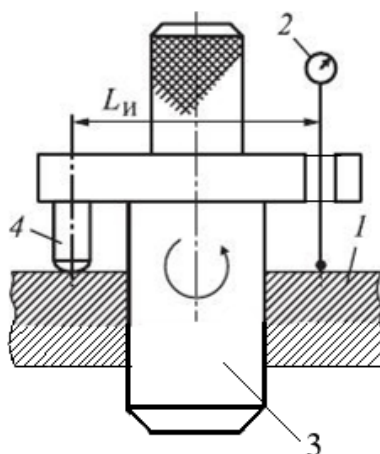


Рис. 1. Измерение отклонения от перпендикулярности плоскости относительно оси отверстия с помощью оправки с измерительной головкой и жестким упором:
1 - контролируемая деталь; 2 - измерительная головка; 3 - оправка; 4 - жесткий упор

Техническое требование № 2

Расстояния между отверстиями диаметров штифтов должны быть в пределах $70 \pm 0,01$. Не выполнение размера $70 \pm 0,01$ произведёт к нарушению совпадения отверстий и как следствие невозможность собрать приспособления.

Контроль будем проводить с помощью калибра рис. 2

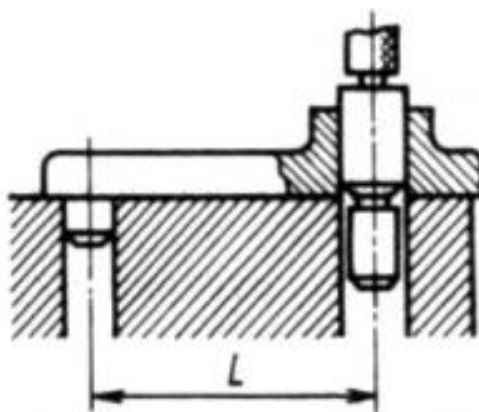


Рис. 2. Калибр для измерения расстояний между отверстиями

3.2. Отработка конструкции плиты 7306-4522-001 на технологичность

Отработка конструкции корпуса на технологичность в курсовом проекте преследует цель сокращения затрат времени и средств на технологический процесс его изготовления. Порядок и правила отработки конструкции на технологичность деталей указаны в ГОСТ 14.201 (Обеспечение технологичности конструкций изделий. Общие требования).

Детали подобной конструкции выпускаются на протяжении достаточно длительного периода. Конструктивные параметры плиты являются типизированными, и остается отметить, что рассматриваемая плита в отработке на технологичность не нуждается, то есть она выполнена технологично.

3.3. Заготовка и метод ее получения

От правильности выбора заготовки зависят экономические затраты материала на изделие и возможность построения наиболее рационального технологического процесса изготовления плиты. Способ получения заготовки определяется служебным назначением и конструкцией плиты, его материалом, техническими требованиями, программой выпуска и типом производства. Окончательное решение по выбору метода получения

заготовки выносится на основе сравнения минимальной величины себестоимости получения заготовки.

Выбран наиболее выгодный для мелкосерийного производства способ получения заготовки – прокат листовой.

3.4. Методы обработки поверхностей заготовки

Выбор метода обработки поверхностей заготовки, необходимо производить, исходя из обеспечения наиболее рационального процесса обработки и требований по геометрической точности. Необходимое качество поверхностей детали в большинстве случаев достигается обработкой резанием. Исходя из требований, предъявляемых к точности размеров, формы, шероховатости поверхностей корпуса, массы и конфигурации, а также типа производства, выбираем следующие методы механической обработки заготовки (табл. 1). Эскиз плиты представлен на рис. 3.

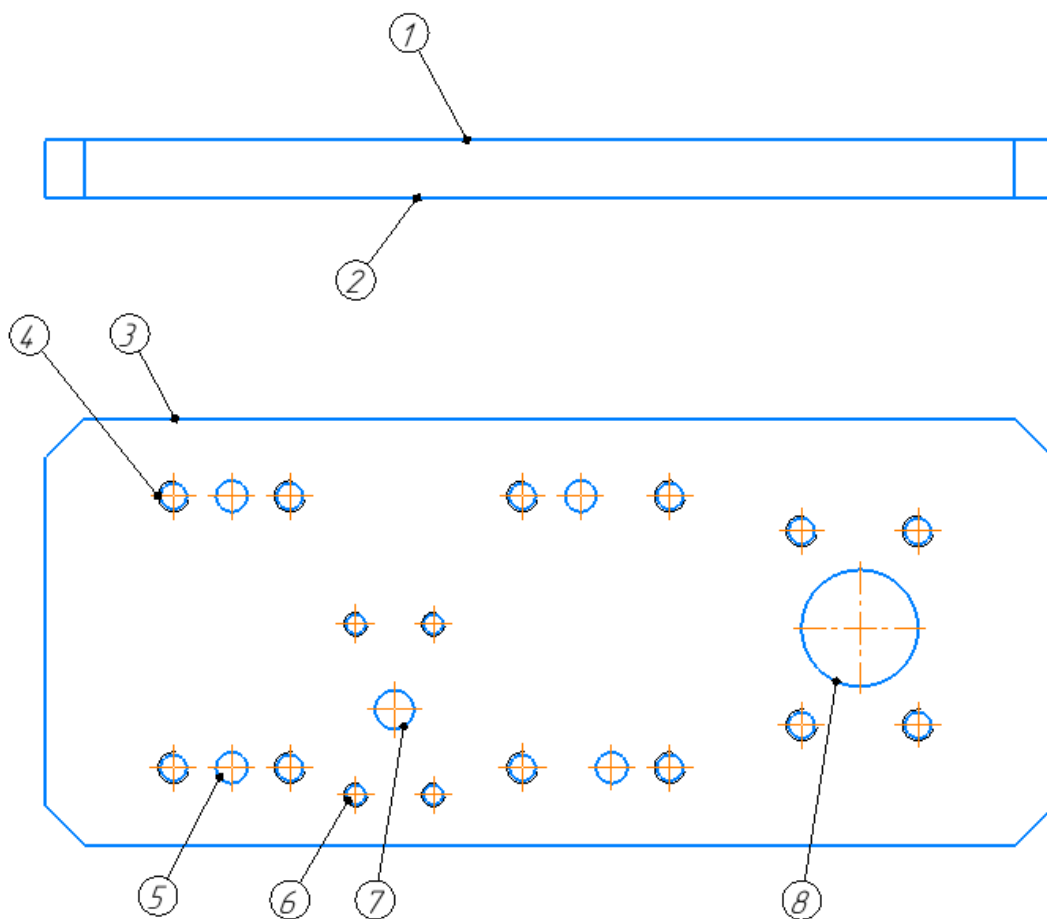


Рис. 3. Эскиз плиты

Выбор методов обработки поверхностей корпуса

Вид поверхности (см. рис. 7)	Метод обработки	
	Первый вариант	Второй вариант
Поверхности 1, 2, 3	Фрезерование	Фрезерование
Отверстия 4,5,6,7,8	Разметка, цетрование	Центрование
Отверстие 4, 6	Сверление	Сверление
	Нарезание резьбы	Нарезание резьбы
Отверстие 5	Сверление	Сверление
Отверстие 7, 8	Сверление	Сверление
	Зенкерование	Зенкерование
	Развертывание	Развертывание

3.5. Маршрутно-операционный технологический процесс изготовления плиты 7306-4522-001

На основании технических требований, предъявляемых на плиту, составим два варианта технологического процесса его изготовления, которые будут отличаться друг от друга базированием на операциях и применяемыми станками (см. табл. 2).

Выбор базовых поверхностей зависит от конструктивной формы заготовки, требований по точности, технических требований и типа производства. Схемы базирования заготовки плиты на различных операциях представлены на первом листе графической части курсового проекта.

Оба варианта технологического процесса были подвергнуты анализу точности (см. 1 лист графической части курсового проекта).

Как показал анализ точности:

1. Оба варианта ТП обеспечивают требуемую точность по анализируемым размерам и заданную шероховатость.

2. Во втором варианте ТП по размерам А, Б, В, Г, Д, Е, ψ , ϕ запас точности больше, чем в первом варианте.

3. Во втором варианте ТП по размерам А, Б, В, Г, Д, Е, ψ , ϕ суммарная погрешность меньше, чем в первом варианте.

4. Второй вариант ТП содержит меньшее количество технологического оборудования, чем первый вариант ТП.

5. На основании анализа п.п. 1-4 выбираем для реализации второй вариант ТП.

Проведенный анализ точности изготовления корпуса выполнен в учебных целях.

Таблица 2

Технологический маршрут обработки заготовки корпуса

Номер		Наименование и содержание операции	Станок
Опера- ции	Пере- хода		
1	2	3	4
05		Первый вариант технологического процесса Фрезерная Установ А	Вертикально-фрезерный станок 6P12
	1	Установить и закрепить заготовку	
	2	Фрезеровать поверхность 1	
		Фрезеровать торцы по контуру 3	
	1	Установ Б	
	2	Установить и закрепить заготовку	Вертикально- сверлильный станок 2A135
10		Фрезеровать поверхность 2	
		Сверлильная	
	1	Установить и закрепить заготовку	
	2	Сверлить отверстия 4	
	3	Сверлить отверстия 5	
	4	Сверлить отверстия 7	
	5	Зенкеровать отверстие 7	
	6	Развернуть отверстие 7	
	7	Сверлить отверстие 8	
	8	Зенкеровать отверстие 8	
	9	Развернуть отверстие 8	
05		Второй вариант технологического процесса Программная Установ А	Вертикально-фрезерный обрабатывающий центр Zenitech VMC620
	1	Установить и закрепить заготовку	
	2	Установить и закрепить заготовку	
	3	Фрезеровать поверхность 1	
	4	Фрезеровать торцы по контуру 3	
		Установ Б	
	1	Установить и закрепить заготовку	
	2	Фрезеровать поверхность 2	
	3	Центровать отверстия 4, 5, 6, 7, 8	
	4	Сверлить отверстия 4	
	5	Сверлить отверстия 5	
	6	Сверлить отверстия 7	
	7	Зенкеровать отверстие 7	
	8	Развернуть отверстие 7	
	9	Сверлить отверстие 8	
	10	Зенкеровать отверстие 8	
	11	Развернуть отверстие 8	

3.6 Расчет операционных припусков механической обработки заготовки

Используя чертеж плиты и ее маршрутно-технологический процесс механической обработки, выполним расчет припусков для отв. 8 (рис. 1). Расчет будем проводить на основе методики, изложенной в справочнике [10]. Расчет выполняем путем последовательного заполнения табл. 5 по указанным ниже формулам.

Расчет припусков на размер $\phi 30^{+0,023}$ мм (см. рис. 4).

Заполняем графу таблицы «Элементы припуска» исходя из метода обработки для этого находим составляющие элементы припусков

$$2Z_{\min} = 2 \cdot$$

где R_{zi-1} – высота микронеровностей на предшествующем переходе, мм;

h_{i-1} – глубина дефектного поверхностного слоя на предшествующем переходе, мм;

$\Delta_{\Sigma i-1}$ – суммарное отклонение расположения поверхности, мм;

ε_{yi} – погрешность установки заготовки при выполняемом переходе, мм.

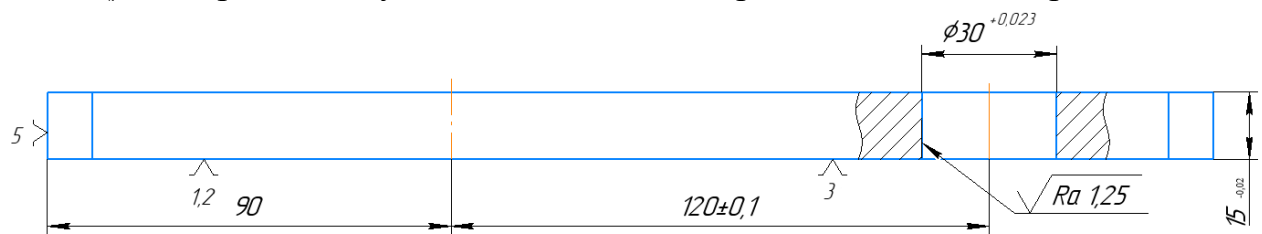


Рис. 4. Схема обработки заготовки плиты

Таблица 3
Карта расчёта припусков на обработку отверстия $\phi 30^{+0,023}$

Содержание технологического перехода	Элементы припуска, мкм				Расчётный припуск $2Z_{\min}$, мм	Расчётный размер D_i , мм	Допуск на изготовление T_i , мм	Предельные размеры, мм		Предельные значения припусков, мм	
	R_{zi-1}	h_{i-1}	Δ_{Σ}	ε_y				$D_{\max}$	$D_{\min}$	$2z_{\max}$	$2z_{\min}$
Заготовка	250				-	-	-	-	-	-	-
Сверление	20	20	20	40	-	29,092	0,070	29,092	29,022	-	-
Зенкерование	10	10	1,2	5	881	29,973	0,043	29,973	29,93	0,924	0,881
Развертывание	5	5	1,0	0	50,3	30,023	0,023	30,023	30,000	0,076	0,053

Качество поверхности

Заготовка: $R_z + h = 250$ мкм;

$$\Delta_{заг} = \sqrt{(\Delta_y \cdot l) + C_0^2} = \sqrt{(46 \cdot 0,015)^2 + 20^2} = 20 \text{ мкм}$$

Δ_y -значение увода оси сверла

C_0 – смещение оси отверстия

Сверление $R_z = 20$ мкм, $h = 20$ мкм;

Зенкерования: $R_z = 10$ мкм, $h = 10$ мкм;

Развертывание $R_z = 5$ мкм, $h = 5$ мкм;

После сверления:

$$\Delta_1 = K_{y1} \cdot \Delta_{заг} = 0,06 \cdot 20 = 1,2 \text{ мкм}$$

После зенкерования:

$$\Delta_2 = K_{y2} \cdot \Delta_{заг} = 0,05 \cdot 20 = 1,0 \text{ мкм}$$

После развертывания:

$$\Delta_3 = K_{y3} \cdot \Delta_{заг} = 0,03 \cdot 20 = 0,6 \text{ мкм}$$

Минимальный припуск $2Z_{\min}$:

Зенкерование

$$2Z_{\min 2} = 2 \left(20 + 20 + \sqrt{20^2 + 400^2} \right) = 881 \text{ мкм}$$

Развертывание

$$2Z_{\min 3} = 2 \left(10 + 10 + \sqrt{1,2^2 + 5^2} \right) = 50,3 \text{ мкм}$$

Для конечного перехода в качестве расчетного размера принимаем наибольший предельный размер детали по чертежу $d_{p3} = 30,023$ мм;

Для перехода, предшествующего конечному, расчетный размер определяем последовательным прибавлением расчетного минимального припуска каждого технологического перехода

Развертывание:

$$d_{p3} = 30,023 \text{ мм};$$

Зенкерование:

$$d_{p2} = d_{p3} - 2Z_{3\min} = 30,023 - 0,0503 = 29,973 \text{ мм}$$

Сверление:

$$d_{p1} = d_{p2} - 2Z_{2\min} = 29,973 - 0,881 = 29,092 \text{ мм}$$

Значения допусков на каждый технологический переход назначаем по таблицам в соответствии с качеством точности на данном переходе.

3.7. Расчет режимов резания

Рассчитаем режимы резания для сверлений отв. $\varnothing 30^{+0.023}$ (05 операция, установ Б,) вручную, а на остальные поверхности назначим по справочнику [17, 18].

Станок: вертикально фрезерный центре с Zenitech VMC620.

Режущий инструмент: сверло $\varnothing 28,5$ материал P18.

Глубину резания при сверлении определить по зависимости:

$$t = \frac{D}{2} = \frac{28,5}{2} = 14,25 \text{ мм}$$

где D – диаметр сверла, мм.

2. Наибольшую допустимую подачу рассчитать по эмпирической зависимости:

$$S_{\text{доп}} = C_s D^{0,6} = 0,1 \cdot 28,5^{0,6} = 0,75 \text{ мм}$$

где C_s – коэффициент, зависящий от свойств обрабатываемого материала.

Обычно: $C_s = 0,02 - 0,17$.

Для твердых и прочих материалов принимают наименьшие значения C_s . Из числа подач станка VMC620 выбираем ближайшую наименьшую к расчетной подаче:

$$S_{\text{СТ}} \leq S_{\text{доп}}$$

Принятую подачу проверить по осевой силе, допускаемой прочностью механизма подачи станка:

$$P_0 = C_p \cdot D^q \cdot S_{\text{СТ}}^{y_p} \cdot K_p \cdot 9.81 = 68 \cdot 28,5 \cdot 0,15^{0,7} \cdot 1 \cdot 9.81 = 5038,3 \text{ Н}$$

принять при обработке сверлом из P18:

$C_p = 68$; $q = 1$; $y_p = 0,7$; $K_p = 1$ для стали 35

Механизм подачи станка VMC620 допускает $P_{0_{\text{max}}} = 10000 \text{ Н}$.

3. Определить скорость резания $V_{\text{доп}}$, допускаемую принятым периодом стойкости сверла, по формуле:

$$V_{\text{доп}} = \frac{C_v D^{x_v}}{T^m S^{y_v}} K_{m_v} K_L = \frac{5 \cdot (28,5 \cdot 10^{-3})^{0,4}}{100^{0,2} \cdot (0,15 \cdot 10^{-3})^{0,7}} \cdot 1 \cdot 1,52 = 346,3$$

Коэффициент C_v и показатели степеней x_v , y_v и m принимают для сверл из быстрорежущей стали при обработке углеродистой стали $\sigma_s = 735 \text{ МПа}$, равными:

$$\begin{aligned} \text{при } S_{\text{СТ}} \leq 0,2 \frac{\text{мм}}{\text{об}} - C_v = 5; \quad x_v = 0,4; y_v = 0,7; \\ m = 0,2. \end{aligned}$$

Период стойкости сверл из быстрорежущей стали принимают равным:

$$T = (1,5 - 2,0)D = 82,5 \dots 110_{\text{мин.}}$$

K_L – коэффициент, учитывающий глубину сверления отверстия.

При $L = 3D$ $K_L = 1,0$

Значение K_{mv} определяют по формуле:

$$K_{mv} = \left(\frac{735}{\sigma_s} \right)^{1,1} = \left(\frac{735}{500} \right)^{1,1} = 1,52$$

4. Допускаемую частоту вращения шпинделя определить по формуле:

$$n_{\text{доп}} = \frac{1000V_{\text{доп}}}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 346,3}{3,14 \cdot 28,5} = 3869,7$$

из имеющихся на стенке выбрать ближайшую наименьшую: $n_{\text{СТ}} \leq n_{\text{доп}}$.

Принимаем 3500 об/мин

Определить действительную скорость резания:

$$V_p = \frac{\pi D n_{\text{СТ}}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 28,5 \cdot 3500}{1000} = 313,215$$

5. Определить крутящий момент на шпинделе станка по формуле (Нм):

$$M_{\text{кр}} = 9,81 C_m D^{1,9} S^{0,8} K_{Mp} = 9,81 \cdot 0,0345 \cdot 28,5^{1,9} \cdot 0,15^{0,8} \cdot 1 = 43,1$$

Принять $C_m = 0,0345$; $K_{Mp} = 1$.

6. Определить необходимую мощность электродвигателя (кВт):

$$N_p = \frac{M \cdot n_{\text{СТ}}}{9750 \cdot \eta_{\text{СТ}}} = \frac{43,1 \cdot 3500}{9750 \cdot 0,8} = 1,9$$

где $n_{\text{СТ}}$ – КПД станка.

$n_{\text{СТ}} = 0,8$.

7. Расчетное значение N_p сравнить с мощностью электродвигателя, установленного на станке. Должно быть выдержано условие:

$$N_{\text{ДВ}} \geq N_p$$

$$3,7 \geq 1,9$$

Автоматизированный расчет режимов резания на основные переходы представлены в прил. 1.

3.8. Технологическая документация

Выбираем форму заполнения технологической документации – карту технологического процесса (КТП) согласно ГОСТ 3.1404-86. КТП изготовления плиты представлена в прил. 2. Технологические эскизы обработки заготовки плиты приведены на 2 листе бакалаврской работы.

4. РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ ПРОГРАММНОЙ ОБРАБОТКИ

4.1. Техническое задание на проектирование приспособления для программной обработки

Техническое задание на проектирование приспособления для программной обработки оформляем в виде таблицы 4.

Таблица 4

Техническое задание на проектирование приспособления для программной обработки

Раздел	Содержание раздела
1	2
Наименование и область применения	Приспособление для программной обработки (05 операция)
Основания для разработки	Карта технологического процесса механической обработки корпуса
Цель и назначение разработки	Проектируемое приспособление должно обеспечить: точную установку и надежное закрепление плиты, а также постоянное во времени и пространстве положение заготовки относительно шпинделя станка и режущего инструмента с целью получения необходимой точности размеров; удобство установки, закрепления и снятия заготовки; рост производительности труда на данной операции на 10-15%; время закрепления – снятия заготовки не более 1,5 мин.
Технические требования	Тип производства – мелкосерийный; годовой объем выпуска 1000 шт. Установленные присоединительные размеры приспособления должны соответствовать вертикально фрезерному центру Zenitech VMC620, необходимо выдержать настроечные размеры и обеспечить необходимую точность для данных размеров. Время закрепления заготовки: не более 0,4 мин. Уровень унификации и стандартизации деталей приспособления: 95%. Входные данные заготовки: длина 260 мм, 110 мм. Выходные данные детали: длина 260мм, 110 мм, Приспособление обслуживается оператором 3-го разряда. Режимы резания, штучное время на операцию приведены в карте технологического процесса
Документация, используемая при разработке	ГОСТ 14.201. Обеспечение технологичности конструкций изделий. Общие требования. ГОСТ 14.305. Правила выбора технологической оснастки
Документация, подлежащая разработке	Пояснительная записка, чертеж общего вида приспособления, спецификация.

4.2. Расчет зажимных устройств приспособления

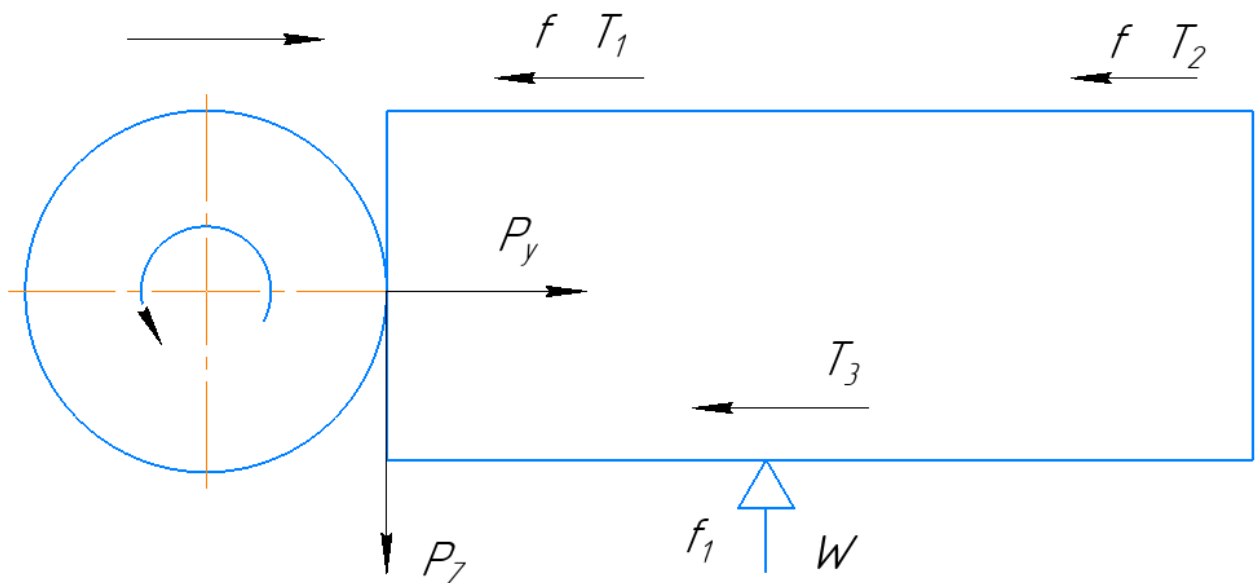


Рис. 5. Схема действия сил на заготовку в процессе резания

Для расчетов использована литература [1].

Основное назначение зажимных устройств — обеспечить надежный контакт заготовки с установочными элементами и предотвратить ее смещение относительно них и вибрацию в процессе обработки.

Сил прижима заготовки губкой тисков, действующие нормально к поверхности заготовки создающие силу зажима препятствующие перемещению обрабатываемой заготовки под действием горизонтальной составляющей силы резания P_y , сила трения равна произведению силы зажима на Коэффициент трения $T_i = W \cdot f_i$. Надёжный зажим заготовки обеспечивается при условии

$$k \cdot P_y = T_1 + T_2 + T_3$$

$$T_1 = T_2 = \frac{W}{2} \cdot f$$

$$T_3 = W \cdot f_1$$

Откуда

$$k \cdot P_y = \frac{W}{2} \cdot f + \frac{W}{2} \cdot f + W \cdot f_1$$

$$W = \frac{k \cdot P_y}{f + f_1}$$

где f — коэффициент трения ($f = 0,5 \div 0,8$ при фрезеровании)

P_y — горизонтальная составляющая силы резания, определяемая по формуле:

$$P_y = 0,6 \div 0,9 P_z$$

где K — коэффициент запаса, коэффициент надежности закрепления K

определяется применительно к конкретным условиям обработки по формуле:

$$K = K_0 K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 K_6$$

где K_0 – гарантированный коэффициент запаса для всех случаев, $K_0 = 1,5$

K_1 – коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовок, для чистовой заготовки $K_1 = 1,2$;

K_2 – коэффициент, учитывающий увеличение сил резания от прогрессирующего затупления инструмента, $K_2 = 1,3$;

K_3 – коэффициент учитывающий увеличение сил резания при прерывистом резании, при точении $K_3 = 1,2$;

K_4 – коэффициент учитывающий постоянство силы зажима, развиваемой силовым приводом приспособления, $K_4 = 1$ для механизированных силовых приводов (пневматического, гидравлического ит.д.);

K_5 – коэффициент, учитываемый удобство расположения рукояток, $K_5 = 1,0$

K_6 – если обрабатываемая деталь установлена на планки или другие элементы с большой поверхностью контакта: $K_6 = 1,0$ для ограниченного контакта; $K_6 = 1,5$ для большой площади контакта.

$$K = 1,5 \cdot 1,3 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,5 = 3,51$$

Определяем P_y , Н-горизонтальную составляющую силы резания по формуле

$$P_y = 0,6 \cdot 690 = 414 \text{ Н}$$

Определяем силу зажима W , Н, по формуле

$$W = \frac{3,51 \cdot 414}{0,6 + 0,6} = 1211 \text{ Н}$$

Определим фактически необходимую силу на штоке пневмоцилиндра с учетом схемы действия сил в приспособлении при зажиме.

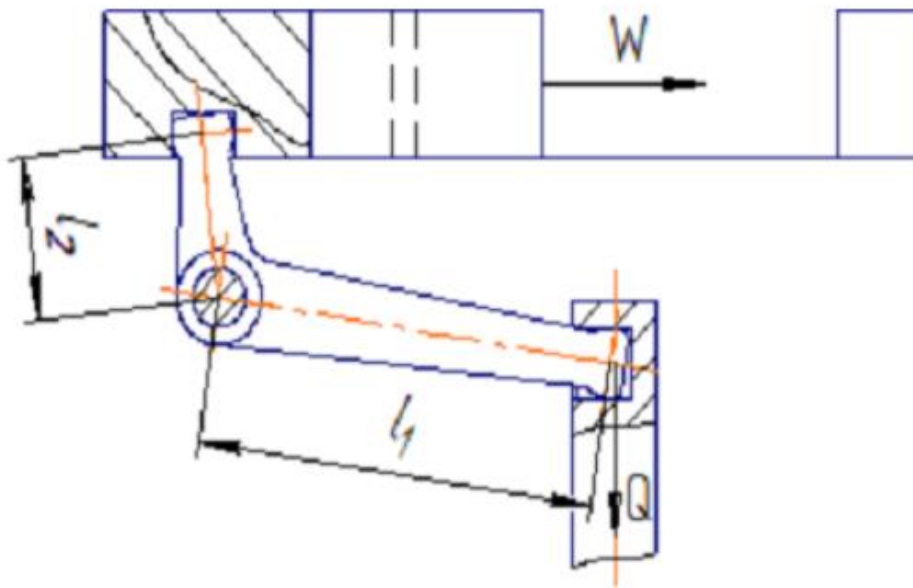


Рис. 6. Схема действия сил в приспособлении

Необходимую силу на штоке пневмоцилиндра определим по формуле:

$$Q = W \cdot \frac{l_2 \cdot 1}{l_1 \cdot \eta_1}$$

где W – необходимая сила зажима;

l_2 и l_1 – длины плеч рычага. Для рычага 7018-0468 по ГОСТ 12473-67 $l_2 = 50$ мм, $l_1 = 125$ мм.

η – коэффициент, учитывающий потери от трения в механизме, передающем усилие; $\eta = 0,9$

$$Q = 1211 \cdot \frac{50 \cdot 1}{125 \cdot 0,9} = 538 \text{ Н}$$

Определим расчётный диаметр пневматического цилиндра D, мм, по формуле

$$Q = \frac{p \cdot \pi \cdot (D^2 - d^2)}{4}$$

Откуда

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot p} + d^2}$$

где p – давление сжатого воздуха, МПа, $p = 0,39$;

d_2 – диаметр штока, мм

$$D = \sqrt{\frac{538 \cdot 4}{0,39} + 25^2} = 78,4 \text{ мм}$$

По стандартному ряду выбираем диаметр пневмоцилиндра $D = 80$ мм, диаметр штока $d = 25$ мм.

Осевую силу на штоке в штоковой полости $Q_{шт}$, Н, определяют по формуле

$$Q_{шт} = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \cdot p \cdot \eta$$

где D – диаметр пневмоцилиндра, мм;

d – диаметр штока, мм;

p – давление сжатого воздуха, $p = 0,39$ МПа;

η – коэффициент полезного действия пневмоцилиндра, учитывающий потери в пневмоцилиндре, $\eta = 0,85$

$$Q_{шт} = \frac{\pi}{4} (80^2 - 25^2) \cdot 0,39 \cdot 0,85 = 1502 \text{ Н}$$

Время срабатывания пневмоцилиндра T_c , с, рассчитывается по формуле

$$T_c = \frac{D_{ц} \cdot L_x}{d_0^2 V_B},$$

где $L_x = 18$ – длина хода поршня, мм;

D – диаметр пневмоцилиндра, мм;

d_0 – диаметр воздухопровода, $d_0 = 6$ мм = 0,6 см;

V_B – скорость перемещения сжатого воздуха, $V_B = 180$ м/с

$$T_c = \frac{8 \cdot 1,8}{0,6^2 \cdot 180} = 0,22c$$

Для создания силы зажима $W = 1211\text{Н}$ необходимо применять в проектируемом приспособлении пневмоцилиндр с $D_{\text{ц}} = 80\text{ мм}$.

4.3. Расчет приспособления на точность

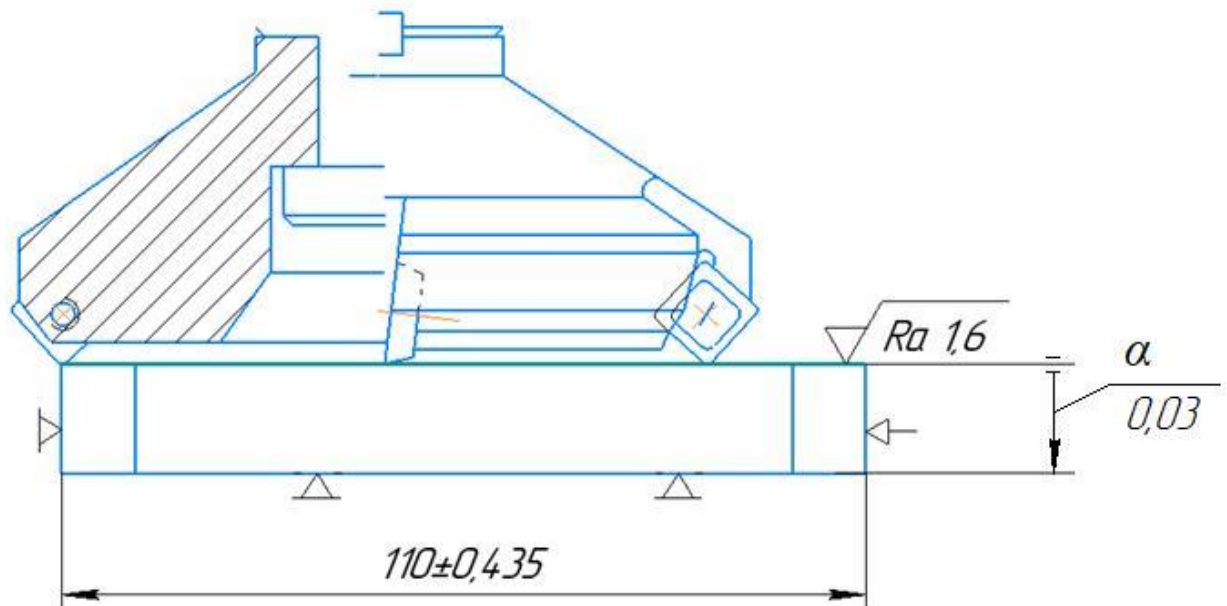


Рис. 7. Схема базирования

Определить необходимую точность приспособления для обеспечения размера γ (рис.7).

Погрешность базирования

$$\omega_{\text{б}} = 0.$$

Погрешность закрепления заготовки $\omega_{\text{з}} = 0$, т.к. сила зажима направлена перпендикулярно выдерживаемого размера [14].

Погрешность установки:

$$\omega_{\text{у}} = \omega_{\text{б}} + \omega_{\text{з}} = 0 + 0 = 0.$$

Суммарная погрешность обработки

$$\omega_{\Sigma} = K_{\text{п}} \cdot \omega_{\text{м.с.}},$$

где $K_{\text{п}}$ - поправочный коэффициент; для размеров, выполненных по 8-му качеству и выше, $K_{\text{п}} = 0,5$ [14];

$\omega_{\text{м.с.}}$ - погрешность технологической системы, определяемая как средняя экономическая точность обработки; принимают по таблицам [14]:

$$\omega_{m.c.} = 0,5 \cdot 0,04 = 0,02 \text{ мм.}$$

Допустимая погрешность установки

$$[\omega_y] = \sqrt{T^2 - K_n^2 (\omega_{m.c.})^2} = \sqrt{0,03^2 - 0,5^2 \cdot 0,04^2} = 0,022 \text{ мм}$$

где $T=0,03$ мм - допуск размера α ,

$K_n=0,5$ - поправочный коэффициент [14]

Следовательно, $\omega_y < [\omega_y]$, и предлагаемая схема базирования приемлема.

Суммарная погрешность приспособления

$$\omega_{np} = T - \sqrt{\omega_y^2 + K^2 (\omega_{m.c.})^2} = 0,03 - \sqrt{0^2 + 0,5^2 \cdot 0,04^2} = 0,01 \text{ мм.}$$

Допуск на расчетный размер собранного приспособления

$$T_c = \omega_{np} - (\varepsilon_{yn} + \varepsilon_3 + \varepsilon_n),$$

где $\varepsilon_{yn}=0$ мм - погрешность установки приспособления на станке;

$\varepsilon_3=0$ - погрешность, возникающая вследствие конструктивных зазоров, необходимых для посадки заготовки на установочные элементы приспособления;

$\varepsilon_n=0$ мм - погрешность смещения инструмента, возникающая из-за неточности изготовления направляющих элементов приспособления.

$$T_c = 0,01 - (0 + 0 + 0) = 0,01 \text{ мм.}$$

В технических требованиях на изготовление приспособления должно быть введено требование по допустимому отклонению размера $150^{+0,01}$ мм между плоскостями А и Б (см.сб.черт. приспособления).

4.4. Описание работы приспособления

В основание тисков встроен пневмоцилиндр, с которым соединен поворотный корпус. К корпусу прикреплен распределительный кран с рукояткой. На верхней части корпуса закреплена плита. В плите и подвижной губке имеются Т-образные пазы под головки болтов для крепления к тискам сменных наладок. Регулируемая губка, которую можно перемещать винтом, закреплена на плите. Губку можно снять, когда обрабатывают крупногабаритные заготовки.

Закрепление заготовки происходит следующим образом. Сжатый воздух, поступая в верхнюю полость пневмоцилиндра, перемещает поршень со штоком при этом длинное плечо рычага опускается, а короткое перемещает губку вправо, и заготовка закрепляется.

Спецификация на сборочный чертеж приведена в приложении 6.

5. Технико-экономическое обоснование выбранного ТП изготовления плиты

Экономический анализ ТП механической обработки выполняют путем сопоставления тех или иных затрат в первом и во втором вариантах ТП.

Цель экономического анализа двух сравниваемых вариантов ТП механической обработки заготовок – выбор варианта, удовлетворяющего требованию минимальных затрат на обработку детали при обеспечении заданных характеристик качества.

Экономический анализ принятого варианта ТП механической обработки детали выполняется с целью выявления операций требующих наибольших затрат, для дальнейшего их совершенствования. Кроме того, такой анализ позволяет определить к каким технологическим эффектам необходимо стремиться при разработке мероприятий по совершенствованию ТП.

Годовой экономический эффект рассчитываем по формуле

$$\mathcal{E}_Г = (C_1 + E_n \cdot K_1) - (C_2 + E_n \cdot K_2),$$

где C_1, C_2 – себестоимость годового объема производства по первому и по второму варианту ТП, руб;

K_1, K_2 – капитальные вложения по первому варианту и по второму варианту ТП, руб;

E_n – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений, принимаем $E_n=0,15$.

5.1. Расчет капитальных затрат

Капитальные затраты рассчитываются отдельно по первому и второму варианту ТП по формуле

$$K = K_{зд} + K_{об} + K_{ин},$$

где $K_{зд}$ – стоимость зданий и сооружений, руб.;

$K_{об}$ – стоимость оборудования, руб.;

$K_{ин}$ – стоимость инструмента и технологической оснастки, руб.

Расчет стоимости основного производственного оборудования выполняем с учетом затрат на монтаж и транспортно-заготовительные расходы.

Затраты на монтаж оборудования принимаем укрупненно в размере 5% от стоимости основного оборудования. Транспортно-заготовительные расходы принимаются в размере 5% от оптовой цены основного производственного оборудования. Результаты расчета стоимости оборудования приведены в табл. 5.

Таблица 5

Расчет стоимости оборудования

Наименование	Прин.	Затраты на единицу, тыс. руб.
--------------	-------	-------------------------------

оборудования	кол-во	Оптовая цена	Монтаж	Транспорт	Итого
Первый вариант					
1. Вертикаль-фрезерный 6K82Г	1	1200	60	60	3960
2. Вертикально-сверлильный 2A135	1	300	150	150	3300
Итого	2				7260
Второй вариант					
1. Вертикально фрезерный центр Zenitech VMC620	1	6500	325	325	7150
Итого	1				7150

Стоимость промышленных зданий принимаем 30 тыс. руб. за 1 м² [2].

Общую площадь участка определяем по формуле

$$S_{\text{уч}} = \sum S_{\text{об}} \cdot K_{\text{д.пл}},$$

где $\sum S_{\text{об}}$ – суммарная площадь, занимаемая оборудованием.

$K_{\text{д.пл}}$ – коэффициент, учитывающий дополнительную площадь на проходы и проезды, $K_{\text{д.пл}}=2,5$ [2].

Площадь участка по 1 варианту

$$S_{\text{уч}}^1 = (3,3 + 0,36) \cdot 2,5 = 9,15 \text{ м}^2.$$

Стоимость участка

$$C^1 = 9,15 \cdot 30000 = 274500 \text{ тыс. руб.}$$

Площадь участка по 2 варианту

$$S_{\text{уч}}^2 = 6,5 \cdot 2,5 = 16,25 \text{ м}^2.$$

Стоимость участка

$$C^2 = 16,25 \cdot 30000 = 487,5 \text{ тыс. руб.}$$

Стоимость инструмента и технологической оснастки принимаем 10% от стоимости оборудования.

$$K_{\text{ин}} = 0,1 \cdot K_{\text{об.}}$$

Для первого варианта ТП

$$K_{\text{ин}} = 0,1 \cdot 7590 = 759 \text{ тыс. руб.}$$

Для второго варианта ТП

$$K_{\text{ин}} = 0,1 \cdot 7150 = 715 \text{ тыс. руб.}$$

Капитальные затраты для первого варианта

$$K_1 = 1069,5 + 7590 + 759 = 9418,5 \text{ тыс. руб.}$$

Капитальные затраты для второго варианта

$$K_2 = 487,5 + 7150 + 715 = 8352,5 \text{ тыс. руб.}$$

5.2. Расчет себестоимости и цены изделия

Себестоимость изделия включает в себя все затраты, необходимые для производства и реализации продукции

Себестоимость определяем по формуле

$$C = C_m + C_{об},$$

где C_m – расходы на основные материалы;

$C_{об}$ – расходы на содержание и эксплуатацию оборудования.

Затраты на основные материалы определяются исходя из годового расхода материалов и оптовых цен на материалы, взятых из прейскурантов.

Расчет затрат на материалы выполняем по формуле

$$C_m = H_m \cdot C_m - M_o \cdot C_o,$$

где H_m – годовой расход материала, $H_m = 29536$ кг;

C_m – оптовая цена материала с учетом транспортно заготовительных расходов, $C_m = 50$ руб/кг [2];

M_o – общий вес отходов за год, $M_o = 10336$ кг;

C_o – оптовая цена отходов с учетом транспортно-заготовительных расходов, $C_o = 11$ руб/кг [2].

$$C_m = 29536 \cdot 50 - 10336 \cdot 11 = 1363,1 \text{ тыс. руб.}$$

Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования включают в себя затраты на амортизацию C_a , ремонт оборудования и здания C_p , заработную плату основную с доплатами, дополнительную C_z^B , отчисления на социальное страхование $C_{зсс}^B$, затраты на силовую электроэнергию $C_э$.

Общую сумму расходов на содержание и эксплуатацию оборудования определяем по следующей формуле

$$C_{об} = (C_a + C_p + C_z^O + C_{зсс}^B + C_э),$$

где $C_{зсс}^B$ – отчисления на социальное страхование принимаемые в размере 30,2% от суммы основных и дополнительных зарплат рабочих.

Затраты на амортизацию рассчитываем исходя из стоимости основных производственных фондов с использованием следующих норм амортизационных отчислений

– по станочному оборудованию – 6,7%;

– по зданиям и сооружениям – 1,2%;

Для первого варианта

$$C_a = 0,067 \cdot 7590 + 0,012 \cdot 1069,5 = 521,3 \text{ тыс. руб.}$$

Для второго варианта

$$C_a = 0,067 \cdot 7150 + 0,012 \cdot 487,5 = 484,9 \text{ тыс. руб.}$$

Затраты на ремонт принимаем в размере 6% от стоимости основного оборудования и промышленных зданий.

Для первого варианта

$$C_p = 0,06 \cdot 7590 + 0,06 \cdot 1069,5 = 519,6 \text{ тыс. руб.}$$

Для второго варианта

$$C_p = 0,06 \cdot 7150 + 0,06 \cdot 487,5 = 458,3 \text{ тыс. руб.}$$

Годовой фонд заработной платы рассчитывается отдельно для основных и вспомогательных рабочих.

Проведем расчет для первого варианта.

Основная заработная плата основных рабочих определяется по формуле

$$C_{з.о.}^o = C_{ст}^{cp} \cdot \frac{\sum_{i=1}^m t_{штi} \cdot A}{60}$$

где $C_{ст}^{cp}$ – средняя часовая тарифная ставка для основных рабочих, $C_{ст}^{cp} = 70$ руб.;

A – годовой объем выпуска, $A = 3200$ шт.;

$\sum t_{шт}$ – суммарное штучное время обработки детали, $\sum t_{шт} = 267\,267$ мин.

$$C_{з.о.}^o = 70 \cdot \frac{267}{60} \cdot 1000 = 996,8 \text{ тыс. руб.}$$

Доплаты по премиальным системам принимаем

Для основных рабочих 50% от основной заработной платы

$$C_{з.пр.}^o = 0,5 \cdot 996,8 = 498,4 \text{ тыс. руб.}$$

Дополнительная заработная плата принимается в размере 12% от основной заработной платы с премией

$$C_{з.доп.}^o = 0,12 \cdot (996,8 + 498,4) = 179,4 \text{ тыс. руб.}$$

Расходы на зарплату рабочих по первому варианту

$$C_3^o = C_{з.о.}^o + C_{з.пр.}^o + C_{з.доп.}^o;$$

$$C_3^o = 996,8 + 498,4 + 179,4 = 1674,6 \text{ тыс. руб.}$$

Проведем расчет для второго варианта.

$$\sum t_{шт} = 68\,68 \text{ мин.}$$

$$C_{з.о.}^o = 70 \cdot \frac{68}{60} \cdot 1000 = 253,9 \text{ тыс. руб.}$$

Доплаты по премиальным системам принимаем

Для основных рабочих 50% от основной заработной платы

$$C_{з.пр.}^o = 0,5 \cdot 253,9 = 126,95 \text{ руб.}$$

Дополнительная заработная плата принимается в размере 12% от основной заработной платы с премией

$$C_{з.доп.}^o = 0,12 \cdot (253,9 + 126,95) = 45,7 \text{ тыс. руб.}$$

Расходы на зарплату рабочих по второму варианту

$$C_3^o = 253,9 + 126,95 + 45,7 = 426,55 \text{ тыс. руб.}$$

Затраты на силовую энергию рассчитываем по формуле

$$C_9 = \sum N_9 \cdot \Phi_d \cdot K_N \cdot \eta_{cp} \cdot Ц_9,$$

где $\sum N_9$ – суммарная установленная мощность электродвигателей, кВт;

K_N – коэффициент, учитывающий потери электроэнергии в сети, $K_N = 1,15$ [2];

$C_э$ – цена одного кВт-часа силовой электроэнергии, $C_э=5$ руб. за кВт/ч [2];
 $\Phi_{д,р}$ – действительный годовой фонд времени рабочих, $\Phi_{д,р}=1820$ ч;

$\eta_{ср}$ – средний коэффициент загрузки оборудования, $\eta_j=0,7$.

Для первого варианта

$$\sum N_э = 10 + 10 + 10 + 5,5 + 0,65 = 36,15 \text{ кВт.}$$

Для второго варианта

$$\sum N_э = 26 \text{ кВт.}$$

Для первого варианта

$$C_э = 36,15 \cdot 1820 \cdot 1,15 \cdot 0,7 \cdot \frac{5}{1000} = 264,8 \text{ тыс. руб.}$$

Для второго варианта

$$C_э = 26 \cdot 1820 \cdot 1,15 \cdot 0,7 \cdot \frac{5}{1000} = 190,5 \text{ тыс. руб.}$$

Для первого варианта

$$C_{об} = 521,3 + 519,6 + 1674,6 + 505,7 + 264,8 = 3486 \text{ тыс. руб.}$$

Для второго варианта

$$C_{об} = 484,9 + 458,3 + 426,55 + 128,8 + 190,5 = 1689,05 \text{ тыс. руб.}$$

Себестоимость для первого варианта

$$C_1 = 1363,1 + 3486 = 4849,1 \text{ тыс. руб.}$$

Себестоимость для второго варианта

$$C_2 = 1363,1 + 1689,05 = 3052,15 \text{ тыс. руб.}$$

Годовой экономический эффект

$$\mathcal{E}_г = (4849,1 + 0,15 \cdot 9418,5) - (3052,15 + 0,15 \cdot 8352,5) = 1956,85 \text{ тыс. руб.}$$

Видно, что затраты при обработке корпуса по второму варианту будут меньше, чем затраты по первому варианту. Следовательно, второй вариант технологического процесса, выбранный мною на основании анализа точности механической обработки корпуса, экономически также является целесообразным.

6. СПЕЦИАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОСНАЩЕНИЯ

В станке предусмотрена возможность смены приводных шкивов клиноременной передачи, что позволяет устанавливать пределы чисел оборотов шпинделя в соответствии с технологическими задачами.

Техническое задание на модернизацию станка мод.2A135 представлено в табл.7.

Таблица 6

Техническое задание на модернизацию станка мод.6P13

Раздел	Содержание раздела
Наименование и область применения	Вертикально-сверлильный станок модели 2A135 предназначен для сверления, рассверливания, зенкерования и развертывания отверстий в различных деталях, а также для торцевания и нарезания резьб машинными метчиками в условиях индивидуального и серийного производства, в ремонтно-механических и промышленных цехах. На станке модели 2A135 обрабатываются детали сравнительно небольших размеров и веса.
Основание для разработки	Задание на дипломную работу
Цель и назначение разработки	Модернизация привода главного движения с целью обеспечения технических характеристик, полученных в результате обоснования исходных данных (с целью обеспечения заданных технических характеристик)
Технические (тактико-технические) требования	Число частот вращения $z = 18$; знаменатель геометрической прогрессии $\phi = 1,26$; минимальная частота вращения шпинделя $n_{\min}=16$ об/мин; мощность электродвигателя $N_{\Sigma} = 4,5$ кВт; частота вращения вала электродвигателя $n_{\Sigma} = 1500$ об/мин.
Документация, используемая при разработке	Паспорт станка мод.2A135. Сборочные чертеж коробки скоростей станка мод.2A135. Стандарты и другая справочно-нормативная документация и техническая литература
Документация, подлежащая разработке	Пояснительная записка, кинематическая схема и график частот вращения привода главного движения, сборочный чертеж коробки скоростей, спецификация

Техническая характеристика станка

Наибольший диаметр сверления, мм.....	35
Расстояние от оси шпинделя до лицевой стороны станины, мм.....	300
Наибольшее расстояние от торца шпинделя до стола, мм.....	750
Наибольший ход шпинделя, мм.....	225
Наибольшее установочное перемещение шпиндельной бабки, мм.....	200
Размеры рабочей поверхности стола, мм:	
длина.....	500
ширина.....	450
Наибольшее вертикальное перемещение стола, мм.....	325
Число скоростей вращения шпинделя.....	9
Пределы чисел оборотов шпинделя в минуту.....	68-1100
Количество величин подач.....	11
Пределы величин подачи, мм/об.....	0,115-1,6
Внутренний конус шпинделя.....	Морзе №4
Мощность главного электродвигателя, кВт.....	4,5
Габаритные размеры станка, мм:	
длина.....	1240
ширина.....	838
высота.....	2500
Масса станка, кг, не более.....	1300

6.1. Кинематический расчет коробки скоростей

6.1.1 Построение графика частот вращения шпинделя

Исходные данные:

- число частот вращения $z = 18$;
- знаменатель геометрической прогрессии $\phi = 1,26$;
- минимальная частота вращения шпинделя $n_{\min} = 16$ об/мин;
- максимальная частота вращения шпинделя $n_{\max} = 1660$ об/мин;
- частота вращения электродвигателя $n_{\text{Э}} = 1500$ об/мин;
- мощность электродвигателя $N_{\text{Э}} = 4,5$ кВт.

Структурная формула имеет вид: $z = 3 \times 3 \times 2 = 18$.

Число валов коробки скоростей: 5.

На произвольном одинаковом расстоянии друг от друга проводим вертикальные линии, число которых равно числу валов в приводе. Каждому валу, начиная от электродвигателя, присваивается номер римскими цифрами.

Проводим горизонтальные линии, количество которых равно $(z + 1)$.

Напротив каждой горизонтальной линии записываем соответствующую частоту вращения шпинделя, определенную из геометрического ряда со знаменателем $\phi = 1,26$:

$n_1 = 16$ об/мин;	$n_{10} = 125$ об/мин;
$n_2 = 20$ об/мин;	$n_{11} = 160$ об/мин;
$n_3 = 25$ об/мин;	$n_{12} = 200$ об/мин;
$n_4 = 31,5$ об/мин;	$n_{13} = 250$ об/мин;
$n_5 = 40$ об/мин;	$n_{14} = 315$ об/мин;
$n_6 = 50$ об/мин;	$n_{15} = 400$ об/мин;
$n_7 = 63$ об/мин;	$n_{16} = 500$ об/мин;
$n_8 = 80$ об/мин;	$n_{17} = 630$ об/мин;
$n_9 = 100$ об/мин;	$n_{18} = 800$ об/мин.

Частоту вращения вала электродвигателя соединяем ломаной выпуклой линией с минимальной частотой вращения шпинделя. При этом должно выполняться условие: $1/4 \leq i \leq 2$, где i – передаточное отношение.

График частот вращения показан на рис. 8.

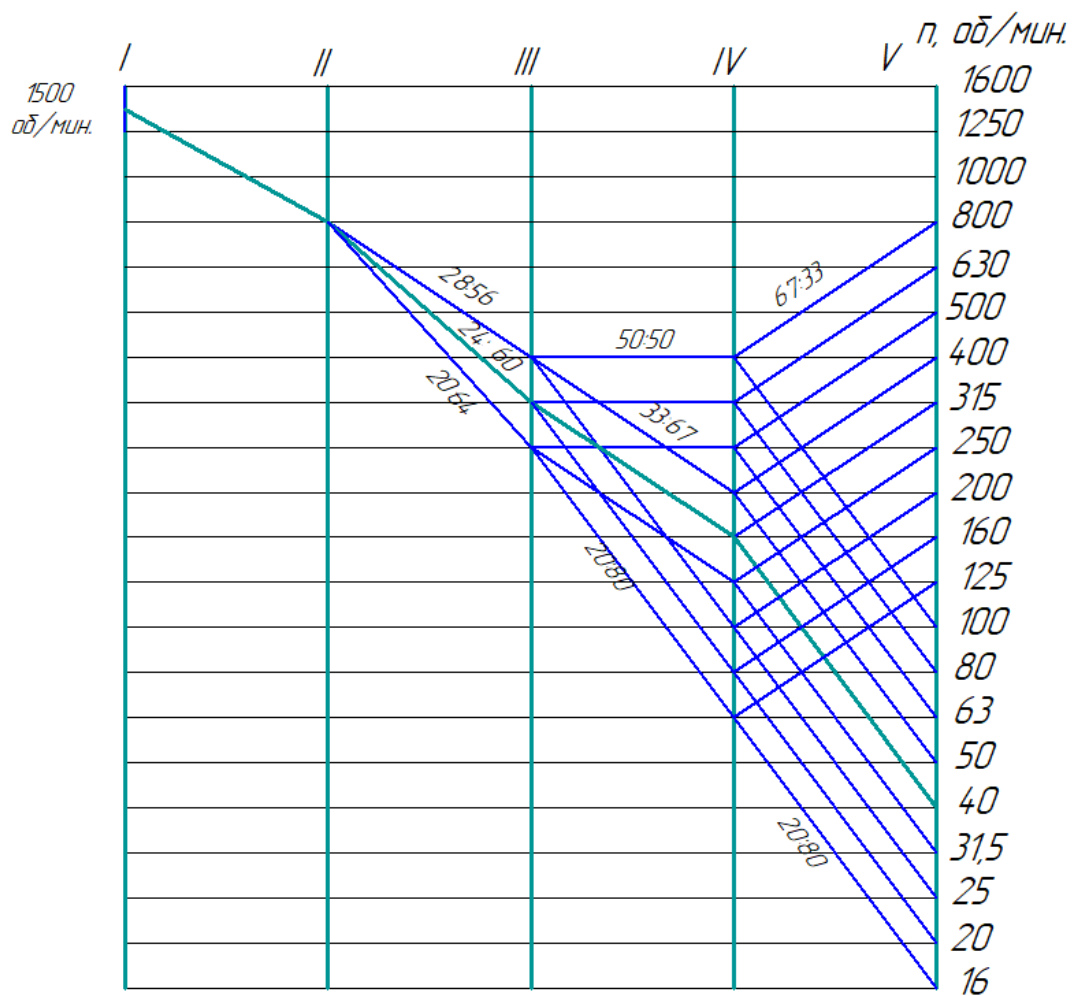


Рис. 8. График частот вращения шпинделя модернизированного станка

6.1.2 Определение числа зубьев передач

Расчет числа зубьев первого блока:

$$i_2 = \frac{250}{800} = 0,3125$$

$$z_{ш2} = 20, z_{к.2} = 20/0,3125 = 64,$$

$$i_2 = 20/64$$

$$\Sigma Z_{(II)} = z_{ш.2} + z_{к.2} = 20 + 64 = 84.$$

Числа зубьев других передач в группе:

$$z_{ши} = \frac{i \cdot \Sigma Z}{i+1} \text{ и } Z_{к} = \Sigma Z - z_{ш}.$$

Имея

$$i_3 = \frac{315}{800} = 0,39 \text{ и } \Sigma Z = 84,$$

$$z_{ш3} = \frac{0,39 \cdot 84}{0,39+1} = 23,56,$$

получим $z_{ш3} = 24$,

$$z_{к3} = \Sigma Z_{(II)} - z_{ш3} = 84 - 24 = 60;$$

$$i_3 = 24/60.$$

Имея

$$i_4 = \frac{400}{800} = 0,5 \text{ и } \Sigma Z = 84,$$

получим

$$\begin{aligned} z_{ш4} &= 28 \text{ и } z_{к4} = 56, \\ Z_{к4} &= \Sigma Z_{(II)} - z_{ш4} = 84 - 28 = 56; \\ i_4 &= 28/56. \end{aligned}$$

Расчет числа зубьев второго блока:

$$i_5 = \frac{400}{400} = 1;$$

Принимаем

$$\begin{aligned} z_{ш.5} &= 50; z_{к5} = 50/1 = 50; \\ \Sigma Z_{(III)} &= z_{ш.5} + z_{к.5} = 50 + 50 = 100. \end{aligned}$$

Числа зубьев других передач в группе:

$$\begin{aligned} z_{шi} &= \frac{i \cdot \Sigma Z}{i+1} \text{ и } z_{к} = \Sigma Z - z_{ш}. \\ i_6 &= \frac{200}{400} = 0,5, \\ z_{ш6} &= 33, \quad z_{к6} = \Sigma Z_{(III)} - z_{ш6} = 100 - 33 = 67. \\ i_6 &= 33/67. \\ i_7 &= \frac{100}{400} = 0,25, \quad z_{ш7} = \frac{0,25 \cdot 100}{1+0,25} = 20, \\ z_{к7} &= \Sigma Z_{(III)} - z_{ш7} = 100 - 20 = 80, \\ i_7 &= 20/80. \end{aligned}$$

Расчет числа зубьев третьего блока:

$$\begin{aligned} i_8 &= \frac{800}{400} = 2, \text{ если } z_{ш8} = 67, \text{ то } z_{к8} = \frac{67}{2} = 33, \\ \Sigma Z_{(IV)} &= z_{ш8} + z_{к8} = 67 + 33 = 100 \\ i_8 &= 67/33. \\ i_9 &= \frac{100}{400} = 0,25, \quad z_{ш9} = \frac{i \cdot \Sigma Z}{i+1} = \frac{0,25 \cdot 100}{0,25+1} = 20, \\ z_{к9} &= \Sigma Z_{(IV)} - z_{ш9} = 100 - 20 = 80 \\ i_9 &= 20/80. \end{aligned}$$

Таблица 7

Значения i , z и ΣZ групповых передач

i	$i_2 = 0,3125$	$i_3 = 0,39$	$i_4 = 0,5$	$i_5 = 1$	$i_6 = 0,5$	$i_7 = 0,25$	$i_8 = 2$	$i_9 = 0,25$
$z_{ш} : z_{к}$	20 : 64	24 : 60	28 : 56	50 : 50	33 : 67	20 : 80	67 : 33	20 : 80
ΣZ	84			100			100	

6.1.3 Разработка кинематической схемы коробки скоростей

Кинематический расчет завершаем вычерчиванием кинематической схемы коробки скоростей. В качестве исходных данных используем график частот вращения (рис.8) и кинематическую схему базового станка (рис.9). На схеме указываем номера валов, характеристику электродвигателя, числа зубьев колес.

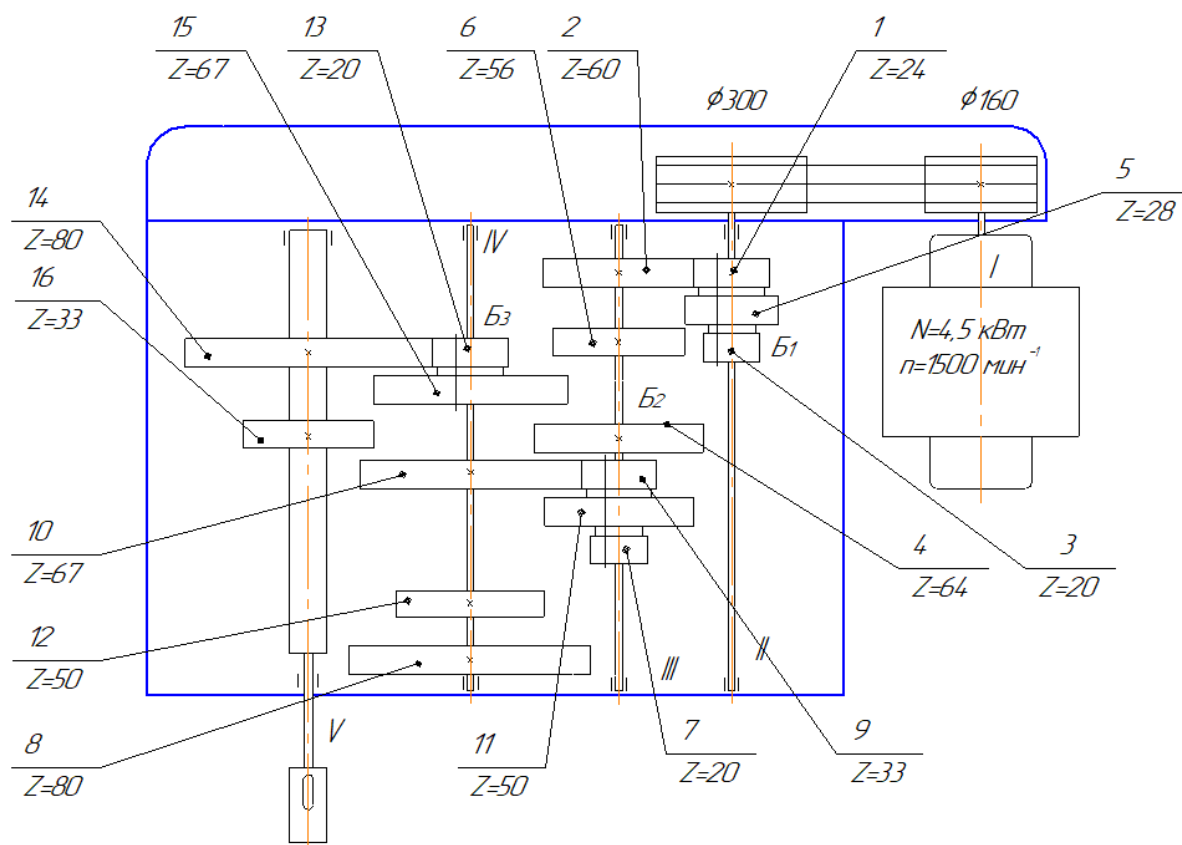


Рис. 9. Кинематическая схема коробки скоростей модернизированного станка

6.2 Прочностной расчет привода

6.2.1 Определение расчетной частоты вращения шпинделя

Расчетная частота вращения шпинделя:

$$n_p = n_{min} \cdot \sqrt[4]{\frac{n_{max}}{n_{min}}},$$
$$n_p = 20 \cdot \sqrt[4]{\frac{800}{16}} = 53,2$$

где n_{min} и n_{max} – соответственно минимальная и максимальная частоты вращения шпинделя по геометрическому ряду.

Принимаем $n_p = 40$ об/мин.

Расчетную кинематическую цепь выделяем на графике (рис. 8) утолщенной линией.

6.2.2 Определение мощностей и передаваемых крутящих моментов на валах

Мощность на валах коробки скоростей:

$$N_i = N_{\Sigma} \cdot \eta_1^x \cdot \eta_2^y \cdot \eta_3,$$

где η_1 – КПД пары подшипников качения ($\eta_1 = 0,99$);

η_2 – КПД пары прямозубых цилиндрических колес ($\eta_2 = 0,97$);

η_3 – КПД ременной передачи ($\eta_3 = 0,98$);

x, y – показатели степеней, равные соответственно числу пар подшипников и зубчатых передач.

$$N_I = 4,5 \text{ кВт};$$

$$N_{II} = 4,5 \cdot 0,98 = 4,28 \text{ кВт};$$

$$N_{III} = 4,28 \cdot 0,99 \cdot 0,97 = 4,11 \text{ кВт};$$

$$N_{IV} = 4,11 \cdot 0,99^1 \cdot 0,97^1 = 3,94 \text{ кВт};$$

$$N_V = 3,94 \cdot 0,99^1 \cdot 0,97^1 = 3,79 \text{ кВт}.$$

Крутящие моменты на валах расчетной кинематической цепи:

$$M_i = 974000 \cdot \frac{N_i}{n_i} \cdot \eta_1^1;$$

$$M_I = 974000 \cdot \frac{4,5}{1500} \cdot 0,99 = 29,22 \text{ Н·м};$$

$$M_{II} = 974000 \cdot \frac{3,92}{1000} \cdot 0,98 = 57,30 \text{ Н·м};$$

$$M_{III} = 974000 \cdot \frac{3,76}{500} \cdot 0,99 = 103,10 \text{ Н·м};$$

$$M_{IV} = 974000 \cdot \frac{3,61}{250} \cdot 0,99 = 201,10 \text{ Н·м};$$

$$M_V = 974000 \cdot \frac{3,47}{63} \cdot 0,99 = 772,30 \text{ Н·м}.$$

6.2.3 Расчет зубчатых передач

Расчет цилиндрических зубчатых колес (шестерен) заключается в определении требуемого модуля. Для стальных прямозубых колес модуль определяется по формулам:

1) из условия изгибной прочности зубьев:

$$m_H \geq \sqrt[3]{\frac{195000 \cdot N \cdot K_H \cdot K_{H\beta} \cdot K_{H\alpha}}{Y_H \cdot Z \cdot \Psi_B \cdot [\sigma_H] \cdot n}}$$

2) из условия контактной прочности (усталости) поверхностных слоев зубьев:

$$m_K \geq \sqrt[3]{\frac{i+1}{\Psi_B} \cdot \left(\frac{1070000}{[\sigma_K] \cdot i \cdot Z}\right)^2 \cdot \frac{N \cdot K_H \cdot K_{H\beta} \cdot K_{H\alpha}}{n}}$$

Исходные величины, необходимые для расчета модулей зубчатых колес, приведены в табл. 8.

Таблица 8

Исходные данные для определения модулей зубчатых колес

Исходные данные и определяемые величины	Обозначение и размерность	Расчетные формулы	Указания по выбору	Числовые величины
1	2	3	4	5
Степень точности зубчатых колес			По ГОСТ 1643-81	7
Марка стали и термообработка	1-Сталь 40Х – нормализация 2-Сталь 12ХН3А – цементация и закалка 3-40ХФА – азотирование		Табл.3.2	
Мощность на валах привода	N_i , кВт	$N_i = N_3 \cdot i \cdot \eta_i$		$N_1 = 4,5$ $N_2 = 4,28$ $N_3 = 4,11$ $N_4 = 3,94$ $N_5 = 3,79$
Число зубьев шестерни	Z		п.1.2.	1-24 9-33 13-30
Расчетная частота вращения вала (шестерни)	n_i , об/мин		Из кинематического расчета	$n_1 = 1500$ $n_2 = 600$ $n_3 = 315$ $n_4 = 160$ $n_5 = 40$
Передаточное число зубчатой пары	i	Определяется отношением числа зубьев большего колеса к меньшему		$i_2 = 2,5$ $i_3 = 2,03$ $i_4 = 2,0$

Отношение ширины зубчатого венца к модулю	ψ_b	$\psi_b = \frac{b}{m}$	$\psi_b = 7 \div 14$	10
Коэффициенты: – перегрузки – динамичности – неравномерности распределения нагрузки – формы зуба	K_n K_B K_{HP} Y_n		Табл.3.4. Табл.3.5. Табл.3.6. Рис. 3.1	1,2 1,15 1 – 1,15 9 – 1,1 13 – 1 2 – 0,44 10 – 0,48 14 – 0,43
Общая продолжит. работы	T_M , час		Из задания	12000
Суммарное число циклов нагружения зуба	N_C	$N_C = 60 \cdot n \cdot T_M$		$4,32 \times 10^8$ $2,27 \times 10^8$ $1,15 \times 10^8$ $0,29 \times 10^8$
Коэффициенты переменности режима нагрузок для расчета модуля на изгиб	$K_{u.реж.}$	$N_C = 6,99 \cdot 10^8$		1
Длительный предел выносливости зуба при работе на изгиб	$\sigma_{u.пр}$, МПа		Табл.3.2	1 - 180 2 - 460 3 - 300
Допускаемое напряжение на изгиб	$[\sigma_H]$, МПа	$[\sigma_H] = \sigma_{u.пр} \cdot K_{u.реж.}$		1 - 180 2 - 460 3 - 300
Коэффициент переменности режима нагрузок для расчета модуля на контактную прочность	$K_{к.реж.}$	Рис.3.3 при $N_C = 6,9 \cdot 10^8$		0,3
Длительный предел контактной выносливости (для трех сталей)	$[\sigma_{кД}]$, МПа		Табл. 3.3	1 - 500 2 - 1200 3 - 1050
Допускаемое напряжение при расчете на контактную прочность	$[\sigma_к]$, МПа	$[\sigma_к] = \sigma_{кД} \cdot K_{к.реж.}$		1 - 150 2 - 360 3 - 270

Расчет модулей зубчатых колес из различных материалов производим на ЭВМ по программе “ШЕСТЕРНЯ”. Результаты расчета приведены в приложении 4.

Анализируем результаты расчета и принимаем в качестве материала зубчатых колес сталь 12ХН3А цементированную и закаленную. В этом случае расчетные значения модуля составляют соответственно $m_{II-III} = 3,5$ мм, $m_{III-IV} = 3,5$, $m_{IV-V} = 6$.

6.2.4 Расчет валов привода

6.2.5 Расчет вала II

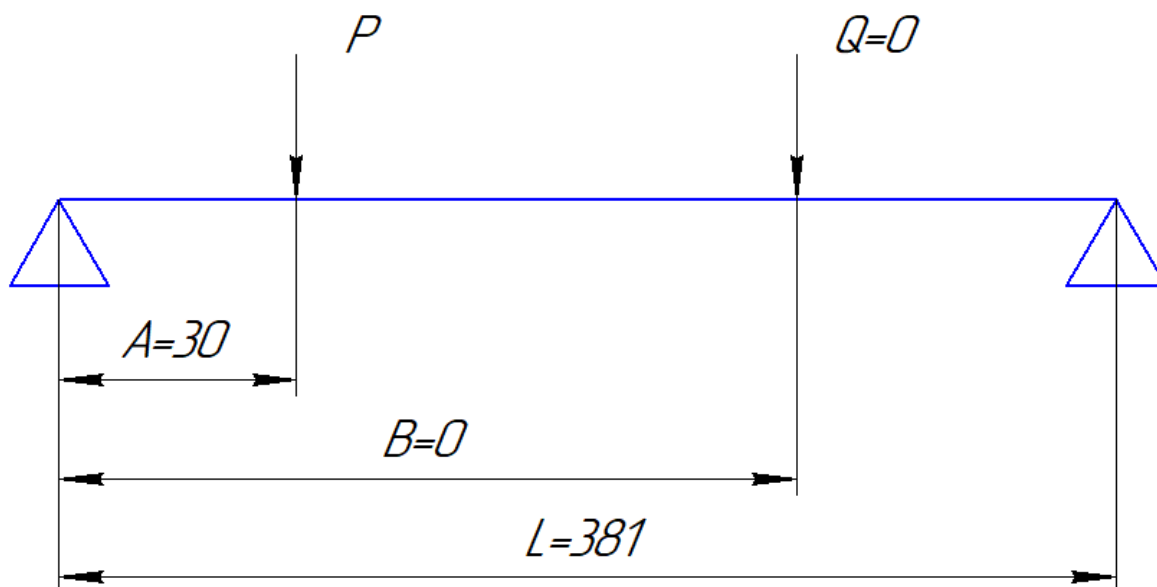


Рис. 10. Расчетная схема нагружения вала II

6.2.6 Разработка компоновочной схемы

Компоновочную схему выполняем в виде развертки по валам и свертки, определяющей пространственное расположение валов. Эту схему вычерчиваем в произвольном масштабе на миллиметровой бумаге формата А1 и помещаем в записку. При ее разработке используем чертежи коробки скоростей базового станка, чтобы осуществить наиболее близкую компоновку разрабатываемой коробки к имеющейся. Кроме того, воспользуемся рекомендациями по выбору конструктивных параметров зубчатых колес и других элементов привода. С помощью этой схемы

определяем все необходимые расстояния между опорами, шестернями, а также направления тангенциальных и радиальных усилий.

6.2.7 Расчет валов III, IV и V

Расчет диаметров валов в опасных сечениях производим на ЭВМ по программе “ВАЛ”. Расчетная унифицированная схема нагружения изображена на рис.16 Исходные данные для расчета сведены в таблицу 9. Результаты расчета представлены в приложении 4.

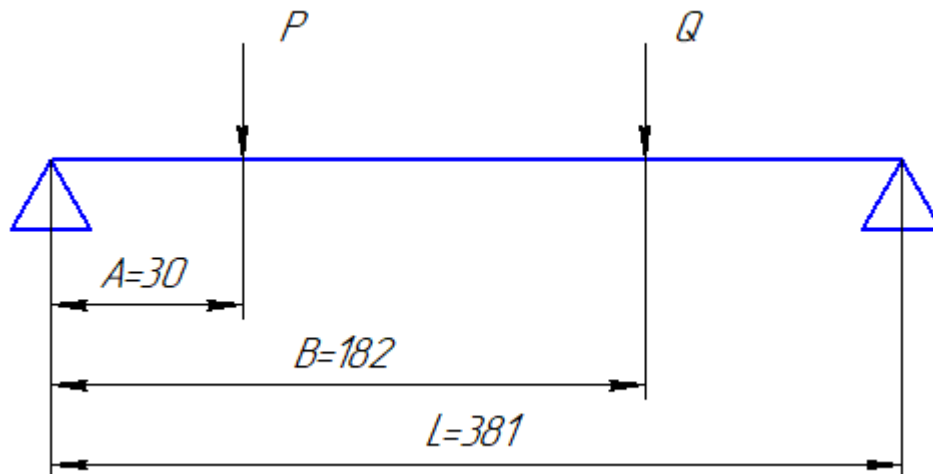


Рис.11. Расчетная унифицированная схема нагружения вала III

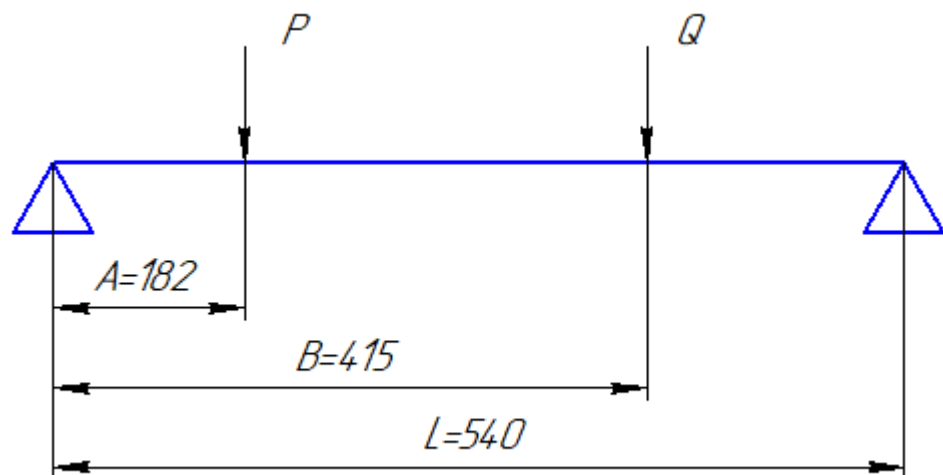


Рис.12. Расчетная унифицированная схема нагружения вала IV

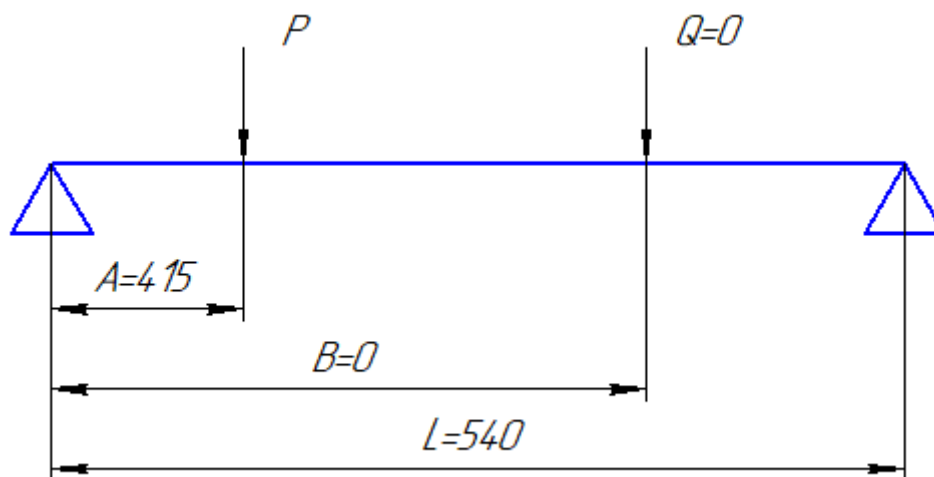


Рис.13. Расчетная унифицированная схема нагружения вала V

Таблица 9

Исходные данные для расчета диаметров валов

Исходные данные и определяемые величины	Обоз-начения и Раз-мерность	Расчетные формулы	I	II	III	IV	V
Крутящий момент на рассчитываемом валу	$M_{кр}$, Н·м	$M_{кр} = 9740 \cdot \frac{N}{n}$	29,22	69,40	126,9	240	922
Марка стали и термообработка	Сталь 45, нормализованная						
Допускаемое напряжение на изгиб	$[\sigma_n]$, МПа	—	75	75	75	72,5	72.5
Делительный диаметр шестерни и колеса зубчатой передачи	d, мм	$d = m \cdot z$	-	72	180	201	-
			-	-	99	180	480
Радиальная нагрузка действующая на вал	P, Н	$P_i = \frac{2 \cdot M_{kpi}}{d_i} \cdot \operatorname{tg} 20$	-	701,6	513,4	869,1	1398
	Q, Н	$Q_i = \frac{2 \cdot M_{kpi}}{d_i} \cdot \operatorname{tg} 20$	-	0	933,4	940,5	0
Угол между силами P и Q	-	-	-	0	0	0	0
Расстояния	A, м	-	-	30	30	182	415
	B, м	-	-	0	182	415	0
	L, м	-	-	381	381	540	540

Расчет валов на прочность проведем с помощью ЭВМ результаты расчета валов на прочность представлены в приложении 4.

6.3 Выбор подшипников качения

Выбор подшипников качения ведется по динамической грузоподъемности C , определяемой из формулы:

$$L = \left(\frac{C}{P}\right)^\alpha,$$

где L – число миллионов оборотов за расчетный срок службы подшипника качения;

P – расчетная нагрузка подшипника, Н;

C – динамическая грузоподъемность подшипника, Н;

$\alpha = 3$ для шарикоподшипников.

Расчетный срок службы подшипника в часах:

$$L_h = \frac{10^6 \cdot L}{60 \cdot n},$$

где n – частота вращения вала, об/мин.

Из данной формулы определяется L , задавшись $L_h = 12000 \div 20000$ ч (для металлорежущих станков).

Расчетная нагрузка подшипника:

$$P = V \cdot F_r \cdot K_\sigma \cdot K_T,$$

где $V = 1$ – безразмерный коэффициент вращения (при вращении внутреннего кольца);

$K_\sigma = 1 \div 1,2$ – безразмерный коэффициент безопасности;

$K_T = 1,05$ – безразмерный температурный коэффициент;

$F_r = \sqrt{R_{xi}^2 + R_{yi}^2}$ – величина радиальной нагрузки;

R_{xi} , R_{yi} – наибольшие по величине опорные реакции.

Выбор подшипников качения осуществляется по динамической грузоподъемности с помощью ЭВМ, пользуясь рассчитанными динамическими грузоподъемностями и учитывая конструкционные особенности выбираем марки подшипников:

Вал II:

Подшипник 206 ГОСТ 8338-75.

Подшипник 206 ГОСТ 8338-75.

Вал III:

Подшипник 208 ГОСТ 8338-75.

Подшипник 208 ГОСТ 8338-75.

Вал IV:

Подшипник 208 ГОСТ 8338-75.

Подшипник 208 ГОСТ 8338-75.

Вал V:

Подшипник 211 ГОСТ 8338-75.

Подшипник 211 ГОСТ 8338-75.

6.4 Описание разработанной конструкции привода

Коробка скоростей представляет собой чугунный корпус, внутри которого расположен шестеренчатый редуктор и механизм переключения скоростей. Коробка скоростей – восемнадцатиступенчатая четырехвальная с передвижными шестернями. Вращение от электродвигателя мощностью $N=4,5$ кВт, $n = 1500$ об/мин передается через клиноременную передачу на приемный вал II коробки. Электродвигатель расположен на салазках 3, которые, перемещаясь при помощи винта, натягивают ремень. Выходной вал коробки выполнен полым, внутри которого перемещается шпиндель станка.

Управление переключением чисел оборотов осуществляется механизмом с предварительным выбором включений, позволяющим подготовить следующее включение, не нарушая предыдущего и в нужный момент быстро произвести переключение.

Предварительный выбор числа оборотов производят поворотом лимба. Лимб при помощи винтовой пары шестерен и валика поворачивает сдвоенные диски. Передвижение колес вдоль оси производят рукояткой, которая при помощи зубчатых секторов и рычагов сдвигает диски. Диски передвигают ползушки с вилками, входящими в пазы передвижных шестерен. Смазка в коробку подается шестеренчатым насосом.

7. РЕЖУЩИЕ ИНСТРУМЕНТЫ

7.1.ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРИЗМАТИЧЕСКОГО ФАСОННОГО РЕЗЦА

Исходные данные

$d_2 = 41$ мм, $d_1 = 20$ мм, $L = 50$ мм, $l = 20$ мм, $\gamma = 17^\circ$, $\alpha = 12^\circ$.

7.1. 1. Техническое задание на проектирование призматического фасонного резца

Таблица 10

Техническое задание на проектирование ПФР

Раздел	Содержание раздела
Наименование и область применения	ПФР- это специальный Р.И. предназначен для изготовления деталей со сложным наружным профилем типа тел вращения методом копирования в условиях крупносерийного и массового производства
Основания для разработки	Задание на бакалаврскую работу
Цель и назначение разработки	Спроектировать ПФР для изготовления детали с параметрами, указанными на курсовой проект
Технические(тактико- технические) требования	Материал режущей части ПФР – быстрорежущая сталь марки Р6М5 ГОСТ 19265-83, материал корпуса резца – Сталь 50 ГОСТ 1050-88, шероховатость обработанной поверхности детали – Ra 3,2 мкм
Документация, используемая при разработке	Смирнов,М.Ю. Проектирование фасонных резцов: учебное пособие/М.Ю.Смирнов, В.В.Демидов, Г.И. Киреев. – Ульяновск: УлГТУ,2001.-81с.
Документация, подлежащая разработке	Раздел пояснительной записки, посвящённый расчёту и конструированию ПФР, рабочий чертёж ПФР.

7.1.2 Расчёт и выбор конструктивно- геометрических параметров резца

Профиль детали

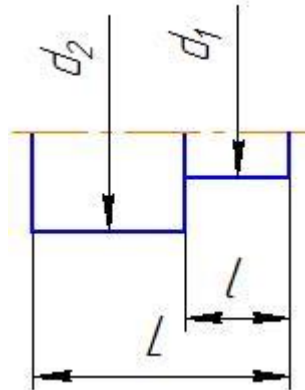


Рис. 14. Профиль детали обработанной резцом.

Материал заготовки – Сталь 40Х; HB=150-235

Определяем схему обработки заготовки.

Изобразим схему профиля детали совместно с профилем ПФР (рис. 15).

Со стороны открытого торца резец по профилю должен перекрывать деталь для компенсации возможной неперпендикулярности торца оси детали обеспечит гарантированно обработку всего профиля, поэтому делаем напуск 1 мм. Со стороны торца, которым резец должен располагаться к патрону станка, делаем дополнительную кромку длиной 4 мм под последующую отрезку готовой детали. Таким образом, длина режущей кромки резца L' складывается из длины обрабатываемой детали, напуска и длины профиля под отрезку:

$$L' = 50 + 4 + 1 = 55 \text{ мм.}$$

Определяем перепад точек 1' и 2' в плоскости передней поверхности резца
 Определяем это расстояние по формуле (16) [1]:

$$C_{1'-2'} = 0,5d_2 \cdot \cos\gamma'_2 - 0,5d_1 \cos\gamma'_1, \quad (1)$$

где γ'_2 – передний угол резца в точке 2' по формуле 15 [1].

$$\gamma'_2 = \arcsin\left(\frac{d_1}{d_2} \cdot \sin\gamma'_1\right) = \arcsin\left(\frac{20}{41} \cdot \sin 17^\circ\right) = 8,1995^\circ.$$

Подставив в формулу (1) результат получим:

$$C_{1'-2'} = 0,5 \cdot 41 \cdot \cos 8,1995^\circ - 0,5 \cdot 20 \cdot \cos 17^\circ = 10,73 \text{ мм.}$$

Определяем перепад точек 1 и 2 на детали (глубину профиля $t_{\max}$)

Определяем по формуле:

$$t_{\max} = \frac{d_2}{2} - \frac{d_1}{2} = \frac{41}{2} - \frac{20}{2} = 10,5 \text{ мм.}$$

Перепад точек 3 и 3' (глубина врезания профиля в пруток в точке 3)

определяем по формуле:

$$t_1 = \frac{d_{\text{прут}} - d_2}{2} = \frac{46 - 41}{2} = 2,5 \text{ мм.}$$

Определяем перепад точек 1' и 2' в плоскости перпендикулярной задней поверхности резца (в нормальном сечении)

Определяем по формуле (17) [1]:

$$h_{1'-2'} = C_{1'-2'} \cdot \cos(\alpha'_1 + \gamma'_1) = 10,73 \cdot \cos(12^\circ + 17^\circ) = 9,38 \text{ мм.}$$

Должно выполняться условие:

$$C_{1'-2'} > t_{\max} > h_{1'-2'};$$

$$10,73 > 10,5 > 9,38.$$

Условие выполняется.

Определяем значения задних углов в секущих плоскостях нормально к режущей кромке резца

Значения этих углов рассчитываем по формуле

$$\alpha_{ni} = \arctg[\tg\alpha_1 \cdot \cos\varphi_i], \quad (2)$$

где φ_i – угол профиля резца в i-й точке. Он заключен между осью детали и касательной к профилю режущей кромки в данной i-ой точке.

В точке 1' при подходе к ней от точки 2 – $\varphi_1=0^\circ$; при движении от точки 4 – $\varphi_1=90^\circ$.

В точке 2' при движении к ней от точки 3' – $\varphi_2=0^\circ$; при движении от точки 1' – $\varphi_2=90^\circ$.

В точке 3' при движении к ней от точки 2' – $\varphi_3=0^\circ$, а в направлении перпендикулярном оси детали $\varphi_3=90^\circ$.

В точке 4' при движении к ней от точки 1' – $\varphi_5=0^\circ$, а в направлении перпендикулярном оси детали $\varphi_1=90^\circ$.

Подставив в формулу (2) значения φ_i :

$$\alpha_{n1'}(4' \rightarrow 1') = \arctan[tg12^\circ \cdot \cos0^\circ] = 12^\circ,$$

$$\alpha_{n1'}(2' \rightarrow 1') = \arctan[tg12^\circ \cdot \cos90^\circ] = 0^\circ.$$

Задние углы резца в точке 2' определяем по формуле:

$$\alpha_{n2'}(3' \rightarrow 2') = \alpha_1 + \tau_2 = 12^\circ + 8,8^\circ = 3,2^\circ,$$

$$\text{где } \tau_2 = \gamma'_1 - \gamma'_2 = 17^\circ - 8,1995^\circ = 8,8^\circ.$$

$$\tau_2 = \gamma'_1 - \gamma'_2 = 17^\circ - 8,1995^\circ = 8,8^\circ.$$

$$\alpha_{n2'}(\perp \text{ оси}) = 0^\circ.$$

Задние углы в точке 3':

$$\alpha_{n3'}(2' \rightarrow 3') = \alpha_{n2'}(3' \rightarrow 2') = 3,2^\circ,$$

$$\alpha_{n3'}(\perp \text{ оси}) = 0^\circ.$$

Задние углы в точке 4':

$$\alpha_{n4'}(1' \rightarrow 4') = \alpha_{n1'}(4' \rightarrow 1') = 12^\circ.$$

Для удовлетворительного резания необходимо выполнение условия

$$\alpha_{ni} > 2,30^\circ$$

В данном случае условие выполняется для всех точек профиля.

Конструктивные параметры резца

Размеры резца выбираем в зависимости от глубины профиля детали.

При $t_{\max}=10,5$ мм глубина профиля $t = 4$ мм.

Толщина резца без крепёжной части (без «ласточкиного хвоста») $B = 19$ мм.

Высота резца $H = 75$ мм.

Толщина «ласточкиного хвоста» $E = 6$ мм.

Ширина хвоста $A = 25$ мм.

Ширина канавки на хвосте $F = 15$ мм.

Глубина канавки $g = 0,5$ мм.

Принимаем диаметр роликов $d = 6$ мм.

Контролируемый размер хвостовика $M = 34,46$ мм.

Ширина резца $L' = L + 4 + 1 = 55$ мм.

Размеры привариваемой режущей части (пластины):

высота $h = 30$ мм;

толщина $b = t_{\max} + 3 \text{ мм} = 13,5$ мм.

Передний угол в инструментальной системе координат:

$$\gamma_u = \gamma_{1cm} + \alpha_{1cr} = 17^\circ + 12^\circ = 29^\circ.$$

Так как длина изготавливаемой детали $L \geq 30$ мм, необходимо проверить хвостовик на прочность.

Проверка хвостовика на прочность

Назначаем материал корпуса резца: сталь 45: $[\tau_{cp}] = 120$ Н/мм²,

$$\sigma_s = 610 \text{ МПа}.$$

Площадь сечения хвостовика на срез определяем по формуле

$$F_{cp} = (A - 1,15 \cdot E) \cdot (H - B \cdot \operatorname{tg} \gamma_0) = (75 - 1,15 \cdot 6) \cdot (75 - 19 \cdot \operatorname{tg} 29^\circ) = 1166,87 \text{ мм}^2.$$

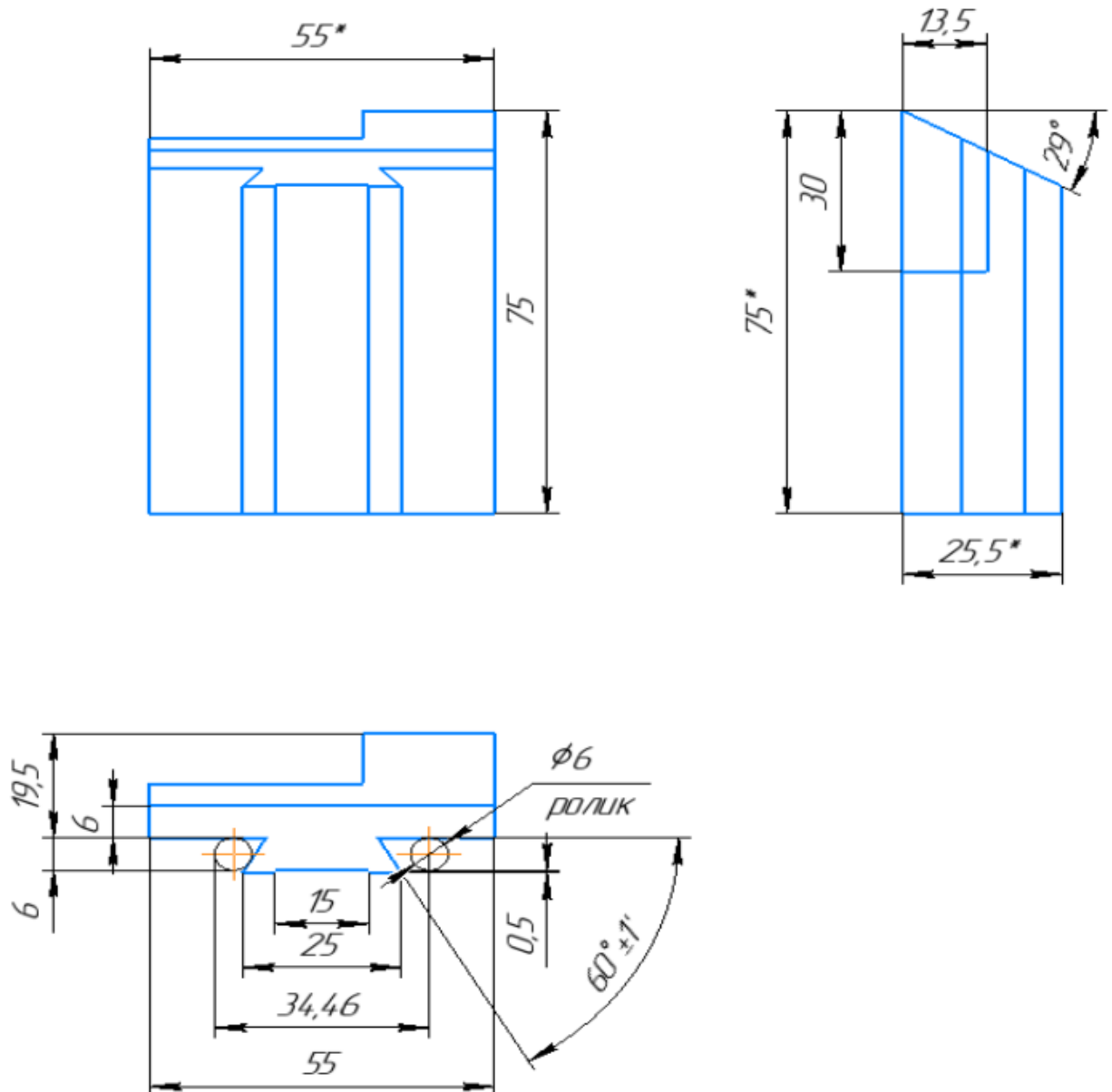


Рис.17. Эскиз призматического фасонного резца

Напряжение на срез равно:

$$\tau_{\text{ср}} = \frac{P_z}{F_{\text{ср}}}, \text{ где } P_z - \text{ сила резания};$$

$$P_z = P'_{\text{уд}} \cdot L, \text{ где } P'_{\text{уд}} - \text{ удельная сила резания.}$$

$$P'_{\text{уд}} = 0,8 \cdot 260 = 208 \text{ Н/мм};$$

$$P_z = 208 \cdot 54 = 11232 \text{ Н};$$

$$\tau_{\text{ср}} = 9,6 \text{ Н/мм}^2.$$

Должно быть выдержано условие: $\tau_{\text{ср}} \leq [\tau_{\text{ср}}]$;

$9,6 \text{ Н/мм}^2 \leq 120 \text{ Н/мм}^2 \rightarrow$ размеры хвостовика назначены правильно.

Разработка рабочего чертежа резца

Чертеж разрабатываем на основе эскиза

Кроме трёх проекций, на чертеже изображаем профиль резца в нормальном сечении в масштабе (1:1); (2:1) с указанием численного значения перепада точек 1 и 2 (h_{1-2}) и допуска на него, который находим по формуле

$$T(h_{1-2}) = 0,7 \left(\frac{Td_2}{2} + \frac{Td_1}{2} \right),$$

где Td_2 и Td_1 - допуски на диаметры детали.

$$d_2 = 41h_{11}; Td_2 = -0,16 \text{ мм};$$

$$d_1 = 24h_{11}; Td_1 = -0,13 \text{ мм}.$$

Подставив в 5.1:

$$T(h_{1-2}) = 0,7 \left(-\frac{0,16}{2} - \frac{0,13}{2} \right) = -0,101.$$

Так как перепад точек $h_{1-2} = 10,73 \geq 5 \text{ мм}$, то о для уменьшения трения делаем поднутрения под углом 2° на участке режущей кромки 1-2.

Масса резца

$$Q = V_p \cdot \rho,$$

где V_p - объем резца (см^3); ρ - плотность стали ($7,81 \text{ г/см}^3$).

$$V_p = V_3 \cdot K,$$

где V_3 - объем, предварительно обработанной заготовки, для изготовления резца; K - коэффициент, учитывающий объем материала (стали) удаленного для образования передней поверхности под углом $\gamma_u = 20^\circ$ профиля резца, «ласточкиного хвоста». Всего примерно 30%, следовательно $K = 0,7$.

$$V_3 = H \cdot L_p \cdot (B + E) = 7,5 \cdot 5,5 \cdot 2,5 = 103,125 \text{ см}^3,$$

где Н- высота резца (75 мм); L_p - ширина резца(55 мм); (В+Е)- толщина резца (19+6=25 мм).

$$V_p = 103,125 \cdot 0,7 = 72,1875 \text{ см}^3$$

$$Q = 72,1875 \cdot 7,81 = 564 \text{ г.}$$

7.1.3 Техническое задание на проектирование шаблона и контршаблона

Таблица 11

Техническое задание на проектирование шаблона и контршаблона

Раздел	Содержание раздела
Наименование и область применения	Шаблон предназначен для контроля на просвет профиля фасонного резца в плоскости перпендикулярной его задней поверхности. Контршаблон предназначен для контроля профиля шлифованного круга которым шлифуют резец
Основание для разработки	Задание на бакалаврскую работу
Цель и назначение разработки	Спроектировать шаблон и контршаблон для контроля фасонного резца и профиля шлифованного круга
Технические (тактико-технические) требования	Материал - Сталь 20 ГОСТ 1050-2013, Шероховатость по профилю Ra 0,8 мкм, цементировать h=0,5 и 55...60 HRC, допуск на перепад точек равен половине допуска на перепад точек на резце
Документация используемая при разработке	Смирнов, М. Ю Проектирование фасонных резцов: учебное пособие / М. Ю. Смирнов, В.В. Демидов, Г.И. Киреев. - Ульяновск: УлГТУ, 2001.-81 с
Документация подлежащая разработке	Рабочие чертежи шаблона и контршаблона.

При изготовлении ПФР и КФР контролируют профиль с помощью шаблона по размерам в нормальном сечении. При конструировании шаблона следует предусмотреть базовую поверхность, к которой прикладывается шаблон и на просвет контролируется профиль. Обычно это торец фасонного резца. Для определения степени износа шаблона предусматривается контршаблон.

Допуск на размеры профиля шаблона принимаются равными 2/3 от допуска на профиль резца. Фаска по профилю шаблона дает возможность точнее проконтролировать профиль резца, т.к. при малой толщине шаблона лучше виден просвет между резцом и шаблоном.

Шаблон и контршаблон изготавливают из стали 20 с последующей цементацией и закалкой, либо из стали У7, У8 с закалкой.

7.1.4 Техническое задание на проектирование державки для резца

Таблица 12

Техническое задание на проектирование державки

Раздел	Содержание раздела
Наименование и область применения	Державка - вспомогательный инструмент, предназначен для крепления ПФР на токарном или токарно-револьверном станке.
Основание для разработки	Задание на бакалаврскую работу
Цель и назначение разработки	Спроектировать державку для крепления резца с конструктивно-геометрическими параметрами, указанными на рабочем чертеже ПФР
Технические (тактико-технические) требования	Обеспечить тонкую, бесступенчатую регулировку положения вершины резца в плоскости, проходящей через ось заготовки в горизонтальной плоскости (требуемые значения углов и)
Документация используемая при разработке	Смирнов, М. Ю Проектирование фасонных резцов: учебное пособие / М. Ю. Смирнов, В.В. Демидов, Г.И. Киреев. - Ульяновск: УлГТУ, 2001.-81 с
Документация подлежащая разработке	Технический проект (сборочный чертеж державки), описание конструкции державки

7.1.5 Описание конструкции державки

Базовой деталью державки является корпус поз.1 к которому с помощью планки поз.6 и винтов поз.7 крепится ПФР за хвостовик типа ласточкиного хвоста. Задний угол у ПФР создается при установке его в державку. К корпусу прикреплен планка поз.3 в которую вернут регулировочный винт поз.5 с контргайкой поз.4. Установка вершины резца после его переточек осуществляется винтом поз.5. Данный винт способствует повышению жесткости крепления резца, так как является дополнительной опорой.

7.2 ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЕТЧИКА-ПРОТЯЖКИ

7.2.1 Техническое задание на проектирование метчика-протяжки.

Таблица 13

Техническое задание на проектирование метчика-протяжки

Раздел	Содержание раздела
Наименование и область применения	Метчик-протяжка предназначен для нарезания крупных метрических, трапециевидных и других резьб в высоких гайках в условиях крупносерийного и массового производств.
Основание для разработки	Задание на бакалаврскую работу
Цель и назначение разработки	Спроектировать метчик-протяжку для нарезания трапециевидной резьбы TrDxP(30x5.5) 6H. Материал гайки Сталь 35ХГТ, 220 НВ
Технические (тактико-технические) требования	Материал рабочей части метчика Сталь Р6М5 ГОСТ 19256-83, материал хвостовика Сталь 45 ГОСТ 1050-2013, шероховатость профиля нарезаемой резьбы Ra3,2 мкм, степень точности 6H
Документация, используемая при разработке	Киреев Г.И. Проектирование метчиков и круглых плашек: уч.пособие. - Ульяновск: УлГТУ, 2008г.-107с.
Документация, подлежащая разработке	Раздел пояснительной записки, посвященной расчету и конструированию метчика-протяжки, рабочий чертеж метчика-протяжки

7.2.2 Расчёт конструктивно-геометрических параметров

Исходные данные: резьба Tr 30x5,5-6H; угол профиля зубьев $\alpha=30^\circ$; материал заготовки (гайки) – сталь 35ХГТ, 220 НВ; длина заготовки (гайки) $l_z=39$ мм.

Номинальный средний D2 и внутренний D1 диаметры резьбы гайки определяем по формулам [30, табл. 4.40, с. 213].

$$D2=D-0,5P=30-0,5*5,5=27,25 \text{ мм};$$

$$D1=D-P=30-5,5=24,5 \text{ мм}.$$

Диаметр хвостовика (1.48)

$$d_{\text{хв}}=d_0=D_1=24,5 \text{ мм.}$$

Длина хвостовика – расстояние до сварного шва (1.49)

$$l_x = S + c + l_z + (10 \div 15),$$

где S – расстояние от переднего торца до паза (табл.1.29); $S=12\text{мм}$

c - длина паза под клин (табл.1,29); $c=20 \text{ мм.}$

l_z - длина заготовки; $l_z=39$

$$l_x=12+20+39+10=81 \text{ мм.}$$

Длина режущей части –конуса (1.50)

$$l_p = P \cdot h / (z \cdot a_z),$$

где h -высота профиля резьбы (1.51)

$$h = (d - d_1) / 2,$$

где d -наружный диаметр метчика (1.22)

$$d = (D + e_{id} + T_d)_{-T_d},$$

e_{id} – нижнее отклонение наружного диаметра резьбы метчика, (1.23)

$$e_{id} = 0,4 TD_{2(6)},$$

$TD_{2(6)}$ - поле допуска на средний диаметр резьбы гайки степени точности 6Н см.[30, табл.4.43, с.223] – $TD_{2(6)} = +0,355 \text{ мм.}$

Подставив значение $TD_{2(6)}$ в (1.23), получим

$$e_{id} = 0,4 \times 0,355 = 0,142 \text{ мм.}$$

T_d – допуск на наружный диаметр резьбы метчика (1.24)

$$T_d = 0,3 \times TD_{2(6)} = 0,3 \times 0,355 = 0,1065 \text{ мм.}$$

Подставив численные значения величин в (1.22), получим

$$d = (30 + 0,142 + 0,1065)_{-0,1065} = 30,2485_{-0,1065} \text{ мм.}$$

Внутренний диаметр метчика (1.25)

$$d_1 = D_1 = 19 \text{ мм.}$$

*номер формулы в учебном пособии- [2]

Подставив в (1.51) численные значения величин получим

$$h = (30,2485 - 24,5) / 2 = 2,87 \text{ мм.}$$

Число перьев метчика выбираем по табл. 1.29 ($z=4$).

Подача на зуб (1.53)

$$a_z = (P/z) \cdot \sin \varphi$$

где φ -угол заборного конуса находим в табл.1.29 ($\varphi=1^\circ 20'$)

$$a_z = (5,5/4) \cdot \sin 1^\circ 20' = 0,032 \text{ мм.}$$

Подставив в (1.50) численное значение величин, найдём длину режущей части метчика

$$l_p = 5,5 \cdot 2,87 / (4 \cdot 0,032) = 124 \text{ мм.}$$

2.2.6 Длина калибрующей части метчика (1.54)

$$l_k = (0,6 \div 1) \cdot d = 1 \cdot d = 0,8 \cdot 30,2485 = 24 \text{ мм.}$$

По табл.1.15 в зависимости от степени точности нарезаемой резьбы – 6Н, находим класс точности метчика – 3.

Для метчика 3 – го класса точности по табл. 1,18 находим формулу расчёта нижнего отклонения на средний диаметр метчика
 $eid_2 = 0,5 \cdot TD2(6) = 0,5 \cdot 0,355 = 0,1775 \text{ мм.}$

Средний диаметр резьбы метчика (1.17)

$$d_2 = (D_2 + eid_2 + Td_2)_{-Td_2}$$

Допуск на средний диаметр метчика (1.18)

$$Td_2 = 0,2 \cdot TD2(6) = 0,20 \cdot 0,355 = 0,071 \text{ мм.}$$

Подставив в (1.17) численное значение величин, получим

$$d_2 = (27,25 + 0,1775 + 0,071)_{-0,071} = 27,4985_{-0,071} \text{ мм.}$$

Диаметр сердцевины (табл.1.29)

$$dc = 0,5 \cdot d = 0,5 \cdot 30,2485 = 15,12425 \text{ мм.}$$

Длина задней направляющей $l_{zn} = 20 \text{ мм.}$ (табл. 1.29)

Диаметр задней направляющей (1.56) $d_{zn} = d_{xb} = 24,5 \text{ мм.}$

Ширина пера (табл.1.29)

$$b = 0,25 \cdot d = 0,25 \cdot 30,2485 = 6,7 \text{ мм.}$$

Ширина ленточки $f = 0,5$ (табл.1.29)

Передний угол $\gamma = 10^\circ$ (табл.1.29)

Задние углы: $\alpha_1 = 15^\circ; \alpha_2 = 30^\circ$ (табл.1.29)

Угол наклона стружечных канавок (1.55)

$$\omega = \tau = \arctg \frac{P}{\pi \cdot d_2} = \arctg \frac{5,5}{3,14 \cdot 27,4985} = 3,645^\circ$$

Шаг винтовых стружечных канавок (1.58)

$$P_k = \frac{\pi \cdot d}{tg \omega} = \frac{3,14 \cdot 30,2485}{tg 3,645^\circ} = 1490,98 \text{ мм}$$

Общая длина метчика-протяжки (1.57)

$$L = l_x + l_p + l_k + l_{zn} = 81 + 124 + 24 + 20 = 249 \text{ мм.}$$

Смещение заднего центра резьбошлифовального станка для создания обратной конусности на метчике (1.29)

$$S = (L \cdot K_0 / L_y),$$

где $K_0 = 0,05 \div 0,1 \text{ мм; } L_y = 100 \text{ мм}$

$$S = 249 \cdot 0,1 / 100 = 0,249 \text{ мм.}$$

7.3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЧЕРВЯЧНО-МОДУЛЬНОЙ ФРЕЗЫ

7.3.1 Техническое задание на проектирование червячно-модульной фрезы

Таблица 14

Техническое задание на проектирование ЧМФ

Раздел	Содержание раздела
Наименование и область применения	ЧМФ предназначены для нарезания цилиндрических прямозубых и косозубых зубчатых колес методом обкатки
Основание для разработки	Задание на бакалаврскую работу
Цель и назначение разработки	Спроектировать ЧМФ для нарезания зубчатых колес со следующими геометрическими параметрами см. задание (табл. 3)
Технические (тактико-технические) требования	Обеспечить заданную степень точности цилиндрических зубчатых колес (В.7) Материал фрезы быстрорежущая сталь Р6М5 ГОСТ 19265-83
Документация используемая при разработке	Прудников Ю.П., Киреев Г.И., Табаков В.П., Расчет и проектирование зуборезных инструментов: уч.пособие- Ульяновск: УлГТУ, 2001.-164с.
Документация подлежащая разработке	Раздел пояснительной записки, посвященный расчету и конструированию ЧМФ, рабочий чертеж фрезы

7.3.2 Расчет некоторых конструктивных параметров обрабатываемого колеса

Диаметр делительной окружности (1.1)*

$$d_1 = \frac{m \cdot Z_1}{\cos \beta} = \frac{2,25 \cdot 44}{\cos 0} = 99 \text{ мм}$$

Угол профиля и модуль по торцу (1.2)

Так как колесо прямозубое ($\beta = 0^\circ$), то:

*-номер формулы в учебном пособии-[4]

$$\alpha_t = \alpha = 20^\circ; m_t = m = 2,25 \text{ мм}$$

3.2.3 Диаметр основной окружности (1.3)

$$d_{b_1} = d_1 \cdot \cos \alpha = 99 \cdot \cos 20 = 93,03 \text{ мм}$$

3.2.4 Высота головки зубьев (1.10)

$$h_{a_1} = (h_a^* + x_1 - \Delta y)m,$$

где Δy - коэффициент уравнивающего смещения (при $x_1 = x_2 = 0$, $\Delta y = 0$), следовательно

$$h_{a_1} = (1 + 0 - 0)2,25 = 2,25 \text{ мм}$$

Диаметр вершин зубьев (наружный диаметр) (1.11)

$$d_{a_1} = d_1 + 2(h_a^* + x_1 - \Delta y)m = 99 + 4,5 = 103,5 \text{ мм}$$

Высота зуба колеса (1.12)

$$h = (2h_a^* + c^* - \Delta y)m,$$

где c^* - коэффициент радиального зазора ($c^* = 0,25 \text{ мм}$)

$$h = (2 \cdot 1 + 0,25 - 0) \cdot 2,25 = 5,0625 \text{ мм}$$

Высота ножки зубьев (1.14)

$$h_{f_1} = h - h_{a_1} = 5,0625 - 2,25 = 2,8125 \text{ мм}$$

Диаметр впадин зубьев (1.15)

$$d_{f_1} = d_{a_1} - 2h = 103,5 - 2 \cdot 5,0625 = 93,375 \text{ мм}$$

По табл. 1.1 [31] для вида сопряжения В и степени точности 7, при $d_1 > 80$ находим наименьшее отклонение толщины зуба колеса, необходимое для образования бокового зазора в зубчатом зацеплении

$$E_{cs_1} = 0,12 \text{ мм}$$

Толщина зуба нарезаемого колеса на делительном диаметре (1.16)

$$\begin{aligned} S_{n_1} &= 0,5 \cdot \pi m + 2 \cdot x_1 \cdot m \cdot \tan \alpha - E_{cs_1} = \\ &= 0,5 \cdot 3,14 \cdot 2,25 + 2 \cdot 0 \cdot 2,25 \cdot \tan 20^\circ - 0,12 = 3,4143 \text{ мм} \end{aligned}$$

7.3.3 Расчет конструктивно-геометрических параметров фрезы

При модуле 2,25 находим:

- наружный диаметр фрезы $d_{a0} = 90 \text{ мм}$;
- диаметр посадочного отверстия $d_{отв} = 40 \text{ мм}$;
- длина фрезы $L = 90 \text{ мм}$.

Число заходов $i=1$; число зубьев по окружности $Z_0 = 10$

Передний угол при вершине зубьев у чистовых фрез $\gamma_b = 0^\circ$. Задний угол $\alpha_b = 10^\circ$ (с. 21)

Падение затылка основного затылования (2.1)

$$K = \frac{\pi \cdot d_{a0}}{Z_0} \cdot \tan \alpha_b = \frac{3,14 \cdot 90}{10} \cdot \tan 10^\circ = 4,983 \text{ мм}$$

округляем $K=5 \text{ мм}$;

определяем фактическое значение α_b

$$\alpha_b = \arctg \frac{k \cdot Z_0}{\pi \cdot d_{a0}} = \frac{5 \cdot 10}{3,14 \cdot 90} = 10,1^\circ$$

Падение затылка дополнительного (второго) затылования (2.2)

$$K_1 = (1,5 \div 2)K = 2 \cdot 5 = 10 \text{ мм}$$

Угол профиля зуба фрезы в нормальном к виткам сечения (2.3)

$$\alpha_{w_0} = \alpha = 20^\circ$$

Высота головки зуба фрезы (2.4)

$$h_{a_0} = h_{f1} = 2,8125 \text{ мм}$$

Высота ножки зуба фрезы (2.5)

$$h_{f0} = h_{a1} + c \cdot m,$$

где $c = 0,3$ при $m \geq 3$

$$h_{f0} = 2,25 + 0,25 \cdot 2,25 = 2,8125 \text{ мм}$$

Высота профиля зуба фрезы (2.6)

$$h_0 = h_{a0} + h_{f0} = 2,8125 + 2,8125 = 5,625 \text{ мм}$$

Радиус скругления боковой и вершиной кромок зуба (2.7)

$$r_k = 0,2 \cdot m = 0,45 \text{ мм}$$

Радиус скругления боковых режущих кромок и на впадины (2.8)

$$r_H = 0,3 \cdot m = 0,675 \text{ мм}$$

Шаг зубьев в нормальном сечении на делительной прямой зубьев рейки

$$P_{t0} = \pi \cdot m = 3,14 \cdot 2,25 = 7,068 \text{ мм}$$

Толщина зубьев в нормальном сечении на делительной прямой зубьев рейки (2.10)

$$S_{t0} = \pi \cdot m - S_{n1} = 7,068 - 3,4143 = 3,6537 \text{ мм}$$

Высота зуба фрезы (2.11 или 2.12)

$$H_k = h_0 + \frac{k + K_1}{2} + (1,5 \div 3) = 5,625 + \frac{5 + 10}{2} + 2 = 15,125 \text{ мм}$$

Глубина и ширина канавки между зубьями рейками для выхода шлифовального круга (2.13)

$$h_{\text{кан}} = 1,0 \text{ мм}, \quad r_{\text{кан}} = 0,5 \text{ мм}.$$

$$b_{\text{кан}} = S_{n1} - 2h_{f0} \cdot \operatorname{tg} \alpha_{w0} - 1 = 3,4143 - 2 \cdot 2,8125 \cdot \operatorname{tg} 20^\circ - 1 = 0,367 \text{ мм}$$

Так как $b_{\text{кан}} \leq 1$, то канавку не делают.

Угол профиля стружечной канавки θ

Принимается равный $\theta = 25^\circ$

Радиус закругление в основании стружечной канавки (2.14)

$$r = \frac{\pi(d_{a0} - 2H_k)}{10 \cdot Z_0} = \frac{3,14(90 - 2 \cdot 15,125)}{10 \cdot 10} = 2 \text{ мм}$$

принимается $r = 2 \text{ мм}$.

Задний угол на боковых режущих кромках зубьев фрезы (2.18)

Должно выполняться условия $\alpha_u \geq (1,5 \div 2)^\circ$, т.е.

$$\arctg(\operatorname{tg} \alpha_b \cdot \sin \alpha_{w0}) = \arctg(\operatorname{tg} 10,1^\circ \cdot \sin 20^\circ) = 3,48^\circ \geq (1,5 \div 2)^\circ$$

Средний расчетный диаметр фрезы (2.19)

$$D_t = d_{a0} - 2h_{a0} - 0,4K = 90 - 2 \cdot 2,8125 - 0,4 \cdot 5 = 82,375 \text{ мм}$$

Угол наклона витков (2.20)

$$\omega_t = \arcsin\left(m \cdot \frac{i}{D_t}\right) \arcsin\left(2,25 \cdot \frac{1}{82,375}\right) = 1,56^\circ = 1^\circ 34'.$$

Проектируем ЧМФ с винтовыми стружечными канавками расположенными перпендикулярно к виткам. Угол наклона канавки $\omega_k = \omega_t$. Фреза правозаходная, направления стружечных канавок левое.

Шаг винтовой линии стружечной канавки (2.21)

$$P_z = \frac{\pi D_t}{\operatorname{tg} \omega_k} = \frac{3,14 \cdot 82,375}{\operatorname{tg} 1,56} = 9471 \text{ мм}$$

Шаг витков червяка вдоль оси фрезы (2.22)

$$P_{xo} = P_{to} \cdot i / \cos \omega_t = 7,068 \cdot \frac{1}{\cos 1,56} = 7,0706 \text{ мм}$$

Угол установки оси вращения фрезы на зубофрезерном станке (2.23)

$$\varphi = \beta \pm \omega_t = 0 + 1,56^\circ = 1,56^\circ$$

Профилирование зубьев ЧМФ (2.24)

Профилирование чистовых ЧМФ выполняем на основе архимедово червяка. На рабочем чертеже фрезы покажет профиль зубьев с размерами в нормальном к виткам сечении и на виде перпендикулярно оси.

$$\alpha_{oc} = \operatorname{arctg} \frac{\operatorname{tg} \alpha_{wo}}{\cos \omega_t} = \operatorname{arctg} \left(\frac{\operatorname{tg} 20^\circ}{\cos 1,56^\circ} \right) = 20,0068^\circ$$

Углы профиля зубьев на виде А с правой αxRo и левой αxLo сторон:

$$\alpha xRo = \operatorname{arctg} \cdot \frac{P_z \cdot \operatorname{tg} \alpha_{oc}}{P_z - K \cdot Z_0 \cdot \operatorname{tg} \alpha_{oc}} = \operatorname{arctg} \frac{9471 \cdot \operatorname{tg} 20,0068^\circ}{9471 - 5 \cdot 10 \cdot \operatorname{tg} 20^\circ} = 20,0423^\circ$$

$$\alpha xLo = \operatorname{arctg} \cdot \frac{P_z \cdot \operatorname{tg} \alpha_{oc}}{P_z + K \cdot Z_0 \cdot \operatorname{tg} \alpha_{oc}} = \operatorname{arctg} \frac{9471 \cdot \operatorname{tg} 20,0068^\circ}{9471 + 5 \cdot 10 \cdot \operatorname{tg} 20^\circ} = 19,9715^\circ$$

Толщина зубьев фрезы на виде (2.27)

$$S_{oc.c} = \frac{S_{to}}{\cos \omega_t} = \frac{3,6537}{\cos 1,56^\circ} = 3,6551 \text{ мм}$$

По табл.2.2 выбираем диаметр d_1 и длину буртиков L

Если $d_{a0}=90$ мм, то $d_1=60$ мм, $L_1=5$ мм.

Определяем угол давления (профиля) на головки зуба колеса по формуле:

$$\alpha_{a1} = \arccos \frac{d_{b1}}{d_{a1}} = \arccos \frac{93,03}{103,5} = 25,9939^\circ$$

Угол зацепления фрезы и колеса в торцовом сечении колеса по формуле:

$$\alpha_{wto} = \operatorname{arctg} \frac{\operatorname{tg} \alpha_{wo}}{\cos \beta} = \operatorname{arctg} \frac{\operatorname{tg} 20^\circ}{\cos 0} = 20^\circ$$

Допускаемая длина рабочей части фрезы (2.28)

$$l_p = \frac{[(d_{a1} \cdot \sin \alpha_{a1} - d_1 \cdot \sin \alpha_{wt}) \cdot \cos \alpha_{wto} \cdot \cos \psi]}{\cos \beta} + 2P_{oc.c}$$

$$= \frac{[(103,5 \cdot \sin 25,9939^\circ - 60 \cdot \sin 20^\circ) \cdot \cos 20^\circ \cdot \cos 1,56^\circ]}{\cos 0} + 2 \cdot 7,0706 = 37,475 \text{ мм}$$

Проверяем условие: $L \geq l_p + 2l$

Условие выполняется $90 \geq 47,475$ принимаем длину фрезы по табл. 2.1: $L=90$ мм

По табл. 2.4 диаметр посадочного отверстия фрезы- $d_{отв} = 40$ мм, выбираем:

-ширину шпоночного паза и допуск на нее $b_n = 10C11$ мм;

-расстояние до дна шпоночного паза от противоположной стороны отверстия $C_1=43,5$ мм;

-радиусы закругления в пазу $R=0,9^{+0,3}$ мм;

-допускаемое смещение паза относительно оси отверстия $\Delta = 0,09$ мм.

Проверяем возможности переточки ЧМФ по передней поверхности без повреждение цилиндра буртиков по формуле :

$$[0.5d_{a0} - (0.5d'_1 + H_k)] = [0.5 \cdot 90 - (0.5 \cdot 60 + 15,125)] = 9,875 \text{ мм}$$

Условия выполняются ,так как $[0.5d_{a0} - (0.5d'_1 + H_k)] \geq 0.5$ мм

Проверяем на прочность тело фрезы в месте шпоночного паза

$$[0.5 \cdot d_{a0} - (C_1 - 0.5D_{\text{отв}} + H_k)] = 0.5 \cdot 90 - (43.5 - 20 + 15,125) = 6,375 \text{ мм}$$

Условия выполняются , так как $0.5 \cdot d_{a0} - (C_1 - 0.5D_{\text{отв}} + H_k) \geq 3$ мм

Длина шлифованной части зуба

Длину шлифованной части зуба (рис 2.1) находим по формуле

$$\Delta c = R_A \cdot \sin \varepsilon',$$

где R_A —радиус окружности, на которой располагается точка А пересечения кривых основного и дополнительного затылований (при известных K и K_1); ε' —угол между радиусами совпадающим с передней поверхностью зуба и проходящим через точку А.

$$R_A = R_{a_0} - \Delta n,$$

$$\text{где } R_{a_0} = \frac{D_{a_0}}{2} = \frac{90}{2} = 45 \text{ мм}$$

$$\varepsilon' = (0,3 \div 0,5)\varepsilon = 0,5 \cdot \frac{360^\circ}{z_0} = 0,5 \cdot \frac{360^\circ}{10} = 18^\circ$$

$$\Delta n = k \frac{\varepsilon'}{\varepsilon} = 5 \frac{18}{36} = 2,5 \text{ мм}$$

$$R_A = 45 - 2,5 = 42,5 \text{ мм}$$

$$\Delta c = 42,5 \cdot \sin 18^\circ = 11,6 \text{ мм.}$$

7.4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ БЛОКА НАРУЖНЫХ ПРОТЯЖЕК

7.4.1. Техническое задание на проектирование блока протяжек

Таблица 15

Техническое задание на проектирование блока протяжек

Раздел	Содержание раздела
Наименование и область применения	Блоки наружных круглых и плоских протяжек предназначены для изготовления деталей сложного профиля в условиях крупносерийного и массового производства. (автомобиле и самолетостроении)
Основание для разработки	Задание на бакалаврскую работу
Цель и назначение разработки	Разработать технический проект блока наружных протяжек для обработки заготовки (см. задание). Материал заготовки – Сталь 50Х, 229НВ, длина $L_3 = 60$ мм, припуск $A_0 = 2,2^{+0,2}$ мм, ширина $B = 30$ мм.
Технические (тактико-технические требования)	Материал протяжек сталь Р6М5 ГОСТ 19265-83, материал корпуса Сталь 45 ГОСТ 1050-88, шероховатость обработанной поверхности $Ra = 6,3$ мкм, точность по 11 качеству, обрабатываемый материал Сталь 50Х.
Документация используемая при разработке	Киреев Г.И Расчет и проектирование протяжек: в 2 Ч Ч.2. Наружные плоские и круглые протяжки : учебное пособие/ Г.И.Киреев, В.В.Демидов, М.Ю.Смирнов: Ульяновск: УЛГТУ, 2005.-78с
Документация подлежащая разработке	Раздел пояснительной записки посвященный расчету и конструированию блока протяжек. Рабочие чертежи протяжек с трапециевидными и сплошными зубьями, сборочный чертеж блока протяжек

7.4.2 Расчет и выбор конструктивно-геометрических параметров протяжек

Исходные данные: длина заготовки $L_3 = 60$ мм., ширина заготовки $b_3 = 30$ мм, материал заготовки сталь 50Х, группа обрабатываемости (группа В, НВ до 320), припуск на обработку $A_0 = 2,2^{+0,2}$ мм, допуск $\pm 0,05$ мм, шероховатость поверхности обработанной протягиванием $Ra = 1,6$ мкм, 11 качество.

4.2.1. Исходные данные:

длина заготовки $L_3 = 60$ мм.,

ширина заготовки $b_3 = 30$ мм,

материал заготовки Сталь 50Х,

группа обрабатываемости (группа В, НВ до 320),

припуск на обработку $A_o = 2,2^{+0,2}$ мм,
допуск $\pm 0,05$ мм,
шероховатость поверхности обработанной протягиванием $Ra = 1,6$ мкм,
11 квалитет.

4.2.2. Так как ширина обрабатываемых поверхностей заготовки $B > 12$ мм, то при ее протягивании целесообразно применить групповую трапецевидную схему резания, табл.(1.8, [33]).

4.2.3 Осевой шаг зубьев (8.1)*

Осевой шаг зубьев для протяжек обрабатывающей поверхности рассчитывается по формуле

$$t_o = 1,9\sqrt{L_3} = 1,9\sqrt{60} = 14,72 \text{ мм}$$

где L_3 – длина заготовки.

Принимаем $t_o = 16$ мм. (табл.1.1) [33]

4.2.4. Угол наклона зубьев $\omega = 0^\circ$ (пункт 1.2.1) [33]

4.2.5. По известным: $\omega = 0^\circ, t_o = 16$ мм. Так как материал заготовки сталь, выбираем форму стружечной канавки типа А (с. 12[33]).

Из табл.1.1.[33] находим высоту зубьев протяжки: $h = 7$ мм.

4.2.6. Определение величин заднего - α_v и переднего - γ_v углов при вершине зубьев (табл. 1.4 и 1.5 [33]).

Принимая $\alpha_v = 3^\circ$ на черновых и чистовых, $\alpha_v = 2^\circ$ на калибрующих зубьях.

Принимаем $\gamma_v = 15^\circ$ на всех зубьях

4.2.7. Определение подачи на зуб (группу зубьев) с допускаемой трапецевидной схемой резания:

Подачу, допускаемое условиями сворачивания и размещения стружки в стружечной канавке протяжек – $S_{св.}$ при протягивании стали марки 50Х, (табл. 2.2)[33]

$$S_{св} = 0,25 \text{ мм.}$$

Наибольшая подача при выбранной групповой трапецевидной схеме резания – $S_{сх}$.

$$S_{сх} = 0,3\text{мм.}$$

4.2.8. Лимитирующая подача – $S_{лим}$ принимается равной меньшей из найденных двух подач: $S_{св}$ и $S_{сх}$.

$$\text{Принимаем } S_{лим} = S_{св} = 0,25 \text{ мм.}$$

4.2.9. Суммарная длина одновременно работающих лезвий

$$\Sigma B = \frac{(L_3 \cdot B)}{t_0 \cdot \cos \omega \cdot Z_r} = \frac{60 \cdot 30}{16 \cdot \cos 0 \cdot 2} = 56,25\text{мм}$$

4.2.10. Определяем силу резания при протягивании (2.6)

При $S_{лим} = S_{св} = 0,25$ мм находим силу, приходящую на 1 мм длины лезвия протяжки $P_s = 480$ Н/мм [33, табл. 2.5]:

$$P_n = P_s \Sigma B = 480 \cdot 56,25 = 27000\text{Н.}$$

4.2.11. Определение тяговой силы и модели станка (2.2)

$$P_{ст} = \frac{P_n}{(0,7 - 0,8)} = \frac{27000}{0,7} = 38571\text{Н}$$

По табл. 4.1 выбираем вертикально-протяжной станок модели 7Б75 ($P_{ст} = 100\text{кН}$; $L_x = 1250\text{мм}$)

4.2.12 Определение припуска, снимаемого основной (черновой) частью протяжек

$$A_{черн} = A_0 - A_{чист} = 2,4 - 0,2 = 2,2\text{мм,}$$

где A_0 - общий припуск $= 2,2^{+0,2} = 2,4$

$A_{чист} = 0,15 - 0,25\text{мм}$ - припуск на чистовые зубья

Принимаем $A_{чист} = 0,2$ мм

4.2.13 Определение числа зубьев на черновой части протяжек

$$Z_{черн} = \frac{A_{черн}}{S_{лим}} = \frac{2,2}{0,25} = 8,8$$

С учетом того что на последних двух черновых (переходных) зубьях подача должна быть равна соответственно $0,6 S_{лим}$ и $0,4 S_{лим}$, фактическое число черновых зубьев будет на единицу больше.

$$Z_{чернфакт} = Z_{черн} + 1 = 8 + 1 = 9$$

4.2.14 Определение фактического припуска на черновые зубья

$$A_{чернфакт} = S_{лим} \cdot Z_{черн} = 0,25 \cdot 9 = 2,25\text{мм}$$

4.2.15 Определение фактического припуска на чистовые зубья

$$A_{чистфакт} = A_0 - A_{чернфакт} = 2,4 - 2,25 = 0,15\text{мм}$$

С целью повышения точности и качества обработанной поверхности подачу на чистовые зубья делают плавно убывающей, например

$i=0$ - число увеличенных шагов t_y между зубьями

$$L_{пт} = 24 \cdot 1 + 16 \cdot (10 - 1) = 168 \text{ мм}$$

Так как длина трапецевидной протяжки меньше 250 мм, то ее нужно изготавливать цельной.

4.2.20. Определение величины подъема Δ заднего торца трапецевидной протяжки при выполнении фрезерования и шлифования канавок шириной 9.5 мм с углом профиля 30° для образования заднего угла на боковых сторонах лезвий.

$$\Delta = L_{пт} \cdot \sin\left[\arctg \frac{tg 5'}{\sin \frac{\beta}{2}}\right] = 168 \cdot 0,0055 = 0,924 \text{ мм}$$

Условие $\Delta \leq (h - h')$ выполняется т.к. $0,924 < 1,5$

4.2.21 Определение длины протяжки со сплошными лезвиями

$$L_{пс} = L_{черн} + L_{чист} + L_k + m + t_y \cdot i,$$

где $L_{чист}$ – длина чистовой части данной протяжки

$$L_{чист} = t_o \cdot Z_{чист} = 16 \cdot 3 = 48 \text{ мм}$$

$$L_k = t_o \cdot Z_k = 16 \cdot 4 = 64 \text{ мм}$$

Число чистовых и калибрующих зубьев выбираем в зависимости от шероховатости обработанной поверхности $Ra=1,6$, $Z_{чист} = 3$, $Z_k = 4$

$$L_{пс} = 168 + 48 + 64 = 280 \text{ мм}$$

Так как длины данных протяжек меньше 450 мм то их изготавливают цельными т.е. из одного куска стали (см. табл. 1.7, [33]).

4.2.22 Определение высоты протяжек по вершинам зубьев

При составлении таблиц для черновых протяжек в секции с трапецевидными лезвиями и черновой части чистовых протяжек в секции со сплошными лезвиями необходимо учесть, что подача на первую группу черновых (буферных) зубьев устанавливается перемещением стола станка с заготовкой в сторону ползуна на величину $S_{лим}$ или с помощью регулировочных клиньев при настройке блока, а подача на последних двух черновых (переходных) зубьях уменьшается ($0,6S_{лим}$ и $0,4S_{лим}$).

Определение высоты трапецевидной протяжки по вершинам зубьев.

$$(A_{черн} = 2,25 \text{ мм}; S_{лим} = 0,15 \text{ мм}; Z_{чернфакт} = 10)$$

Таблица 16

Высота протяжки по вершинам зубьев.

№ зуба	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Высота протяжки H_i ; мм	30	30,25	30,5	30,75	31	31,25	31,5	31,75	32	32
Подача на зуб $S_{\text{лим}}$	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,15	0,08	0,02	0,02
Величина снятого припуска (мм)	0,25	0,5	0,75	1	1,25	1,5	1,65	1,75	2	2,25
Остаток припуска мм	2	1,75	1,5	1,25	1	0,75	0,6	0,5	0,25	0

Определение высоты протяжки со сплошными лезвиями по вершинам зубьев.

Припуска $A_{\text{чистфакт}} = 0,15$ на 3 чистовых зубьях распределяется так чтобы подача была на них плавно убывающей.

$$Sz_7 = 0,08 \text{ мм}$$

$$Sz_8 = 0,05 \text{ мм}$$

$$Sz_9 = 0,02 \text{ мм}$$

Высота второй в секции протяжки – со сплошными лезвиями по вершинам зубьев ($A_o = 2,4 \text{ мм}$; $A_{\text{чернфакт}} = 2,25 \text{ мм}$; $A_{\text{чистфакт}} = 0,15 \text{ мм}$; $S_{\text{лим}} = 0,15 \text{ мм}$; $Z_{\text{чернфакт}} = 10$; $Z_{\text{чист}} = 3$; $Z_k = 4$)

Таблица 17

№ зуба	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Высота протяжки H_i ; мм	30	30,25	30,5	30,75	31	31,25	31,5	31,75	32	32	32,23	32,23	32,25	32,25	32,25	32,25	32,25
Подача на зуб $S_{\text{лим}}$	0,25	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0
Величина снятого припуска (мм)	0,25	0,5	0,75	1	1,25	1,5	1,65	1,75	2	2,25	2,25	2,25	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3
Остаток припуска мм	2	1,75	1,5	1,25	1	0,75	0,6	0,5	0,25	0,15	0,8	0,8	0	0	0	0	0

7.4.3. Компоновка блока протяжек

1. Обе протяжки будут располагаться в одном корпусе [33, раздел 8.19]. Так как в блоке будет всего 1 корпус, то его можно крепить непосредственно на ползуне станка, следовательно, необходимость плиты в данном проекте отпадает (рис. 8.3 и 8.5)[33]. Крепление протяжек к корпусу планкой-клином.

2. Длина корпуса по формуле 8.5 [33]:

$$L_k = D + L_{сек} + b_y + c,$$

где $L_{сек}$ – общая длина протяжек в секции (8.6).

Расстояние D от переднего торца до торца протяжки (секции) принимаем равным 10...20мм. Выбираем $D = 17$ мм:

$$L_{сек} = L_{ПТ} + a_y + L_{ПС},$$

где $a_y = (1,1 - 1,3) \cdot a$ [32, см. табл. 1.1], для стружечной канавки типа А по табл. 1.1 [32] при $t_0 = 16$ мм и $q = 5$ находим $a = t_0 - q = 16 - 5 = 11$ мм.

Тогда

$$a_y = (1,1 - 1,3) \cdot a = 1,18 \cdot 11 = 13 \text{ мм.}$$

Подставив в формулу (8.6) численное значение величин, получим:

$$L_{сек} = 168 + 13 + 280 = 461 \text{ мм.}$$

Размеры упора-планки $b_y \times h_y$ выбираем по табл. 7.3 [33] с учетом типа упора и усилия протягивания ($P_{п} = 45$ кН поверхности заготовки).

Принимаем тип упора А и $b_y = 18$ мм, $h_y = 11$ мм.

Расстояние от упора до торца корпуса C [33, см. рис. 8.3] принимаем равным ширине упора:

$$C = b_y = 18 \text{ мм.}$$

Определяем длину корпуса предварительно:

$$L_{кп} = 11 + 461 + 18 + 18 = 508 \text{ мм}$$

(принимаем $L_{кп} = 508$ мм).

Определяем количество U-образных крепежных пазов с правой и левой сторон корпуса- $n_{п}$.

Принимаем число пазов $n = 3$, находим значение двух E :

$$2E = 508 - 200 \cdot 2 = 108;$$

$$E = 108 / 2 = 54.$$

Расстояние E- от торцев корпуса до середины первых крепежных пазов должны быть по возможности одинаковыми и равны 30...80 мм.

Исходные данные: E=30...80 мм; расстояние между осями пазов - 200мм(по станку).

Подставив в формулу (8.5) численное значение величин, получим:

$$L_k = 508 \text{ мм.}$$

Для передачи усилия с ползуна на корпус используется упор-шпонка шириной 42h7 (см. рис. 8.3,) [33], которая устанавливается в поперечный паз шириной 42H7.

Для транспортировки протяжного блока с верстака на станок и обратно на заднем торце корпуса вворачивается рым-болт.

3. Ширина корпуса B_k определяется как сумма размеров конструктивных элементов корпуса, протяжки и клиновидной крепежной планки, принятых конструктивно.

$$B_k = 36 + 3 + 24 = ((15 + 40) * 2) = 173 \text{ мм.}$$

Ширина корпуса – см. рис 20.

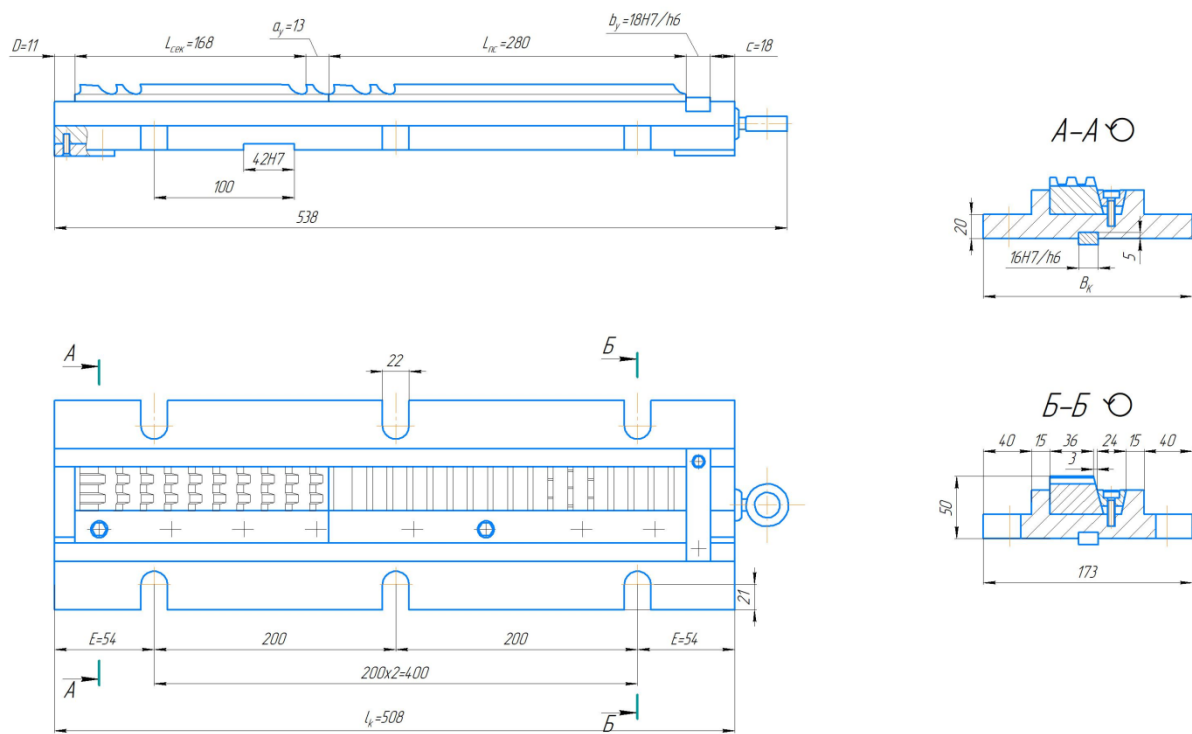


Рис. 20. Компоновочная схема блока протяжек

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В технологической части бакалаврской работы установили тип производства плиты 7306-4522-001 ТП – мелкосерийный. конструкция Приспособление для сверления и плита были отработаны на технологичность. Спроектировали два варианта маршрутных ТП изготовления плиты 7306-4522-001, выполнили анализ точности разработанных вариантов, определили межпереходные припуски на механическую обработку, рассчитали режимы резания. Рассчитали и спроектировали приспособление для программной обработки плиты 7306-4522-001.

В разделе "Экономическое обоснование выбранного технологического процесса" на основе рассчитанных экономических показателей было получено значение экономического эффекта от внедрения второго варианта технологического процесса (годовой экономический эффект равен 1956,85 тыс. руб).

Выполнена модернизация коробки скоростей вертикально-сверлильного станка мод. 2А135. Разработана кинематическая схема новой коробки скоростей и график частот вращения шпинделя станка. Выполнены прочностные расчеты зубчатых колес, валов. Выбраны подшипники качения. В графической части представлена развертка и кинематическая схема коробки скоростей.

В соответствии с заданием спроектированы режущие инструменты и вспомогательную оснастку: призматический фасонный резец; червячно-модульная фреза для обработки прямозубых и косозубых цилиндрических колес наружного зацепления; метчик-протяжка; блок протяжек, который включает в себя две протяжки с трапециевидными и сплошными лезвиями; шаблон для контроля профиля резца и контршаблон для контроля профиля шаблона; державка для крепления фасонного резца на станке.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ансеров, М.А. Приспособления для металлорежущих станков / А.Л. Ансеров. – М.:Машиностроение, 1975. – 656 с.
2. Богданв, В.В. Вопросы экономики, организации производства и менеджмента: Учебное пособие / В.В. Богданов, В.А. Щёпочкин, Т.Н. Шубина. – Ульяновск: УлГТУ, 2013. -133 с.
3. Горошкин, А.К. Приспособления для металлорежущих станков / А.К. Горошкин. М.: машиностроение, 1979. – 303 с.
4. Гурьянихин, В.Ф. Проектирование приспособлений / В.Ф. Гурьянихин. – Ульяновск, 1987. – 40 с.
5. Колесов, И.М. Основы технологии машиностроения: учебник для машиностроительных вузов / И.М. Колесов. – М.: машиностроение, 1997. – 592 с.
6. Корсаков, В.С. Основы конструирования приспособлений в машиностроении / В.С. Корсаков. – М. Машиностроение . 1983. - 277 с.
7. Общемашиностроительные нормативы времени на слесарную обработку деталей и слесарно сборочные работы о сборке машин. Мелкосерийное и единичное производства. – М.: машиностроение , 1974 – 220 с.
8. Прейскурант №25-01 – Оптовые цены на отливки, поковки, прокат, горячие штамповки и черновую механическую обработку заготовок. М.: Прейскурант издат, 1981. – 463 с.
9. Режимы резания металлов. Справочник. / под ред. Ю.В. Барановского. – М.: машиностроение , 1972. -407 с.
10. Справочник технолога машиностроителя: в 2-х томах / под ред. А.М. Дальского, А.Г. Косиловской, Р.К. Мезерякова. – М.: Машиностроение, 2001. – 912 с.
11. Справочник конструктора машиностроителя : в 3-х т. /В.И. Анурьев. – М.: Машиностроение , 1978. -559 с.
12. Станочные приспособления. Справочник в 2-х т. /В.И. Анурев. –М.: Машиностроение 1983. – 346 с.
13. Технология машиностроения/ А.А. Гусев, Е.Р. Ковальчук, И.М. Колесов. – М.: Машиностроение, 1986. -480 с.
14. Худобин, Л.В. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие для машиностроительных специальностей вузов / Л.В. Худобин, В.Ф. Гурьянихин, В.Р. Берзин – М.: Машиностроение, 1989. – 288 с.
15. Худобин, Л.В. Разработка технологических процессов сборки в курсовых и дипломных проектах/ Л.В. Худобин, В.Ф. Гурьянихин, М.А. Белов. – Ульяновск: УлГТУ, 2007. -130 с.
16. Худобин, Л.В. Расчёт и проектирование специальных средств технологического оснащения в курсовых и дипломных проектах / Л.В. Худобин, В.Ф. гурьянихин, В.Р. Брзин. - Ульяновск : УлГТУ, 1997. -64 с.
17. KoroKey. Просто выбрать. Легко собрать. Sandvik Coromant, 2010. – 216 с.
18. Korloy? 2015: Электронный ресурс <http://korloy-tools.ru/doc/korloy-polnyy-katalog-instrumenta-2014-2015-god.html>
19. SCHUNK, 2010. -386 с. Электронный ресурс <http://instek.su/schunk-tisky>

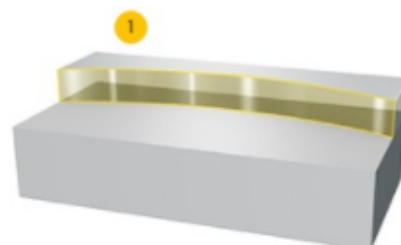
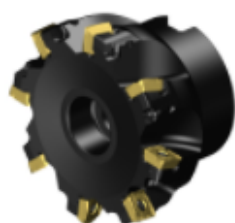
- 20 Кочергин А.И. Конструирование и расчет металлорежущих станков и станочных комплексов. Курсовое проектирование: Учеб. пособие для вузов. – Мн.: Высш. Шк., 1991. – 382 с.
- 21 Анурьев В.Н. Справочник конструктора-машиностроителя. Т. 2. М.: Машиностроение, 1992. – 784 с
- 22 Киреев Г.И. Комплексный расчет коробок скоростей на ЕС - ЭВМ: Учебное пособие. – Ульяновск: УлГТУ, 1984. – 42 с.
- 23 Шестернинов А.В., Горшков Г.М., Филиппов М.Ю. Расчет приводов подач металлорежущих станков с применением ЭВМ: Учебное пособие. – Ульяновск: УлГТУ, 1992. – 50 с.
- 24 Шестернинов А.В., Кирилин Ю.В. Проектирование механизмов ручного управления коробками скоростей и подач металлорежущих станков: Учебное пособие. – Ульяновск: УлГТУ, 2002. – 88 с.
- 25 Детали и механизмы металлорежущих станков Т. 2./ под ред. Д.И. Решетова. М.: Машиностроение, 1972. 405 с.
- 26 Ачеркан Н.С. Металлорежущие станки. Т. 2. М.: Машиностроение, 1965. 628 с.
- 27 Тематика, содержание и оформление курсовых проектов по металлорежущим станкам: Методические указания для студентов специальности 1201/ Составители: А.В. Шестернинов, Ю.В. Кирилин, И.В. Антонец. Ульяновск: УлГТУ, 2002. 50 с.
- 28 Детали машин: Атлас конструкций: Учебное пособие для машиностроительных вузов / Под ред. Д.Н. Решетова. 4-е изд., перераб., доп. М.: Машиностроение, 1979. 367 с.
- 29 Смирнов, М. Ю. Расчет и проектирование фасонных резцов : учебное пособие / М. Ю. Смирнов, Г. И. Киреев, В. В. Демидов. – Ульяновск :УлГТУ, 2011. – 77 с.
- 30 Киреев Г. И. Проектирование метчиков и круглых плашек: учебное пособие. –Ульяновск: УлГТУ, 2008. – 107 с.
- 31 Палей М.А. и др. Допуски и посадки. Справочник: в 2 частях.ч.2, седьмое изд., перераб. и доп. – Палей М.А.: Политехника:1991.-607с.
- 32 Прудников Ю. П. Расчет и проектирование зуборезных инструментов : учеб. пособие / Ю. П. Прудников, Г. И. Киреев, В. П. Табаков. – Ульяновск : УлГТУ, 2001. – 164 с.
- 33 Киреев Г.И Расчет и проектирование протяжек: в 2 ч Ч.2. Наружные плоские и круглые протяжки : учебное пособие/ Г.И.Киреев, В.В.Демидов, М.Ю.Смирнов: Ульяновск: УЛГТУ, 2005.-78с
- 34 Киреев Г. И. Курсовое проектирование по режущему инструменту : методические указания для студентов специальности 151001 / сост. Г. И. Киреев, В. В. Демидов. – Ульяновск :УлГТУ, 2010. – 33 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Режимы резания и выбранный РИ

Выбор режимов резания произведем с помощью каталога фирмы *Coromant*. Расчет режимов резания производим с помощью специализированной программы *CoroPlus ToolGuide*.



CoroMill 490



490-063Q22-08H
Инструмент



490R-08T308M-PH 4330
Торцевая пластина

Arbor-ISO 6462 -A (hexagon socket head cap screw) -metric: 22

Диаметр резания	63
DC	mm
Мак глубина резания	5.5
APMX	mm
Стойкость, дет.	226
TLIFEC	Поверхности
Время обработки на элемент	00:13.260
TMF	мин:с

Создайте инструментальную сборку



ШАГИ **1**

ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА

Скорость резания	337
VC	m/min
Подача на зуб	0.2
FZ	mm

Показать подробности

Информация 

Продолжение прил. 1

СВЕРЛЕНИЕ СВЁРЛАМИ С МОНОЛИТНОЙ
РЕЖУЩЕЙ ЧАСТЬ. / ЦЕЛЬН.

РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ



CoroDrill 860

 860.1-1000-031A1-PM
4234
Инструмент 

Cylindrical shank (DIN1835-A / DIN6535-HA) -
metric: 10

Стойкость, дет.	2060
TLIFEC	Отверстия
Время обработки на элемент	00:00.612
TMF	мин:с

[Создайте инструментальную сборку](#)

 **ШАГИ** 1

СВЕРЛЕНИЕ СВЁРЛАМИ С СИММЕТРИЧНОЙ
ВЕРШИНОЙ

Скорость резания	178
VC	m/min
Подача на оборот	0.3
FN	mm
Минутная подача	1700
VF	mm/min

[Показать подробности](#)

Информация 

Продолжение прил. 1

СВЕРЛЕНИЕ СВЕРЛАМИ С МОНОЛИТНОЙ
РЕЖУЩЕЙ ЧАСТЬ. / ЦЕЛЬН.



CoroDrill 860

 860.1-0680-024A1-PM
4234
Инструмент 

Cylindrical shank (DIN1835-A / DIN6535-HA) -
metric: 8

Стойкость, дет.	2270
TLIFEC	Отверстия
Время обработки на элемент	00:00.540
TMF	мин:с

[Создайте инструментальную сборку](#)

РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ



 ШАГИ 1

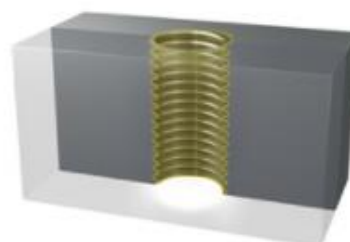
СВЕРЛЕНИЕ СВЕРЛАМИ С СИММЕТРИЧНОЙ
ВЕРШИНОЙ

Скорость резания	182
VC	m/min
Подача на оборот	0.22
FN	mm
Минутная подача	1870
VF	mm/min

[Показать подробности](#)

Информация 

Продолжение прил. 1



CoroTap 200

 T200-PM101JA-M8 P1PM
Инструмент 

Tap shank JIS -metric: 6.20 x 5.00

Стойкость, дет.	10700
TLIFEC	Резьба
Время обработки на элемент	00:02.232
TMF	мин:с

[Создайте инструментальную сборку](#)

ШАГИ 1

НАРЕЗАНИЕ РЕЗЬБЫ МЕТЧИКОМ

Скорость резания	43.9
VC	m/min
Подача на оборот	1.25
FN	mm

[Показать подробности](#)

Информация 

 [Выбрать сверло для отверстия под резьбу](#)

Активация Windows

Продолжение прил. 2

Спецификация приспособления

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Справ. №		A4				Документация		
		A1				Пояснительная записка		
						Чертеж сборочный		
						Сборочные единицы		
			1	001	Привод пневматический поршневой	1		
					ГОСТ 15608-81			
						Детали		
Подп. и дата			2	002	Болт	4		
			3	003	Губка неподвижная	1		
			4	004	Губка подвижная	1		
			5	005	Корпус	1		
			6	006	Основание	1		
			7	007	Ось	1		
			8	008	Пластина	1		
			9	009	Плита	1		
			10	010	Пластина	1		
			11	011	Шток	1		
		Взам. инв. №						
Подп. и дата								
Инв. № подл.								
Изм. Лист								
Разраб. Проб.								
Н.контр. Утв.								
Изм. Лист № докум. Подп. Дата Проектирование тисков пневматических для обработки детали "Плита" Сборочный чертеж Лит. Лист Листов K 1 2								
Копировал						Формат A4		

Окончание прил. 3

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		14		Болт 7002-0365	4	
				ГОСТ 12201-66		
		15		Винт М10 х 30	4	
				ГОСТ 11738-84		
		16		Винт М10 х 40	4	
				ГОСТ 11738-84		
		17		Винт М12 х 40	4	
				ГОСТ 11738-84		
		18		Винт М14 х 40	4	
				ГОСТ 11738-84		
		19		Гайка М18	1	
				ГОСТ 2526-70		
		20		Гайка М12	4	
				ГОСТ 5915-70		
		21		Гайка 7003-0305	4	
				ГОСТ 8918-69		
		22		Рычаг угловой 7018-0468	1	
				ГОСТ 12473-67		
		23		Шайба 12	4	
				ГОСТ 11371-78		
		24		Штифт 10 х 55	4	
				ГОСТ 3128-70		
				Прочие изделия		
		25		Кольцо уплотнительное $\phi 25$	1	
				ГОСТ 9833-73		
		26		Кольцо уплотнительное $\phi 100$	1	
				ГОСТ 9833-73		
		27		Прокладка уплотнительная	1	Комплект
				ГОСТ 15180-86		
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № докл.	Подп. и дата	Лист	
					2	
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Копировал	
					Формат А4	

Результаты расчётов в программе «Шестерня и Вал»

Вал II – III модуль

Группа:	Дата:
Студент:	

* РАСЧЕТ МОДУЛЯ ПРЯМОУГОЛЬНОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ЗУБЧАТОЙ ПЕРЕДАЧИ *

----- Исходные данные -----

Крутящий момент на шестерне: 53.7 Н·м
Частота вращения шестерни: 600 1/мин
Относительная ширина шестерни: 0.2
Число зубьев шестерни: 24
Число зубьев колеса: 60
Степень точности зубчатой передачи: 7
Код расположения передачи: 2 (асимметричное)

----- Параметры материала -----

Марка материала: Сталь 40Х
Допускаемое контактное напряжение: 550 МПа
Допускаемое изгибное напряжение: 200 МПа
Термообработка: Нормализация
Твёрдость: HB 210-230
Базовое число циклов: 10 млн.

----- Результаты расчёта -----

Модуль по контактным напряжениям: 3.3040 мм
Модуль по изгибным напряжениям: 3.0249 мм
Стандартный модуль: 3.5000 мм
Межосевое расстояние: 147.0000 мм
Ширина шестерни: 16.8000 мм
Окружная скорость: 2.6389 м/с

Вал III–IV модуль

Группа:	Дата:
Студент:	

* РАСЧЕТ МОДУЛЯ ПРЯМОУГОЛЬНОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ЗУБЧАТОЙ ПЕРЕДАЧИ *

----- Исходные данные -----

Крутящий момент на шестерне: 103.1 Н·м
Частота вращения шестерни: 600 1/мин
Относительная ширина шестерни: 0.2
Число зубьев шестерни: 33
Число зубьев колеса: 67
Степень точности зубчатой передачи: 7
Код расположения передачи: 2 (асимметричное)

----- Параметры материала -----

Марка материала: Сталь 40Х
Допускаемое контактное напряжение: 550 МПа
Допускаемое изгибное напряжение: 200 МПа
Термообработка: Нормализация
Твёрдость: HB 210-230
Базовое число циклов: 10 млн.

----- Результаты расчёта -----

Модуль по контактным напряжениям: 3.0477 мм
Модуль по изгибным напряжениям: 2.9992 мм
Стандартный модуль: 3.5000 мм
Межосевое расстояние: 175.0000 мм
Ширина шестерни: 23.1000 мм
Окружная скорость: 3.6285 м/с

Продолжение прил. 4

Группа:

Дата:

Студент:

* РАСЧЕТ МОДУЛЯ ПРЯМОЗУБОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ЗУБЧАТОЙ ПЕРЕДАЧИ *

----- Исходные данные -----

Крутящий момент на шестерне: 201.1 Н·м
Частота вращения шестерни: 600 1/мин
Относительная ширина шестерни: 0.2
Число зубьев шестерни: 20
Число зубьев колеса: 80
Степень точности зубчатой передачи: 7
Код расположения передачи: 2 (асимметричное)

----- Параметры материала -----

Марка материала: Сталь 40Х
Допускаемое контактное напряжение: 550 МПа
Допускаемое изгибное напряжение: 200 МПа
Термообработка: Нормализация
Твёрдость: HB 210-230
Базовое число циклов: 10 млн.

----- Результаты расчёта -----

Модуль по контактным напряжениям: 5.9857 мм
Модуль по изгибным напряжениям: 5.3741 мм
Стандартный модуль: 6.0000 мм
Межосевое расстояние: 300.0000 мм
Ширина шестерни: 24.0000 мм
Окружная скорость: 3.7699 м/с

Вал II

==== РАСЧЁТ ПОДШИПНИКОВЫХ ОПОР ВАЛА ====

----- Исходные данные -----

Расстояние A: 30 мм
 Расстояние B: 100 мм
 Расстояние L: 381 мм
 Сила P: 701.6 Н
 Сила Q: 0 Н
 Угол между силами P и Q: 0°
 Частота вращения вала: 600 об/мин

----- Результаты расчёта -----

Опорная реакция

левой опоры = 646.36 Н

правой опоры = 55.24 Н

Статистическая грузоподъемность подшипников

левой опоры = 646.36 Н

правой опоры = 55.24 Н

Динамическая грузоподъемность подшипников

левой опоры = 5510.90 Н

правой опоры = 471.02 Н

Опасные сечения вала

1 сечение:

расстояние от левого конца вала = 30.00 мм

изгибающий момент = 19.39 Н·м

2 сечение:

расстояние от левого конца вала = 100.00 мм

изгибающий момент = 15.52 Н·м

Продолжение прил. 4

Вал III

==== РАСЧЁТ ПОДШИПНИКОВЫХ ОПОР ВАЛА ====
----- Исходные данные -----
Расстояние A: 30 мм
Расстояние B: 182 мм
Расстояние L: 381 мм
Сила P: 513.4 Н
Сила Q: 933.4 Н
Угол между силами P и Q: 0°
Частота вращения вала: 315 об/мин
----- Результаты расчёта -----
Опорная реакция
левой опоры = 960.50 Н
правой опоры = 486.30 Н
Статистическая грузоподъемность подшипников
левой опоры = 960.50 Н
правой опоры = 486.30 Н
Динамическая грузоподъемность подшипников
левой опоры = 6606.40 Н
правой опоры = 3344.80 Н
Опасные сечения вала
1 сечение:
расстояние от левого конца вала = 30.00 мм
изгибающий момент = 28.81 Н·м
2 сечение:
расстояние от левого конца вала = 182.00 мм
изгибающий момент = 96.77 Н·м

Продолжение прил. 4

Вал IV

==== РАСЧЁТ ПОДШИПНИКОВЫХ ОПОР ВАЛА ====
----- Исходные данные -----
Расстояние A: 182 мм
Расстояние B: 415 мм
Расстояние L: 540 мм
Сила P: 869.1 Н
Сила Q: 940.5 Н
Угол между силами P и Q: 0°
Частота вращения вала: 160 об/мин
----- Результаты расчёта -----
Опорная реакция
левой опоры = 793.89 Н
правой опоры = 1015.70 Н
Статистическая грузоподъемность подшипников
левой опоры = 793.89 Н
правой опоры = 1015.70 Н
Динамическая грузоподъемность подшипников
левой опоры = 4356.80 Н
правой опоры = 5574.10 Н
Опасные сечения вала
1 сечение:
расстояние от левого конца вала = 182.00 мм
изгибающий момент = 144.49 Н·м
2 сечение:
расстояние от левого конца вала = 415.00 мм
изгибающий момент = 126.96 Н·м

Окончание прил. 4

Вал V

==== РАСЧЁТ ПОДШИПНИКОВЫХ ОПОР ВАЛА ====

----- Исходные данные -----

Расстояние A: 415 мм
 Расстояние B: 420 мм
 Расстояние L: 540 мм
 Сила P: 1398 Н
 Сила Q: 0 Н
 Угол между силами P и Q: 0°
 Частота вращения вала: 40 об/мин

----- Результаты расчёта -----

Опорная реакция
 левой опоры = 323.61 Н
 правой опоры = 1074.40 Н
 Статистическая грузоподъемность подшипников
 левой опоры = 323.61 Н
 правой опоры = 1074.40 Н

Динамическая грузоподъемность подшипников
 левой опоры = 1118.80 Н
 правой опоры = 3714.30 Н

Опасные сечения вала
 1 сечение:
 расстояние от левого конца вала = 415.00 мм
 изгибающий момент = 134.30 Н·м
 2 сечение:

расстояние от левого конца вала = 420.00 мм
 изгибающий момент = 128.93 Н·м