

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Степанов Павел Иванович
Должность: Руководитель НТИ НИЯУ МИФИ
Дата подписания: 27.02.2026 08:25:33
Уникальный программный ключ:
8c65c591e26b2d8e460927740cf752622aa3b295

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего профессионального образования**

«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

НОВОУРАЛЬСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

КАФЕДРА ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ

«Нормирование точности в машиностроении»

НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ДЕТАЛЕЙ СБОРОЧНОЙ ЕДИНИЦЫ

Методические указания и сборник заданий
по выполнению курсовой работы
для студентов по направлению подготовки 15.03.05
«Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств»
(все формы обучения)

Новоуральск

2015

УДК 621.753 (075.5)

МиМ _____ . 15

Автор: к.т.н., доцент кафедры ТМ, Лагуткин Станислав Владимирович

Нормирование точности деталей сборочной единицы. Методические указания и сборник заданий по выполнению курсовой работы по дисциплине «Нормирование точности в машиностроении» для студентов по направлению подготовки 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» (все формы обучения). – Новоуральск: НТИ НИЯУ «МИФИ», 2015. – 44 с.

Рецензент: д.т.н., профессор, Беляев Арнольд Ефραίимович

Методические указания рассмотрены на заседании кафедры ТМ

« _____ » _____ 2015 г. Протокол №

Зав.кафедрой ТМ, к.т.н., доцент

В.В. Закураев

СОГЛАСОВАНО:

Председатель методсовета НТИ НИЯУ «МИФИ»

д.т.н., профессор

А.Е. Беляев

Содержание

1 Методические указания по выполнению курсовой работы	4
1.1 Нормирование точности гладких соединений	5
1.1.1 Соединения гладких валов и отверстий	5
1.1.2 Контроль размеров гладкими калибрами	8
1.1.3 Допуски и посадки подшипников качения на вал и в корпус	9
1.1.4 Допуски размеров, входящих в размерные цепи	10
1.2 Нормирование точности типовых соединений сложного профиля	13
1.2.1 Нормирование точности метрической резьбы	13
1.2.2 Нормирование точности шпоночных соединений	16
1.2.3 Нормирование точности шлицевых соединений	17
1.2.4 Нормирование точности цилиндрических зубчатых передач	18
1.3 Памятка для самоконтроля по разделам работы	20
1.4 Нормативные документы	22
2 Варианты заданий курсовых работ	23
2.1 Привод манипулятора промышленного робота	23
2.2 Часть раздаточной коробки автомобиля	26
2.3 Механизм поворота руки манипулятора	29
2.4 Часть коробки скоростей металлорежущего станка	32
2.5 Узел включения кривошипа прессы	35
2.6 Шпиндельная группа фрезерной головки станка	38
3 Контроль знаний	41
Список литературы	42
Приложение	43

1 Методические указания по выполнению курсовой работы

По дисциплине "Нормирование точности в машиностроении" студенты машиностроительных специальностей в соответствии со своими учебными планами выполняют курсовую работу. Студенты остальных специальностей, в учебных планах которых по данной дисциплине курсовая работа не предусмотрена, выполняют ее частично в виде индивидуальной расчетно-графической работы в счет часов, отведенных на самостоятельную работу.

Студенты заочной формы обучения представляют указанную работу в виде нескольких контрольных заданий по дисциплине. Задания и номера вариантов для студентов назначаются преподавателем, консультирующим группу студентов.

Работа представляется студентами в виде расчетно-пояснительной записки со схемами и эскизами в тексте.

Расчетно-пояснительная записка включает:

- титульный лист (см. приложение);
- задание, состоящее из сборочного чертежа механизма (ксерокопия), описания его работы и таблицы с числовыми значениями исходных данных в зависимости от номера варианта;
- содержание выполненной работы, состоящее из разделов с расчетами, пояснительными таблицами и эскизами;
- список использованной литературы.

В тексте должны быть указаны ссылки на использованную литературу. Например: [1, 5] или с указанием страницы и номера таблицы [3, с.12, табл.1.1].

Записка оформляется по требованиям СТО НТИ-1-2013, разработанным на базе стандартов ЕСКД, и заключается в обложку.

Задания по разделам студенты должны выполнять по мере изложения материала на лекциях и представлять их в предварительном варианте на просмотр преподавателю. При этом студент должен сам, используя памятку для самоконтроля, устранить типовые недочеты.

Преподаватель ставит дату просмотра после каждого предъявления студентом очередной законченной части задания. Студенту при доработке тем замечания преподавателя стирать НЕ РАЗРЕШАЕТСЯ.

Без зачтенной курсовой работы студент к экзамену (при его наличии) не допускается. После приема экзамена курсовая работа студенту не возвращается.

При введении в действие новых стандартов (о чем студентам сообщается на лекциях) курсовая работа выполняется в соответствии с их требованиями.

1.1 Нормирование точности гладких соединений

1.1.1 Соединения гладких валов и отверстий

Для D_1 и D_2 назначить посадки методом подобия, а для D_3 посадку определить расчетным методом по заданным предельным значениям зазоров или натягов. Для всех трех соединений вычертить эскизы деталей и назначить шероховатость, допуски формы и расположения поверхностей (расчетным методом для более точных квалитетов).

Таблица 1.1 – Карта исходных данных для гладких соединений

Наименования исходных данных	Значения исходных данных		
	D_1	D_2	D_3
Номинальный размер соединения, мм			
Название деталей, входящих в соединение			
Заданные характеристики для расчетного метода назначения посадок, мкм: $S_{\max} (N_{\max}); S_{\min} (N_{\min})$			
Требования, предъявляемые к работе соединения при назначении посадок методом подобия (из описания к чертежу)			

Исходя из условий работы механизма, назначить тип посадки и вид сопряжения, затем выбрать квалитет точности, учитывая условия эксплуатации соединения. Рекомендации по выбору системы отверстия или вала, квалитета подвижных или неподвижных посадок можно найти в литературе [1, 2, 3, 6].

При назначении посадок необходимо особое внимание обратить на выбор системы посадки. Предпочтительно использовать посадки в **системе отверстия (CH)**, посадки в **системе вала (Ch)** должны быть экономически обоснованы.

При расчетном методе квалитет соединения определяется по заданным предельным характеристикам посадки, по которым рассчитывается допуск посадки:

- с зазором: $TS = S_{\max} - S_{\min}$;
- с натягом: $TN = N_{\max} - N_{\min}$;
- переходных: $TSN = S_{\max} + N_{\max}$.

Далее по известному номинальному размеру определяется единица допуска и находится число единиц допуска посадки, которое характеризует квалитет соединения:

$$TS(TN) = a_{S(N)} i = TD + Td = a_D i + a_d i = i(a_D + a_d),$$
$$a_{S(N)} = TS(TN) / i,$$

где $a_D + a_d = a_{S(N)}$ – количество единиц допуска посадки с зазором (натягом), выраженное через a_D и a_d – числа единиц допуска отверстия и вала соответственно;

$i = 0,1 IT6$ – единица допуска, значение определяется [1, табл.1.1; 2] для интервала размеров, в котором находится номинальный размер отверстия или вала (в посадке $D = d$).

Можно принять одинаковые квалитеты для вала и отверстия или для отверстия на один или два квалитета грубее, чем для вала. Назначить основные отклонения сопрягаемых деталей и подобрать стандартные поля допусков, учитывая заданные предельные характеристики соединения. Например, для посадок:

– с зазором: $S_{\max} = Es - ei$; $S_{\min} = Ei - es$;

– с натягом: $N_{\max} = es - Ei$; $N_{\min} = ei - ES$;

– переходных: $N_{\max} = es - Ei$; $S_{\max} = ES - ei$.

Если для осуществления посадки с зазором назначена CH , тогда положение поля допуска вала определится через известные величины EI ; ES ; S_{\max} ; S_{\min} :

$es = - (S_{\min} - EI)$ – основное отклонение вала (верхнее);

$ei = - (S_{\max} - ES)$ или $ei = es - IT$ – второе отклонение вала (нижнее).

Посадки записать согласно ГОСТ 2.307 в смешанном обозначении на сборочном чертеже выданного задания. Числовые значения отклонений определить по ГОСТ 25347 и ГОСТ 25346 или по учебным пособиям [1, 3, 6].

Схемы расположения полей допусков назначенных посадок следует изображать подобно примеру (рис.1.1) или [1, 3, 6] (предельные отклонения допускаются задавать в мкм или мм, соблюдая одну размерность по всей работе). Предельные размеры поверхностей деталей определять по схеме и записывать в виде конечного результата.

Проверить правильность назначенных посадок по величине допуска:

$$TS(TN) = TD + Td = S_{\max} - S_{\min} \text{ или } (N_{\max} - N_{\min}).$$

Для посадок с зазором требуется выполнение условий:

$$S_{\min \text{ табл.}} \approx S_{\min \text{ зад.}}, \text{ а } S_{\max \text{ табл.}} \leq S_{\max \text{ зад.}}$$

Для посадки с натягом должны выполняться следующие условия:

$$N_{\min \text{ табл.}} \geq N_{\min \text{ зад.}} \text{ и } N_{\max \text{ табл.}} \approx N_{\max \text{ зад.}}$$

Допускаемая погрешность может составлять $\pm 10\%$ [1, 3, 6].

Наименьший зазор необходим для размещения смазки и для компенсации температурных деформаций, а принятый наибольший зазор должен быть меньше заданного, чтобы продлить срок службы изделия.

Наибольший натяг определяет прочность деталей (разрыв втулки), а наименьший принятый – надежность выполнения соединения и может быть больше расчетного.

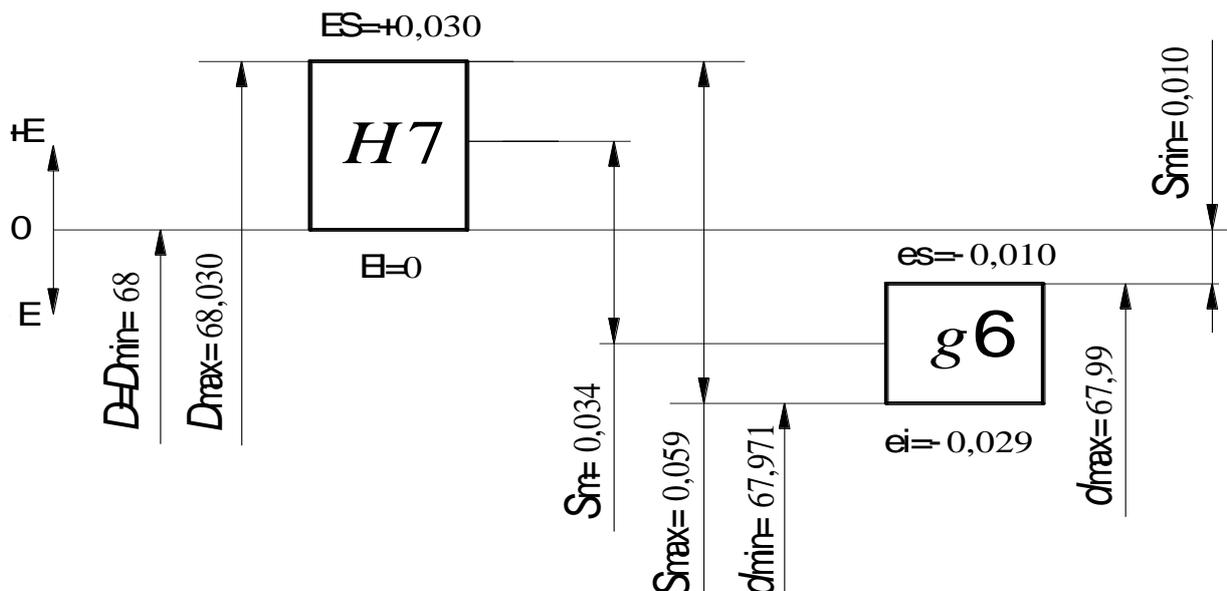


Рис.1.1 Схема расположения полей допусков

Выполнение эскизов

При составлении эскизов размеры элементов деталей назначать исходя из получающегося масштаба для заданного размера в соединении. Масштаб эскиза может быть произвольным.

На эскизах деталей, входящих в соединение, к сопрягаемым поверхностям нанести требования по точности размеров (смешанным способом), требования по шероховатости, допуски формы и расположения поверхностей. Правила нанесения требований – см. ГОСТ 2.307, ГОСТ 2.308, ГОСТ 2.309.

Для первых двух соединений допуски формы и шероховатость поверхностей определить методом подобия, для соединения с расчетной посадкой – расчетным методом. Назначение шероховатости в зависимости от качества и вида поверхности – см. рекомендации в учебном пособии [1, 2] или в справочнике [3, 6]. Назначение допусков формы и расположения – [1, 3, 6].

1.1.2 Контроль размеров гладкими калибрами

Для одного из трех соединений спроектировать калибры для контроля вала и отверстия (не рекомендуется проектировать калибры для посадки $H7/k6$, так как эта посадка встречается в большинстве вариантов).

По номинальному размеру и качеству отверстия или вала выбранной посадки найти из таблиц стандарта ГОСТ 24853 [1, 4] отклонения и допуски на калибры – пробку и скобу, а также контркалибры К-И, К-ПР, К-НЕ.

Построить схемы расположения полей допусков калибров и контркалибров с указанием условных обозначений и числовых значений допусков и отклонений (мкм). Обозначить все имеющиеся на схеме поля допусков [1, 4].

Вычертить эскизы калибров. В качестве исполнительного размера рабочих поверхностей на эскизах калибров указать тот из двух его предельных размеров, который соответствует максимуму металла (наименьший – для скоб, наибольший – для пробок). При этом весь допуск всегда будет направлен "в тело", т.е. для скоб он будет указан в виде положительного, а для пробок – отрицательного отклонения [4].

На эскизах калибров следует указать исполнительные размеры, допуски формы (для пробок), шероховатость рабочих поверхностей, основные размеры элементов конструкции калибра и маркировку. Маркировка калибров должна содержать условное обозначение контролируемого поля допуска, обозначение вида измерительных поверхностей (ПР; НЕ) и ниже (у скоб – напротив) величину соответствующего предельного отклонения контролируемой поверхности со знаком "+" или "-". Размеры поверхностей с накаткой (ручки калибров-пробок) и толщина по теплоизоляционным насеченным накладкам калибров-скоб должны иметь впереди знак \approx . Примеры эскизов даны в [1, 4].

1.1.3 Допуски и посадки подшипников качения на вал и в корпус

Для заданного подшипника назначить посадки внутреннего и наружного колец на вал и в корпус. Вычертить эскизы подшипникового узла и посадочных поверхностей вала и корпуса под подшипник.

Таблица 1.2 – Карта исходных данных для подшипников

Наименования исходных данных	Значения исходных данных
Условное обозначение подшипника	
Номер позиции по чертежу	
Радиальная нагрузка P_r , кН	
Режим работы подшипника, перегрузки, %	
Укажите, какая деталь вращается (вал, корпус, обе в разное время)	
Конструкция вала (по чертежу): сплошной? Конструкция корпуса: разъемный?	

Расшифровать условное обозначение подшипника по ГОСТ 3189. Определить внутренний диаметр подшипника, серию диаметров, тип подшипника, серию по ширине, класс точности. Определить конструктивные размеры, необходимые для последующих расчетов: присоединительный диаметр наружного кольца, ширину колец и радиусы закругления торцов колец. Предельные отклонения на наружные и внутренние кольца подшипников определяют по ГОСТ 520 для среднего диаметра по ΔD_{mp} (Δd_{mp}) в зависимости от типа и класса точности подшипника [1, 3, 6].

Согласно условиям работы механизма далее следует определить вид нагружения для каждого из колец. Для циркуляционно-нагруженного кольца рассчитать интенсивность радиальной нагрузки и подобрать посадку по ее величине [1, табл.4.12; 3; 6]. После чего для кольца с местным нагружением подобрать посадку согласно таблицам ГОСТ 3325 или [1, табл.4.13; 3; 6].

Графические иллюстрации по данной теме включают:

- упрощенный эскиз собранного подшипникового узла с указанием в смешанном обозначении назначенных посадок;
- эскизы посадочных поверхностей деталей, к которым присоединяется подшипник, с указанием для них размеров и точности в смешанном обозначении, технических требований к форме и расположению цилиндрической и опорной торцевой (заплечик) поверхностей и минимально необходимой шероховатости поверхностей.

Шероховатость посадочных и торцевых поверхностей деталей под кольца подшипников определяют в зависимости от класса точности и номинальных диаметров D и d присоединительных поверхностей колец подшипника [1, 3, 6].

1.1.4 Допуски размеров, входящих в размерные цепи

Для сборочной единицы заданного варианта размерной цепи решить **прямую задачу** методом максимума-минимума (методом полной взаимозаменяемости), т.е. по заданным предельным размерам замыкающего звена назначить предельные отклонения на составляющие звенья, номинальные размеры которых установлены. Порядок расчета приведен в [1, 2, 3, 6].

Рассчитать номинальный размер A_{Δ} замыкающего звена по формуле:

$$A_{\Delta} = \sum_{j=1}^{m-1} \xi_j \cdot A_j.$$

Определить верхние ES_{Δ} и нижние EI_{Δ} предельные отклонения и допуск T_{Δ} замыкающего размера (звена) по формулам:

$$ES_{\Delta} = A_{\Delta \max} - A_{\Delta}; \quad EI_{\Delta} = A_{\Delta \min} - A_{\Delta}; \\ T_{\Delta} = A_{\Delta \max} - A_{\Delta \min} = ES_{\Delta} - EI_{\Delta}.$$

Найти средний квалитет составляющих размеров (звеньев) размерной цепи по среднему числу единиц допуска a_m , приходящемуся на одно звено, исключая стандартизованные (размеры подшипников качения и т.д.), если таковые имеются, по формулам:

а) количество звеньев цепи меньше пяти: $a_m = \frac{T'_{\Delta} \cdot 10^3}{\sum_{j=1}^{m-1-k} i_j}$,

б) количество звеньев цепи больше пяти: $a_m = \frac{T'_{\Delta} \cdot 10^3}{k \sqrt{\sum_{j=1}^{m-1-k} i_j^2}}$,

где T'_{Δ} – допуск замыкающего звена за вычетом суммы допусков стандартизованных размеров (при их наличии), мм;

i_j – значение единицы допуска [1, табл.1.1; 2; 3; 6] для каждого составляющего j -го размера (звена), кроме стандартизованных размеров (их количество – k), мкм.

Назначить для составляющих размеров (звеньев) конкретный квалитет по расчётному значению a_m . Расчетные данные занести в таблицу 1.3.

Найти стандартные поля допусков по ГОСТ 25346 [1, табл.1.1; 3; 6] на составляющие размеры цепи по установленным для них квалитетам. Знаки отклонений следует указывать так, чтобы допуск по возможности был направлен «в тело» детали, т.е для охватывающих – H , охватываемых – h , остальных – j_s .

Таблица 1.3 – Пример сводной таблицы к расчету размерной цепи

Обозначение размеров размерной цепи	Номинальный размер звена, мм	Значение единицы допуска i_j , мкм	Принятые значения звеньев размерной цепи		
			после назначения полей допусков по расчетному значению a_m	после согласования величин допусков	окончательно после согласования предельных отклонений
A_i $\begin{matrix} \longrightarrow \\ \longleftarrow \end{matrix}$					
A_1	30	1,3			

Определить расчётный допуск замыкающего звена ω_{Δ} как сумму допусков всех составляющих звеньев по формуле (решить обратную задачу): $\omega_{\Delta} = \sum_{j=1}^{m-1} T_j$ и сравнить его с заданной величиной допуска T_{Δ} .

Необходимо обеспечить $\omega_{\Delta} \leq T_{\Delta}$. Если расхождение ω_{Δ} и T_{Δ} значительное, то следует сменить точность (кавалитет) одного или двух размеров в размерной цепи, причем допуски на эти размеры должны остаться стандартными.

Проверить соответствие предельных отклонений размеров требованиям замыкающего звена по уравнениям отклонений:

$$ES_{\Delta} = \sum_{j=1}^n \overrightarrow{ES}_j - \sum_{j=1}^p \overleftarrow{EI}_j ;$$

$$EI_{\Delta} = \sum_{j=1}^n \overleftarrow{EI}_j - \sum_{j=1}^p \overrightarrow{ES}_j .$$

Если расчётные значения предельных отклонений отличаются от заданных $ES'_{\Delta} \neq ES_{\Delta}$ и $EI'_{\Delta} \neq EI_{\Delta}$, то необходимо решить **обратную задачу**. Определить новые верхнее и нижнее предельные отклонения одного из составляющих звеньев (ES_j и EI_j), выбранного для корректировки в качестве согласующего звена, стремясь при этом подобрать отклонения стандартного не основного поля допуска.

В качестве согласующего звена (компенсатора) выбирают самое простое в изготовлении (при минимальных затратах на разборку и повторную сборку): распорную втулку, буртик крышки, ступень вала и т.д. Принимаем его отклонения за неизвестные и решаем уравнения отклонений размерных цепей относительно этих неизвестных, подставив в левую часть уравнений требуемые отклонения замыкающего звена.

Если согласующее звено расположено в ветви **уменьшающих** звеньев, то пересчет его предельных отклонений выполнять по следующим зависимостям:

$$EIA_{11} = -ES_{\Delta} + \sum_1^n ES\vec{A}_i - \sum_1^{p-1} EI\vec{A}_i ,$$

$$ESA_{11} = -EI_{\Delta} + \sum_1^n EI\vec{A}_i - \sum_1^{p-1} ES\vec{A}_i .$$

Если согласующее звено расположено в ветви **увеличивающих** звеньев, то пересчет его предельных отклонений выполнять по следующим зависимостям:

$$EIA_2 = +EI_{\Delta} - \sum_1^{n-1} EI\vec{A}_i + \sum_1^p ES\vec{A}_i ,$$

$$ESA_2 = +ES_{\Delta} - \sum_1^{n-1} ES\vec{A}_i + \sum_1^p EI\vec{A}_i .$$

1.2 Нормирование точности типовых соединений сложного профиля

1.2.1 Нормирование точности метрической резьбы

Для заданной резьбы расшифровать условное обозначение, определить основные размеры всех элементов профиля. Вычертить профиль резьбы с указанием числовых значений.

Назначить посадку на резьбовое соединение, определить числовые значения основного отклонения и допуски на диаметры с учетом выбранной степени точности. Рассчитать предельные размеры диаметров болта и гайки.

Построить номинальный профиль и схемы расположения полей допусков болта и гайки.

По значениям погрешностей, заданных на размеры элементов профиля резьбы болта, рассчитать приведенный средний диаметр, изобразить схему полей допусков среднего и приведенного диаметров и сделать заключение о годности резьбы.

Таблица 1.4 – Карта исходных данных по метрической резьбе

Наименования исходных данных		Значения исходных данных
Условное обозначение резьбы		
Номер позиции по чертежу		
Наименование деталей, входящих в соединение		
Длина свинчивания		
Действительный средний диаметр $d_{2изм}$		
Накопленная погрешность шага ΔP_n ;		
Погрешности угла профиля	$\Delta\alpha/2_{пр}$	
	$\Delta\alpha/2_{лев}$	

Для заданной резьбы расшифровать условное обозначение, определить ряд предпочтительности по ГОСТ 8724 [1, 3, 6]. По ГОСТ 9150 и ГОСТ 24705 найти основные размеры всех элементов профиля. Вычертить профиль резьбы с указанием числовых значений.

Назначить степень точности (класс точности) резьбового соединения, учитывая его назначение (нагрузка, точность центрирования и др.), шаг и длину свинчивания.

Из ГОСТ16093 выписать числовые значения основных отклонений и допусков на диаметры с учетом выбранной степени точности. Рассчитать предельные размеры диаметров болта и гайки. Результаты записать в таблицу 1.5.

Таблица 1.5 – Предельные размеры диаметров болта и гайки по ГОСТ 16093

Номинальный размер, мм	Обозначение поля допуска	Величина допуска T , мкм	ES , мкм	Наибольший предельный размер, мм	EI , мкм	Наименьший предельный размер, мм
$d =$						
$d_2 =$						
$d_1 =$	-	-			-	-
$D =$	-	-	-	-		
$D_2 =$						
$D_1 =$						

Расчет приведенного среднего диаметра болта выполняется с учетом погрешностей элементов болта по следующим зависимостям:

$$d_{2\text{пр}} = d_{2\text{изм}} + (f_p + f_\alpha);$$

где $d_{2\text{изм}}$ – действительный средний диаметр;

f_p – диаметральная компенсация погрешностей по шагу;

$$f_p = \Delta P_n \times \text{ctg} \alpha / 2, \text{ при } \alpha = 60^\circ \text{ будем иметь } f_p = 1,732 \Delta P_n;$$

ΔP_n – погрешность шага, в мкм, на всей длине свинчивания;

f_α – диаметральная компенсация погрешностей половины угла профиля:

$$f_\alpha = \frac{0,58 H_1}{\sin \alpha} \cdot \Delta \alpha / 2, \text{ при } \alpha = 60^\circ \text{ будет } f_\alpha = 0,36 P \Delta \alpha / 2;$$

$$\Delta \alpha / 2 = \frac{|\Delta \alpha / 2|_{\text{пр}} + |\Delta \alpha / 2|_{\text{лев}}}{2} \text{ (угловые минуты).}$$

Числовые значения диаметральных компенсаций в сумме с действительным средним диаметром представлены на схеме (рис.1.2).

Сделать заключение о годности резьбы болта по среднему диаметру.

Условия годности резьбы по среднему диаметру болта:

$$\text{условие прочности} - d_{2\text{изм}} \geq d_{2\text{мин}},$$

$$\text{условие свинчиваемости} - d_{2\text{пр}} \leq d_{2\text{макс}}.$$

Из схемы видно, что болт не годен, так как $d_{2\text{изм}} < d_{2\text{мин}}$. Условие прочности резьбы болта не выполняется.

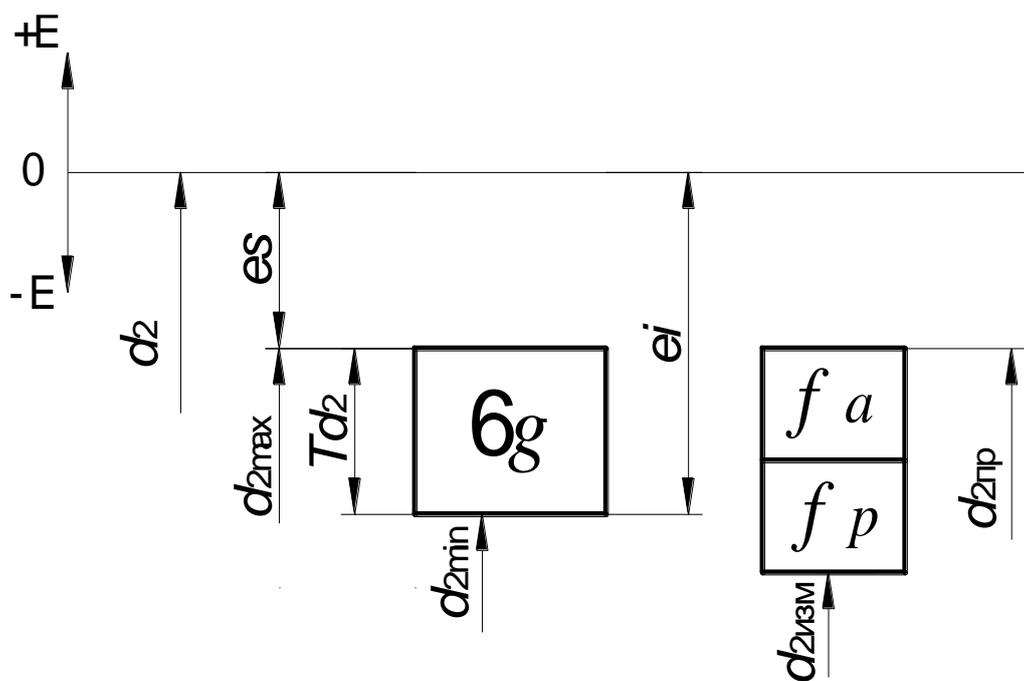


Рис.1.2 Схема полей допусков среднего и приведенного диаметров болта

1.2.2 Нормирование точности шпоночных соединений

Для шпоночного соединения с призматической (или сегментной) шпонкой подобрать посадки шпонки в пазы вала и втулки, исходя из условий работы; вычертить эскизы поперечных сечений шпоночного соединения, вала, отверстия и самой шпонки; изобразить схемы посадок шпонки по ширине в пазы вала и отверстия.

Таблица 1.6 – Карта исходных данных шпоночного соединения

Наименования исходных данных	Значения исходных данных
Диаметр цилиндрического соединения d , мм	
Ширина и высота шпонки $b \times h$, мм, (ГОСТ 23360)	
Шпонка: направляющая или крепежная?	
Тип производства: массовое, серийное, единичное?	
Количество шпонок в соединении: одна или несколько?	
Расположение шпонок в соединении: 180° или 90° ?	

Примечание. Если шпоночное соединение на чертеже не показано, то недостающие исходные данные назначить самостоятельно.

По ГОСТ 23360 [1, 3, 6] найти предельные отклонения на ширину шпонки b , высоту шпонки h , длину шпонки l , длину паза вала L .

По чертежу определить тип производства и характер шпоночного соединения. Наибольшее распространение имеет **нормальное** соединение, когда втулка (зубчатое колесо) расположено по середине вала. **Свободное** соединение применяется для направляющих шпонок (зубчатое колесо перемещается вдоль вала). **Плотное** соединение используется в случае реверсивного вращения вала или при расположении шпонки на конце вала.

Согласно рекомендациям [1, 2, 3, 6], назначить посадки шпонки по ширине b в пазы вала и втулки. Значения предельных отклонений принимать как на гладкие соединения по ГОСТ 25347. Предельные отклонения на глубину пазов втулки и вала назначить по ГОСТ 23360.

Вычертить эскиз поперечного сечения шпоночного соединения с указанием выбранных посадок в смешанном обозначении.

Вычертить отдельно поперечные сечения трех элементов шпоночного соединения: шпонки, вала, втулки. Указать исполнительные размеры, шероховатость и точность расположения пазов во втулке и на валу (допуски симметричности и параллельности) [1, 3, 6].

На глубину пазов в рабочих чертежах деталей должен проставляться один размер: для закрытых пазов вала – t_1 (предпочтительно), для открытых – $(d - t_1)$; для втулки – $(d + t_2)$.

1.2.3 Нормирование точности шлицевых соединений

Для шлицевого прямобочного соединения по заданным условиям работы (подвижное или неподвижное соединение) и наличию или отсутствию термообработки втулки выбрать способ центрирования и назначить посадки по ГОСТ 1139.

Таблица 1.7 – Карта исходных данных шлицевого соединения

Наименования исходных данных	Значения исходных данных
$z \times d \times D$	
Соединение работает: с реверсом? или с вращением всегда в одну сторону?	
Соединение вдоль оси: подвижное? или неподвижное?	
Шлицы в отверстии втулки: закалены или не закалены?	

Примечание. Если шлицевое соединение на чертеже не показано, то недостающие исходные данные назначить самостоятельно.

Исходя из указанных в задании размеров z , d , D , по ГОСТ 1139 определить серию шлицевого соединения, а также размер b [1, 3, 6]. Допуски и посадки шлицевых соединений зависят от их назначения и принятой поверхности центрирования втулки относительно вала. Стандартом предусматриваются три способа центрирования: по **наружному диаметру D** , по **внутреннему диаметру d** , по **боковым поверхностям шлиц b** .

Основные мотивы по выбору вида центрирования шлицевых соединений указаны в пособиях [1, 2]. Посадки по центрирующим элементам следует принять из предпочтительных сочетаний по ГОСТ 1139, поля допусков нецентрирующих диаметров должны обеспечивать зазоры.

По ГОСТ 25347 или по справочникам [1, табл.1.1; 3; 6] найти отклонения для каждого из трех элементов шлицевого вала и втулки.

В соответствии с требованиями ГОСТ 2.409 вычертить эскизы поперечных сечений шлицевого соединения в сборе, шлицевого вала и отверстия. На эскизе соединения указать его комплексное обозначение по ГОСТ 1139. На эскизах поперечных сечений вала и втулки указать номинальные размеры, обозначения полей допусков, предельные отклонения и шероховатость.

1.2.4 Нормирование точности цилиндрических зубчатых передач

Определить степень точности и вид сопряжения прямозубой ($\beta=0$) цилиндрической зубчатой передачи; назначить контрольные параметры для проверки ее годности. Определить их допустимые значения. В соответствии с требованиями ЕСКД выполнить чертеж зубчатого колеса.

Таблица 1.8 – Карта исходных данных о зубчатой передаче и колесе

Наименования исходных данных	Значения исходных данных
Вид изделия (автомобиль, пресс, робот и т.д.)	
Номер позиции по чертежу	
Межосевое расстояние (МОР) a , мм	
Модуль m , мм	
Исходный контур по ГОСТ 13755-81	
Число зубьев Z	
Коэффициент смещения исходного контура χ	
Окружная скорость V , м/с	
Допустимая температура нагрева передачи	
Допустимая температура нагрева корпуса	

Рассчитать геометрические параметры зубчатого колеса:

- диаметр делительной окружности $d = m z$;
- диаметр окружности выступов $d_a = d + 2m$;
- диаметр окружности впадин $d_f = d - 2,5m$;
- диаметр основной окружности $d_b = d \cos \alpha$;
- ширину зубчатого венца $B \approx 10m$;
- количество охватываемых зубьев z_w ;
- длину общей нормали $W = W_l m$ [1, табл.6.1].

Расчет длины общей нормали производить до 0,001 мм [1].

По заданной окружной скорости, согласно [1, табл.6.3], определить степень точности по нормам плавности. Учитывая тип передачи и условия работы, назначить степени точности по нормам кинематической точности и по контакту зубьев. Вид сопряжения определяется наименьшим гарантированным боковым зазором $j_{n \min}$. Гарантированный боковой зазор рассчитать с учетом температурных деформаций. По межосевому расстоянию и минимальному зазору определить вид сопряжения [1, 3, 6]. Записать полное обозначение точности передачи.

Определить исполнительный размер длины общей нормали:

Верхнее отклонение E_{W_s} находим [1, табл.6.10; 3; 6] в зависимости от вида сопряжения, степени точности и диаметра делительной окружности.

Допуск на длину общей нормали T_w , по [1, табл.6.11; 3; 6] зависит от радиального биения зубчатого венца F_r , найденного по [1, табл.6.6; 3; 6].

Нижнее отклонение определяется как сумма верхнего отклонения и допуска:

$$E_{W_i} = |E_{W_s}| + T_w.$$

Исполнительный размер длины общей нормали задается с двумя отрицательными отклонениями, чтобы избежать заклинивания зубчатых колес при работе в машине.

Определить требования к базовым поверхностям зубчатого колеса:

Требования к точности заготовок под операцию зубонарезания определяются по рекомендациям [1, табл.6.14; 3; 6]. Точность базового отверстия определяется по нормам плавности работы передачи.

Точность диаметра вершин зубьев зависит от варианта его использования. Наиболее часто – как измерительная база для выверки заготовки на станке. Тогда имеем допуск на диаметр вершин зубьев:

$$Td_a = 0,01 m,$$

а допуск на радиальное биение по вершинам зубьев:

$$F_d = 0,6 \cdot F_r.$$

Торцовое биение базового торца на диаметре $0,75d$ находим расчетом, определив $F_\beta = 9$ мкм, по [1, табл.6.9; 2; 3; 6]:

$$F_T = (0,5 F_\beta 0,75d) / B.$$

Расчетные значения округлить до ближайших стандартных величин по [1, табл.2.8 и табл.2.9; 2; 3; 6].

Вычертить зубчатое колесо в соответствии с требованиями оформления рабочих чертежей по ГОСТ 2.403. На чертеже обязательно указать точность базовых поверхностей (посадочного отверстия, диаметра вершин зубьев, допускаемого биения базового торца, биения окружности выступов).

Чертеж зубчатого колеса сопровождать таблицей его параметров в соответствии с ГОСТ 2.403. Таблица помещается на поле чертежа в верхнем правом углу и состоит из трех частей. Части должны быть четко выделены толстыми линиями (обычно выделяется длина общей нормали или другие параметры, контролирующие толщину зуба).

1.3 Памятка для самоконтроля по разделам работы

По оформлению отчета

На обложке не указан номер варианта задания.

Не указана дата сдачи записки на проверку и нет подписи студента.

Не указана фамилия и инициалы проверяющего преподавателя.

В "Содержании" не проставлены номера страниц.

Общие замечания для всех разделов

Написание предельных отклонений должно: указываться в мм; симметричные отклонения одним числом со знаком "±" шрифтом той же величины, что и номинал; иметь в обоих отклонениях одинаковое количество знаков, не иметь лишних нулей, нулевое отклонение вообще не указывается.

При ограничении отклонений формы или расположения не забывать соединительную линию от рамки с допуском к соответствующей поверхности заканчивать стрелкой, а для допусков расположения – обязательно указывать базу (зачерненным треугольником или буквой в третьем отделе рамки).

Числовые значения параметра шероховатости поверхности над выбранным знаком должны читаться нормально, т.е. прямо или с правой стороны эскиза.

На схемах посадок в любых разделах наряду с предельными значениями зазоров или натягов обязательно указывать средневероятные S_m или N_m .

Поля допусков на схемах должны иметь условное обозначение (например, N6, F8, LO, 6G и т.д.).

При любых расчетах по каким-либо зависимостям, необходимо записать формулу в эмпирическом виде, затем подставить числовые значения и дать окончательный результат. Указать размерность.

Соединения гладких валов и отверстий

При назначении посадок по каждому из трех заданных размеров сначала следует текстом кратко описать вид соединения деталей: насадное зубчатое колесо на шпонке, вилка переключения скоростей в пазу блока шестерен и т.п. и основное эксплуатационное требование к нему. На схеме полей допусков указать: предельные отклонения, предельные размеры, предельные значения получаемых зазоров или натягов, а также их средневероятное значение.

Контроль гладкими калибрами

Проверьте, правильно ли указана маркировка на эскизах калибров, исполнительные размеры, шероховатость рабочих поверхностей и допуски цилиндричности для калибров-пробок.

Посадки подшипников качения

Обязательно текстом должна быть дана расшифровка условного обозначения подшипника. На эскизах посадочных поверхностей вала и отверстия обязательно указывать требования к форме, расположению и шероховатости поверхностей. Проверить правильность выбора посадки для кольца с местным нагружением.

Расчет размерных цепей

Стрелку над замыкающим звеном, показывающую направление обхода составляющих звеньев, обязательно направлять влево и указывать пунктиром. Выбор звена, используемого для согласования получающихся допусков и предельных отклонений, следует кратко мотивировать (простота и доступность обработки, сохранение экономически приемлемой точности и т.п.).

Резьбовые соединения

На схеме исходного профиля указать элементы профиля резьбы: d , d_1 , d_2 , P , α и $\alpha/2$. Обосновать выбор полей допусков болта и гайки.

Шпоночные и шлицевые соединения

Учесть, что при закрытых шпоночных пазах на валу их глубину предпочтительно задавать размером t_1 , а не $(d - t_1)$.

На эскизах шлицевого вала и втулки поля допусков всех трех размеров (D , d и b) следует указывать смешанным обозначением.

Зубчатые передачи

Исходная таблица к эскизу зубчатого колеса, согласно ГОСТ 2.403, разделена толстыми линиями на три части. Таблица располагается в правом верхнем углу чертежа (эскиза). Размеры таблицы: по ширине: $110 = 65 + 10 + 35$; высота строк не менее 7 мм; отступ от верхнего края чертежа – 20 мм; правый – без отступа от границ чертежа.

Биение по окружности выступов зубьев (фактически – это диаметр заготовки) должно быть не более $0,1m$ (при условии, что эта поверхность не используется в качестве измерительной или установочной базы). Привести формулы расчета величины допустимого торцового и радиального биений (в случаях использования вершин зубьев в качестве контрольной или установочной базы).

Чертеж зубчатого колеса оформить на формате А3, согласно требованиям ЕСКД с основной надписью.

1.4 Нормативная документация

- 1) ГОСТ 2.307-68 ЕСКД. Нанесение размеров и предельных отклонений.
- 2) ГОСТ 2.308-79 ЕСКД. Указание на чертежах допусков формы и расположения поверхностей.
- 3) ГОСТ 2.309-73 ЕСКД. Обозначение шероховатости поверхности.
- 4) ГОСТ 2.403-75 ЕСКД. Правила выполнения чертежей цилиндрических зубчатых колес.
- 5) ГОСТ 2.409-74 ЕСКД. Правила выполнения чертежей зубчатых (шлицевых) соединений.
- 6) ГОСТ 25346-89 ОНВ. Единая система допусков и посадок. Общие положения, ряды допусков и основных отклонений.
- 7) ГОСТ 25347-82 ОНВ. ЕСДП. Поля допусков и рекомендуемые посадки.
- 8) ГОСТ 24642-81 ОНВ. Допуски формы и расположения поверхностей. Основные термины и определения.
- 9) ГОСТ 24643-81 ОНВ. Допуски формы и расположения. Числовые значения.
- 10) ГОСТ 24853-81 Калибры для размеров до 500 мм. Допуски.
- 11) ГОСТ 520-2002 Подшипники качения. Общие технические условия.
- 12) ГОСТ 3189-89 Подшипники шариковые и роликовые. Система условных обозначений.
- 13) ГОСТ 3325-85 Подшипники качения. Поля допусков и технические требования к посадочным поверхностям валов и корпусов. Посадки.
- 14) ГОСТ 8724-2002 ОНВ. Резьба метрическая. Диаметры и шаги.
- 15) ГОСТ 9150-2002 ОНВ. Резьба метрическая. Профиль.
- 16) ГОСТ 16093-2004 ОНВ. Резьба метрическая. Допуски. Посадки с зазором.
- 17) ГОСТ 24705-2004 ОНВ. Резьба метрическая. Основные размеры.
- 18) ГОСТ 1139-80 ОНВ. Соединения шлицевые прямобочные. Размеры и допуски.
- 19) ГОСТ 23360-78 ОНВ. Соединения шпоночные с призматическими шпонками. Размеры шпонок и сечений пазов. Допуски и посадки.
- 20) ГОСТ 1643-81 ОНВ. Передачи зубчатые цилиндрические. Допуски.

2 Варианты заданий курсовых работ

2.1 Привод манипулятора промышленного робота

На рисунке 2.1 представлен механизм привода вращательного движения звеньев манипулятора промышленного робота. Он выполнен в виде комбинированного червячно-зубчатого редуктора.

Параллельно работающие зубчатые передачи из колес 20 и 12 соединены с шестерней 15, которая выполнена заодно со ступицей червячного колеса и установлена на вал 5 с гарантированным зазором по D_3 . Величина зазора оговорена заданием.

Обод червячного колеса 17 точно сцентрирован по D_2 относительно ступицы колеса 15, закреплен болтами и двумя коническими штифтами. Передача крутящих моментов на валы 2 (или 14) производится через шлицевые соединения. Шлицы в отверстиях зубчатых колес 20 и 12 не закалены.

По D_1 шестерня 4 имеет температуру окружающей среды $+25^{\circ}\text{C}$, установлена на конце вала 2 по плотной посадке со шпонкой и закреплена шайбой с винтом.

Зубчатое колесо 12 связано с шестерней 9 через торсион 14, который одним концом жёстко закреплён в отверстии вала. При монтаже редуктора производится закрутка торсиона 14 с последующей фиксацией его гайкой 8, которая соединена со ступицей шестерни 9. Гайка 8 имеет резьбу с мелким шагом и короткой длиной свинчивания. Зубчатая передача тихоходная, но требуется обеспечить точность угла поворота. Зубчатые колёса стальные, закаленные нагреваются до $+35^{\circ}\text{C}$, корпус выполнен из силумина и может нагреваться до $+30^{\circ}\text{C}$.

Подшипники качения (поз.3; 7; 10; 18), установленные на опорных шейках валов, допускают перегрузку до 150%, толчки и вибрации умеренные, режим работы – нормальный.

Закладные фланцевые крышки (поз.6; 16 и др.) установлены в корпус 1 с гарантированным зазором и закреплены болтами с потайными головками (поз.13; 19; и др.). Резьба нормальной длины свинчивания.

Между торцами подшипника 7 и крышкой 6 предусмотрен гарантированный зазор, необходимый для компенсации температурных деформаций (тепловой зазор). Величина заданного зазора обеспечивается расчетом размерной цепи.

Перечислим звенья размерной цепи:

A_1 и A_4 – монтажная высота (ширина) подшипников;

A_2 – длина ступицы зубчатого колеса 15;

A_3 – высота буртика вала;

A_5 и A_9 – высота буртиков крышек;

A_6 и A_8 – толщина прокладок;

A_7 – размер корпуса 1.

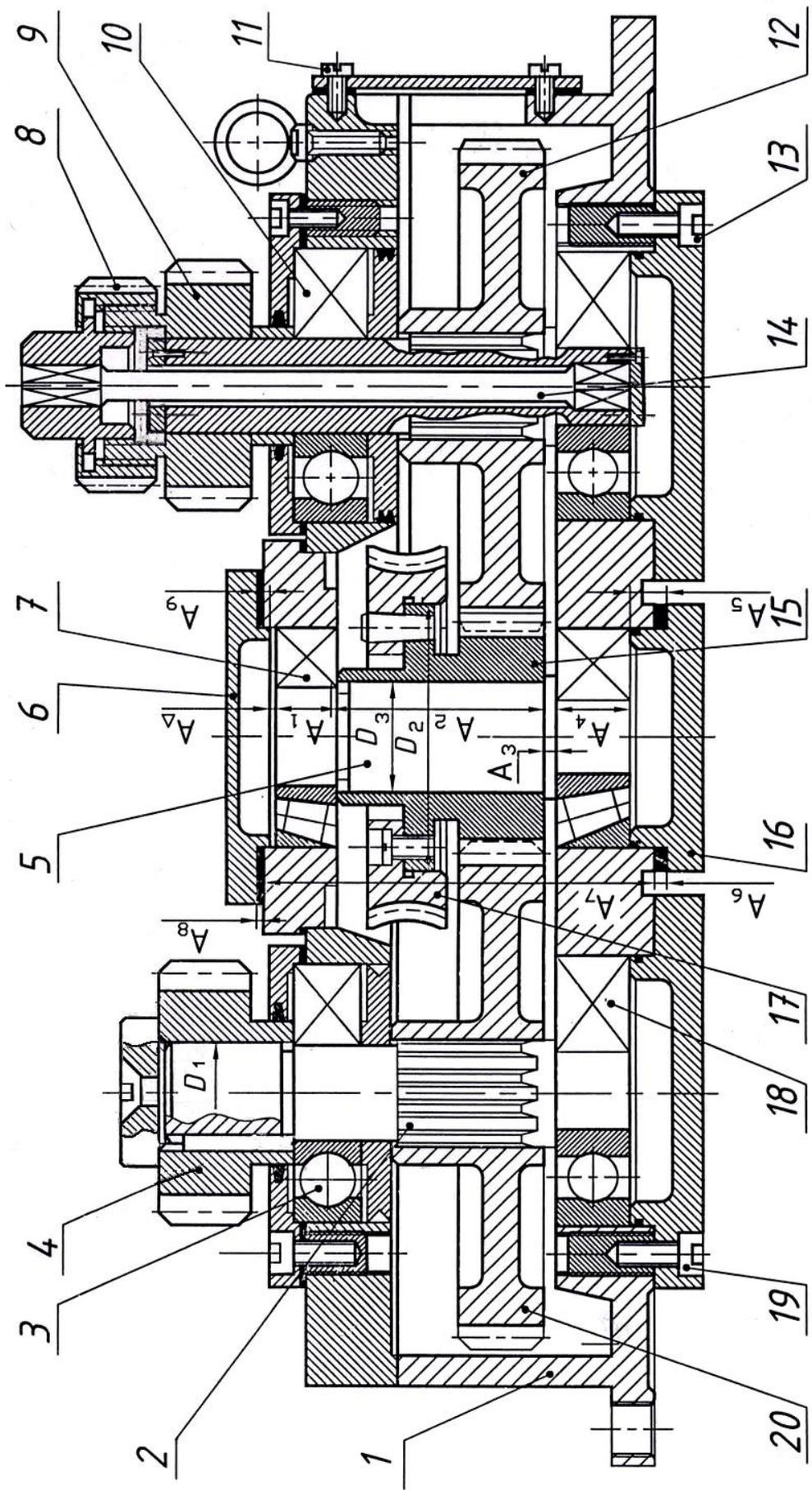


Рис.2.1 Привод манипулятора промышленного робота

Таблица 2.1 – Исходные данные к рисунку

№ варианта	Гладкие цилиндрические соединения						Подшипники качения			Шпоночное соединение	
	D_1	D_2	D_3	S_{max}	S_{min}	Вал	№ поз.	Условное обозначение	Радиальная нагрузка, кН	d	b
	мм			мкм		$\frac{ITd_1}{\sigma_{тех}}$				мм	
1	24	90	52	98	10	5	18	6-305	7,5	24	8
2	32	110	60	60	0	4	10	180608	36	32	10
3	36	120	45	90	10	4,5	7	6-7206A	20	36	10
4	30	135	48	90	10	4	3	5-307	40	30	8
5	36	118	42	52	8	5	10	160508	25	36	10
6	45	140	46	72	9	3,5	7	6-7308A	36	45	14
7	32	115	38	50	0	3	18	180506	45	32	10
8	30	126	36	60	10	4	3	160504	10	30	8
9	40	130	45	80	8	5	7	6-7508A	38	40	12
10	38	140	55	70	10	4	10	60309	32	38	10

№ варианта	Шлицевое соединение			Резьбовое соединение						Зубчатая передача				
	Z	d	D	№ поз.	Обозначение резьбы	d_2 изм	ΔP_n	$\Delta\alpha/2_{пр}$	$\Delta\alpha/2_{лев}$	№ поз.	a	m	Z	V, м/с
		мм				мм	мкм	мин			мм			
1	6	28	32	11	M6	5,3	12	+10	+12	4	160	4	25	25
2	8	42	48	11	M6×0,75	5,42	8	0	-10	12	120	5	30	10
3	8	46	54	8	M30×1,5	29,28	12	+20	-5	15	225	3	25	8
4	8	46	50	19	M10	8,95	10	+40	0	20	224	3,5	38	12
5	8	42	46	8	M36×2	34,57	6	-30	+10	15	144	3	32	10
6	10	52	58	19	M12×1,5	11,88	15	-20	+20	4	165	5	22	10
7	10	36	45	13	M12	10,8	18	+10	0	20	108	4,5	30	6
8	8	36	40	19	M6×0,75	5,42	10	+12	-10	4	119	2,0	34	20
9	8	36	50	13	M8	7,06	12	+5	-5	12	150	4	50	15
10	6	42	46	8	M52×2	50,58	8	0	-8	20	120	3	40	12

№ варианта	Размерная цепь, размеры в мм							
	$A_{\Delta max}$	$A_{\Delta min}$	$A_1=A_4$	A_2	A_3	$A_5=A_9$	$A_6=A_8$	A_7
1	3,5	0,5	27,25±0,25	100	8	8	2	185
2	3,8	0,5	24,75±0,25	162	10	10	2	238
3	3,2	0,5	17,25±0,25	92	9	6	1,5	145
4	3,5	0,5	25,25±0,25	120	14	10	2,5	200
5	3,5	0,5	18,25±0,25	105	10	8	2	164
6	3,2	0,5	25,25±0,25	170	9	8	3	240
7	3,0	0,5	17,25±0,25	116	8	8	2,5	170
8	3,5	0,5	21,25±0,25	90	6	10	2	155
9	3,0	0,5	24,75±0,25	116	8	8	2	186
10	3,2	0,5	24,75±0,25	102	10	10	2	178

2.2 Часть раздаточной коробки автомобиля

На рисунке 2.2 изображена часть раздаточной коробки автомобиля, которая служит для передачи крутящего момента к ведущим мостам автомобиля.

Зубчатое колесо 5 включения заднего моста перемещается по шлицам передаточного вала 1 с помощью вилки 4. Правый конец вала опирается на подшипник качения, установленный в гнездо зубчатого колеса 6, изготовленного как одно целое с вторичным валом.

Левый конец вала 1 имеет подшипник 2, который закрыт крышкой 18, которая установлена на крыльчатке 19 по D_3 с незначительным зазором и крепится винтами 3 с нормальной длиной свинчивания к корпусу 7.

Величина зазора должна быть строго выдержана (оговорено заданием). Гайка 20, которая закрепляет крыльчатку, имеет короткую длину свинчивания.

На хвостовике вторичного вала 6 по D_2 на сегментной шпонке с незначительным зазором установлено зубчатое колесо 9 привода спидометра.

В корпус 10 установлен подшипник 8 вторичного вала. Корпус 10 точно центрируется по D_1 в корпусе раздаточной коробки 7.

На шлицевом валу 15 смонтированы промежуточное колесо 13 и зубчатое колесо понижающей передачи 17. При положении, указанном на чертеже, включена прямая передача; при введении зубчатого колеса 5 в зацепление с зубчатым колесом 17, включается понижающая передача.

Шлицы в отверстиях зубчатых колёс закаливаются.

Зубчатая передача среднескоростная, колёса стальные с нагревом до $+70^{\circ}\text{C}$, корпус раздаточной коробки изготавливается из силумина и нагревается до $+60^{\circ}\text{C}$.

Крышки подшипников 16 и 11 должны свободно устанавливаться в отверстия корпуса, так как их подтяжкой регулируются зазоры в конических подшипниках 14. Крышки подшипников крепятся при помощи болтов, имеющих резьбу нормальной длины свинчивания.

Подшипники качения испытывают умеренные толчки и вибрации и при работе имеют перегрузки до 300%. Между крышкой 16 и подшипником 14 предусмотрен тепловой зазор, величина которого обеспечивается расчетом размерной цепи.

Перечислим звенья размерной цепи:

A_1 и A_5 – высота буртиков крышек 11 и 16;

A_2 и A_4 – толщина прокладок;

A_3 – корпусный размер;

A_6 и A_8 – монтажная высота подшипников;

A_7 – длина шлицевой части ступени вала 15.

П р и м е ч а н и е . Призматическая шпонка на чертеже не показана.

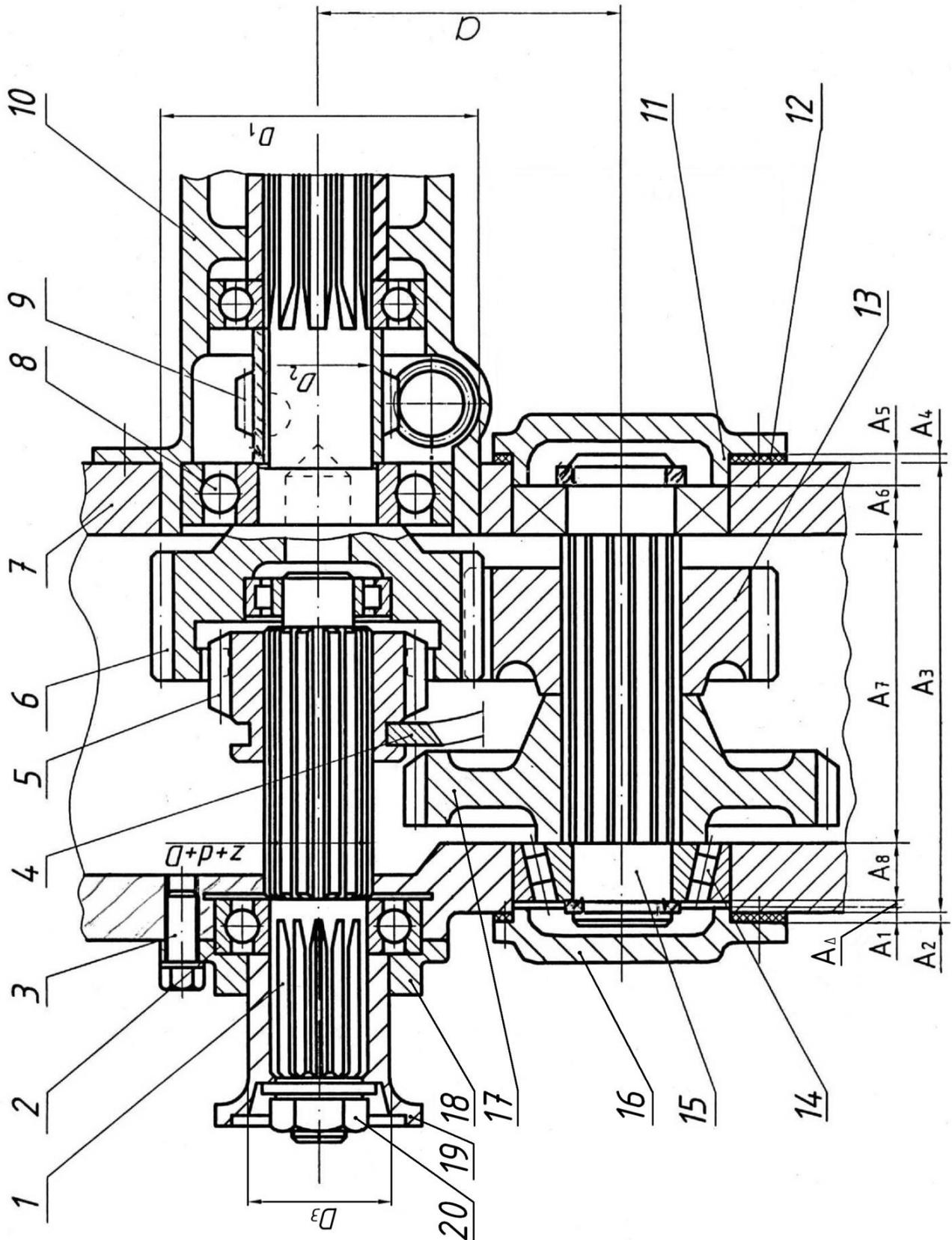


Рис.2.2 Часть раздаточной коробки автомобиля

Таблица 2.2 – Исходные данные к рисунку

№ варианта	Гладкие цилиндрические соединения						Подшипники качения			Шпоночное соединение	
	D_1	D_2	D_3	S_{max}	S_{min}	Вал. ITd_1 $\sigma_{тех}$	№ поз.	Условное обозначение	Радиальная нагрузка, кН	d	b
	мм			мкм						мм	
1	82	34	58	105	10	3,0	8	60207	8,0	34	10
2	80	40	65	110	30	4,0	14	7307A	9,0	40	12
3	80	36	90	125	35	5,0	8	60208	13,0	36	10
4	90	42	68	71	12	3,5	2	180608	38,0	42	12
5	98	42	70	85	10	4,5	8	60209	14,0	42	12
6	80	40	80	90	15	5,0	14	7308A	13,0	40	12
7	80	40	50	100	10	4,5	2	180607	28,0	40	12
8	82	34	95	125	35	4,0	8	60207	32,0	34	10
9	90	42	64	150	30	3,5	2	180508	30,0	42	12
10	80	42	68	160	10	3,0	14	7307A	37,0	42	12

№ варианта	Шлицевое соединение			Резьбовое соединение						Зубчатая передача				
	Z	d	D	№ поз.	Обозначение резьбы	d_2 изм	ΔP_n	$\Delta\alpha/2_{пр}$	$\Delta\alpha/2_{лев}$	№ поз.	a	m	Z	V, м/с
		мм				мм	мкм	мин			мм			
1	8	36	42	3	M10	8,88	3	+2	-8	5	112	5	16	10
2	8	42	48	3	M6x0,75	5,42	6	+8	-5	5	114	5	18	15
3	8	36	42	18	M12x1,5	10,9	10	-10	+6	5	116	4,5	22	10
4	8	46	54	18	M16x1,5	14,9	15	-8	-6	5	120	4	24	12
5	10	42	52	18	M18x2	16,6	10	+7	+2	13	114	3	18	10
6	10	36	45	18	M20x2	18,6	5	+4	-12	13	116	4	22	12
7	8	42	48	3	M8	7,05	8	+5	-10	13	120	5	24	15
8	10	32	40	3	M6x0,75	5,45	15	-8	+12	17	112	4,5	20	10
9	10	42	52	18	M14x1,5	12,9	10	-10	-2	17	116	5	22	12
10	10	42	52	18	M18x1,5	16,9	15	+12	+10	17	124	5	24	15

№ варианта	Размерная цепь, размеры в мм						
	$A_{\Delta max}$	$A_{\Delta min}$	$A_1 = A_5$	$A_2 = A_4$	A_3	$A_6 = A_8$	A_7
1	2,5	0,5	5	2,5	160	17,25±0,25	120
2	2,5	0,4	6	3,0	170	22,75±0,25	118
3	2,5	0,6	6	2,0	160	20,75±0,25	110
4	3,0	1,0	6	2,0	216	23,75±0,25	160
5	2,8	0,8	5	2,5	190	19,75±0,25	145
6	3,5	0,6	8	2,0	200	25,25±0,25	137
7	2,5	0,8	6	3,0	220	21,75±0,25	170
8	2,5	0,7	5	2,5	200	17,25±0,25	160
9	2,5	0,7	6	2,5	225	21,25±0,25	175
10	2,8	0,6	6	2,5	208	22,75±0,25	155

2.3 Механизм поворота руки манипулятора

На рисунке 2.3 представлен механизм поворота руки манипулятора промышленного робота «Универсал – 5». Рука манипулятора приводится во вращение двигателем 2 постоянного тока через зубчатый и червячный редукторы.

Зубчатый редуктор включает в себя вал-шестерню 9, связанную муфтой с ротором двигателя 12, и зубчатое колесо 15, установленное на вал 14 с призматической шпонкой.

Передача 9 – 15 среднескоростная, обеспечивающая точность угла поворота, колёса стальные закаленные и могут нагреваться до $+35^{\circ}\text{C}$, корпус из силумина, нагревается до $+30^{\circ}\text{C}$. Вал 14 базируется на двух радиальных шариковых подшипниках 16.

Червячное колесо 22 выполнено разъемным. Обод червячного колеса 8 по диаметру D_2 центрируется относительно ступицы 22. Обе части стягиваются винтами 6 нормальной длины свинчивания. Ступица червячного колеса и кольцо 5 надеты на шлицы вала 4 с минимальным зазором.

Шлицы в отверстии ступицы 22 не закаливаются, так как шлицевое соединение неподвижное.

На конец вала 4 напрессована по D_3 шестерня 1, работающая от привода тахометра. Предельные значения натяга оговорены заданием. Зубчатая передача тахометра тихоходная и нагрев соответствует температуре окружающей среды $+25^{\circ}\text{C}$.

Вал 4 монтируется на радиально-упорных конических подшипниках 3 и 17, которые установлены в корпус 21 через промежуточные корпуса 2 и 20.

Промежуточный корпус 2 точно центрируется в корпусе 21 и крепится болтами 7 с потайными головками. Подшипник 17 монтируется в промежуточном корпусе 20, который по D_1 точно сцентрирован в корпусе 21, причем предпочтительно иметь натяг.

Подшипники качения допускают перегрузку до 150%, толчки и вибрации умеренные, режим работы нормальный.

Регулировка осевого зазора подшипника 17 производится гайкой 18 с короткой длиной свинчивания и мелким шагом.

Осовой зазор между крышкой 13 и подшипником оговорен заданием и обеспечивается расчётом размерной цепи.

Перечислим звенья размерной цепи:

A_1 и A_3 – высота (ширина) подшипников;

A_2 – длина ступени вала 14;

A_5 – размер корпуса 10;

A_4 – глубина расточки в корпусе 21;

A_6 – ширина прокладки;

A_7 – высота буртика крышки 13.

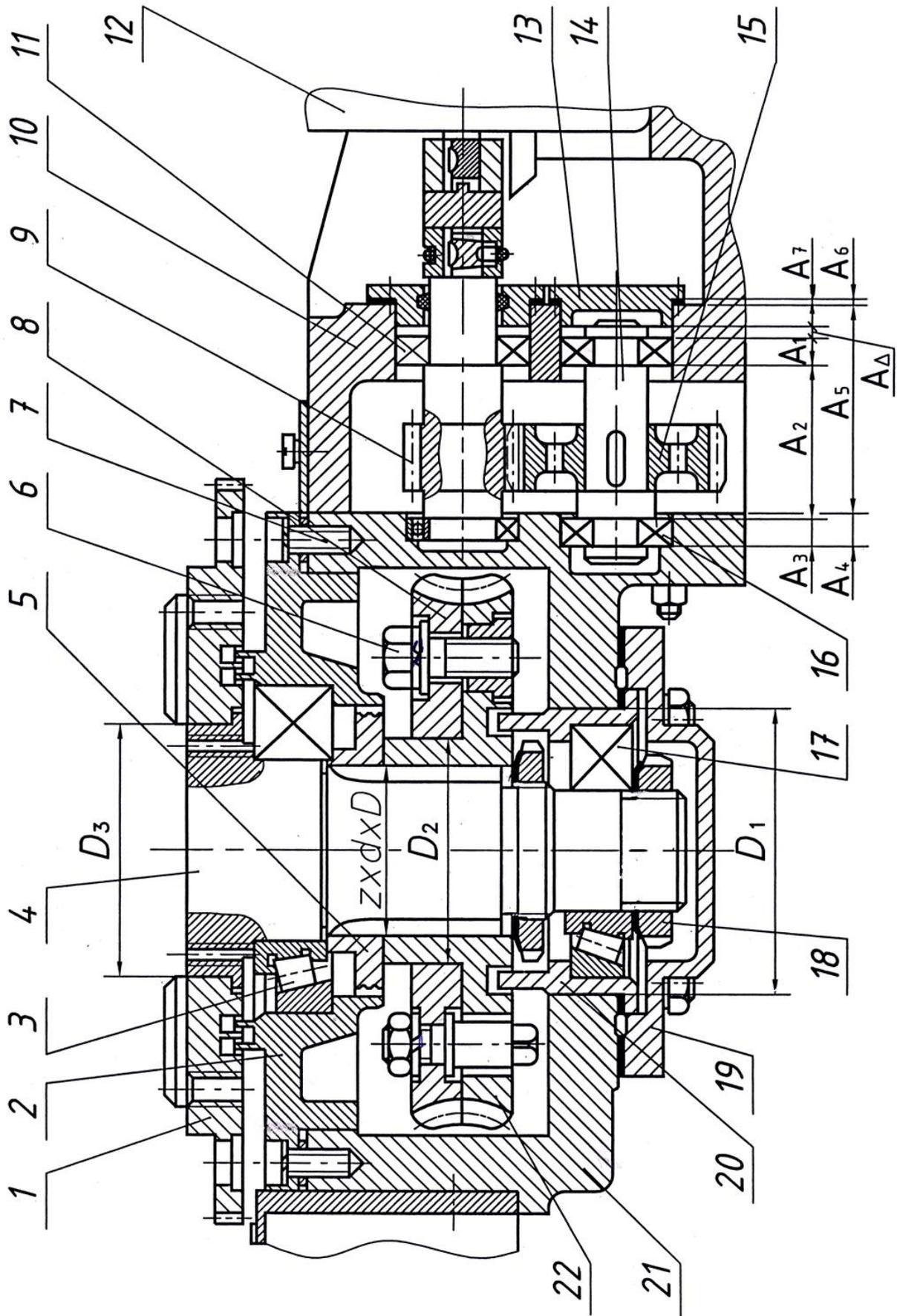


Рис.2.3 Механизм поворота руки манипулятора

Таблица 2.3 – Исходные данные к рисунку

№ варианта	Гладкие цилиндрические соединения						Подшипники качения			Шпоночное соединение	
	D_1	D_2	D_3	N_{\max}	N_{\min}	Отв. ITD_I $\sigma_{\text{тех}}$	№ поз.	Условное обозначение	Радиальная нагрузка, кН	d	b
	мм			мкм						мм	
1	62	48	52	117	57	5	16	6-308	8,0	24	8
2	90	78	78	82	30	5,5	17	7208A	26,0	36	10
3	92	88	88	93	38	5,8	3	6-7316A	20,0	50	14
4	80	70	72	125	71	4,6	16	180510	38,0	55	16
5	62	45	48	70	25	4,5	3	7308A	25,0	38	10
6	70	54	66	85	17	4,8	17	6-7206A	12,0	35	10
7	120	98	112	56	15	5	16	80306	13,0	36	10
8	70	58	66	70	29	3,8	17	7305A	10,0	34	10
9	110	62	106	76	17	4,0	3	7311A	26,0	30	8
10	84	46	56	70	23	3,6	16	60208	18,0	30	8

№ варианта	Шлицевое соединение			Резьбовое соединение						Зубчатая передача				
	Z	d	D	№ поз.	Обозначение резьбы	d_2 изм	ΔP_{Π}	$\Delta\alpha/2_{\text{пр}}$	$\Delta\alpha/2_{\text{лев}}$	№ поз.	a	m	Z	V, м/с
		мм				мм	мкм	мин			мм			
1	8	32	38	6	M12	10,66	15	+12	-8	15	63	3	28	15
2	8	46	54	18	M42×2	40,57	10	+10	-2	9	150	2,5	70	15
3	10	72	78	7	M8	7,08	8	-5	+10	1	140	2	105	6
4	8	52	60	18	M36×1,5	34,88	12	0	-12	15	81	3	35	12
5	10	28	35	6	M8	7,12	6	+8	0	9	108	2	36	16
6	6	28	34	18	M30×1	29,25	8	+10	-2	1	225	2,5	70	15
7	10	72	78	6	M10×1	9,24	15	+8	0	15	104	4	26	10
8	8	32	38	18	M24×1	23,26	8	+5	-3	9	120	2	40	10
9	8	42	48	7	M10	8,88	12	+8	-4	1	120	2	90	8
10	8	32	36	6	M6	5,25	6	0	+8	15	108	3	48	12

№ варианта	Размерная цепь, размеры в мм							
	$A_{\Delta\max}$	$A_{\Delta\min}$	$A_1=A_3$	A_2	A_4	A_5	A_6	A_7
1	2,8	0,3	23 _{-0,12}	70	28	95	2,0	8
2	2,8	0,2	20 _{-0,12}	56	25	78	2,0	8
3	2,5	0,3	19 _{-0,12}	50	20	75	2,0	8
4	2,5	0,3	23 _{-0,12}	100	25	128	2,0	5
5	2,8	0,2	20 _{-0,12}	60	20	85	1,0	6
6	3,5	0,5	17 _{-0,12}	50	18	70	2,0	4
7	3,3	0,5	19 _{-0,12}	110	21	130	3,0	6
8	3,2	0,4	21 _{-0,12}	75	26	95	2,0	5
9	2,8	0,3	19 _{-0,12}	60	24	80	3,0	8
10	3,0	0,5	18 _{-0,12}	80	20	100	3,0	6

2.4 Часть коробки скоростей металлорежущего станка

На рисунке 2.4 представлена часть коробки скоростей металлорежущего станка.

Вращение с вала 1 на вал 13 обеспечивается зубчатой передачей, состоящей из колёс 5 и 15. Зубчатые колёса установлены на валы с помощью шпоночных соединений. Обеспечивается точное центрирование по диаметру D_2 .

Зубчатые передачи скоростные, стальные, закаленные, могут нагреваться до температуры $+70^{\circ}\text{C}$. Корпус 8 (станина) из чугуна и нагревается не более, чем до $+30^{\circ}\text{C}$.

Крышки подшипников крепятся к станине болтами 17 и 12 с нормальной длиной свинчивания.

Подшипник 7 установлен в корпус 8 с помощью стакана 6, который точно сцентрирован в отверстии D_1 корпуса и крепится болтами с потайными головками и нормальной длиной свинчивания.

Осевое перемещение подшипника 3 ограничено втулкой 4, установленной на вал с гарантированным зазором по D_3 , величина которого оговорена заданием. Гайки 16 имеют мелкий шаг и короткую длину свинчивания.

Подшипники работают в нормальном режиме, толчки и вибрации умеренные, допускается перегрузка до 150%.

Относительное осевое смещение торцов зубчатых колёс 5 и 15 обеспечивается путём расчёта размерной цепи.

Перечислим звенья размерной цепи:

A_1 – размер на валу;

A_2 – ширина подшипника 3;

A_3 – глубина расточки в корпусе 8;

A_4 – корпусный размер;

A_5 – размер глубины расточки в корпусе;

A_6 – ширина распорной втулки;

A_7 – ширина ступицы зубчатого колеса 15.

П р и м е ч а н и е . Шлицевое соединение на чертеже не показано, принять, что шлицы в отверстии колеса закаливаются, соединение подвижное.

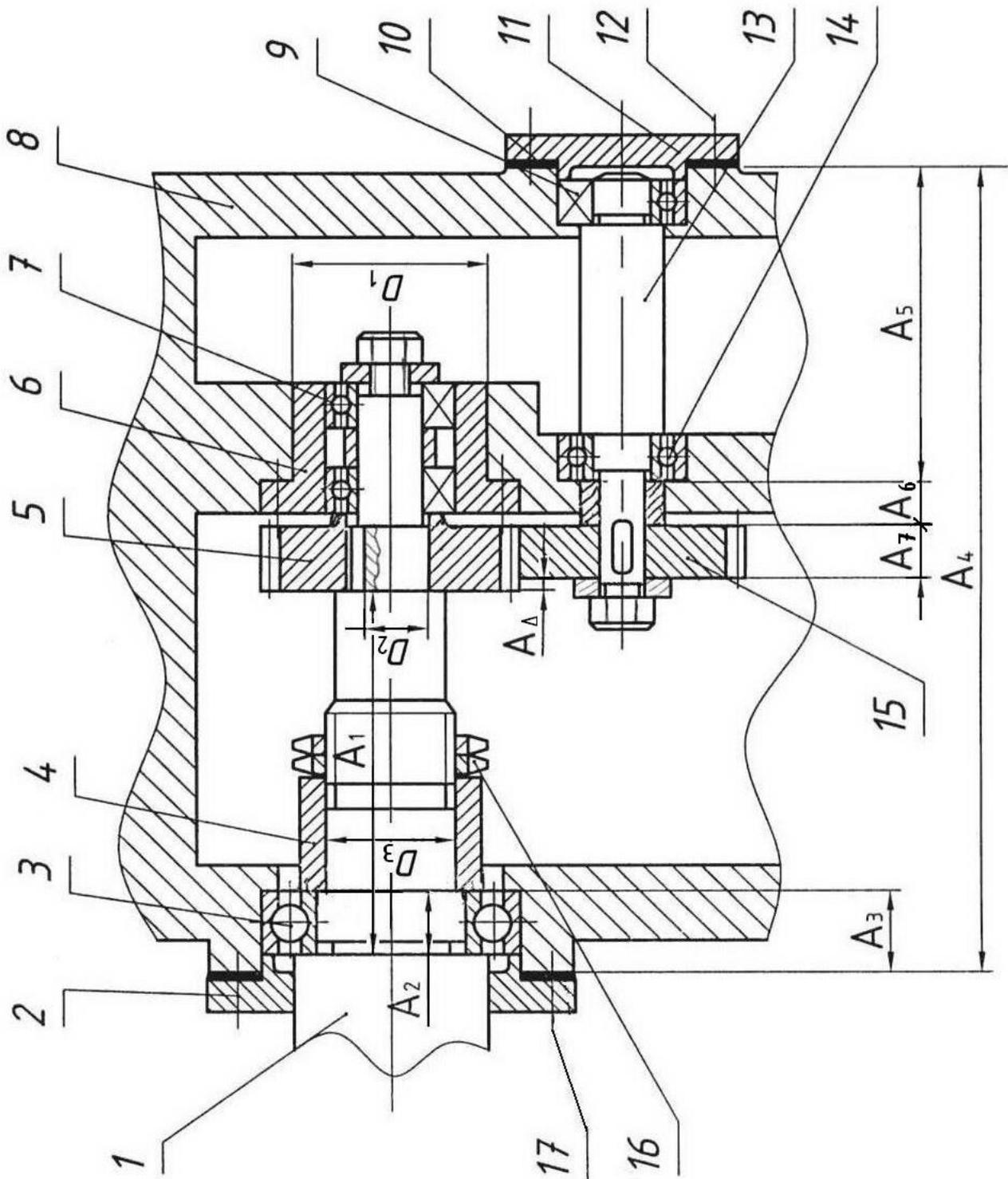


Рис.2.4 Часть коробки скоростей металлорежущего станка

Таблица 2.4 – Исходные данные к рисунку

№ варианта	Гладкие цилиндрические соединения						Подшипники качения			Шпоночное соединение	
	D_1	D_2	D_3	N_{max}	N_{min}	Вал ITd_1 $\sigma_{тех}$	№ поз.	Условное обозначение	Радиальная нагрузка, кН	d	b
	мм			МКМ						мм	
1	60	24	28	110	8	4	3	180506	20	24	8
2	62	26	30	75	7	5	7	6-204	15	26	8
3	85	40	36	90	10	5.5	9	307	12	40	12
4	50	28	46	130	10	3.5	3	180510	18	28	10
5	72	30	45	145	20	4	7	6-305	22	30	8
6	75	36	48	110	25	4.5	9	160506	24	36	10
7	82	34	38	130	10	4.5	3	160608	18	34	10
8	85	42	52	120	30	5.5	7	207	20	42	12
9	75	36	48	150	25	5	9	180506	15	36	10
10	95	50	58	180	30	4	3	180512	25	50	14

№ варианта	Шлицевое соединение			Резьбовое соединение						Зубчатая передача				
	Z	d	D	№ поз.	Обозначение резьбы	$d_{2\text{изм}}$	ΔP_{II}	$\Delta\alpha/2_{\text{Пр}}$	$\Delta\alpha/2_{\text{Лев}}$	№ поз.	a	m	Z	V, м/с
		мм				мм	МКМ	мин			мм			
1	6	26	30	16	M24x1	23,3	8	+10	-5	5	117	3	26	10
2	8	32	36	17	M8	7,16	10	0	+15	15	135	3	60	15
3	6	23	28	12	M6	5,23	5	+5	-5	5	168	4	24	18
4	8	36	42	16	M42x2	40,6	12	-15	+5	15	180	2	60	12
5	8	46	50	17	M6	5,25	6	+5	0	5	144	3	32	15
6	8	52	60	12	M8	7,08	12	+8	-10	15	140	4	50	16
7	6	18	22	16	M36x1,5	34,9	10	+15	-10	5	150	3	25	10
8	8	42	46	17	M10	8,92	6	0	+12	15	200	5	60	12
9	6	26	32	12	M8	7,1	5	-10	0	5	144	4	24	15
10	8	32	38	16	M56x3	53,9	15	+12	-10	15	225	5	60	10

№ варианта	Размерная цепь, размеры в мм									
	$A_{\Delta\text{max}}$	$A_{\Delta\text{min}}$	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	
1	+1,8	-1,8	145	20 _{-0,12}	25	282	96	30	6	
2	+1,5	-1,5	145	20 _{-0,12}	25	280	94	30	6	
3	+1,85	-1,85	130	21 _{-0,12}	28	290	108	40	5	
4	+1,75	-1,75	172	23 _{-0,12}	30	315	104	22	10	
5	+1,9	-1,9	130	23 _{-0,12}	35	320	140	30	8	
6	+2,0	-2,0	145	20 _{-0,12}	30	330	130	40	5	
7	+1,0	-1,0	188	33 _{-0,12}	35	380	150	30	10	
8	+1,75	-1,75	180	25 _{-0,12}	30	350	110	50	5	
9	+1,6	-1,6	145	20 _{-0,12}	28	345	145	40	7	
10	+1,7	-1,7	150	28 _{-0,12}	32	360	150	50	6	

2.5 Узел включения кривошипа пресса

На рисунке 2.5 изображена часть узла включения кривошипа пресса.

При включении муфты 17 шкив 15 посредством клиноременной передачи вращается вокруг неподвижного вала 19 на двух шариковых подшипниках 18.

При выключенной муфте шкив вращается вместе с валом.

Шкив 15 установлен с небольшим зазором на полумуфте 16 и дополнительно закреплен болтами. Гарантированный зазор по D_3 оговорен заданием.

На конце вала 19 находится зубчатое колесо 5, установленное по диаметру D_1 на две диаметрально расположенные шпонки.

Осевое перемещение колеса 5 ограничено по торцу вала шайбой и болтом 6 с мелким шагом и нормальной длиной свинчивания.

Зубчатые передачи тихоходные, колеса выполнены из стали, не закаливаются, так как работают в условиях окружающей среды с температурой от +10 до +30°C.

Зубчатое колесо 9 смонтировано на шлицевом валу 10, шлицы в отверстии не закаливаются. С колеса 9 движение передаётся ползуну пресса (на рисунке не показано).

В корпус 1 установлен стакан 3, который точно сцентрирован по отверстию D_2 в корпусе и закреплён болтами 8 с нормальной длиной свинчивания.

Радиально-упорные подшипники 4 и шариковые подшипники 18 фиксируются на валу 19 с помощью втулки 13. Подшипники 18 испытывают колебательный режим нагружения, а внутреннее кольцо подшипника 4 – циркуляционную нагрузку, оговоренную заданием.

Подшипники работают в тяжёлом режиме, толчки и вибрации значительные, допускаются перегрузки до 300%.

Тепловой зазор между крышкой 2 и подшипником 4 обеспечивается расчётом размерной цепи.

Перечислим звенья размерной цепи:

A_1 – размер до фланца крышки 2;

A_2 – толщина прокладки 11

A_3 – глубина расточки в стакане 3;

A_4 и A_6 – монтажная высота подшипников 4;

A_5 – высота распорной втулки 12.

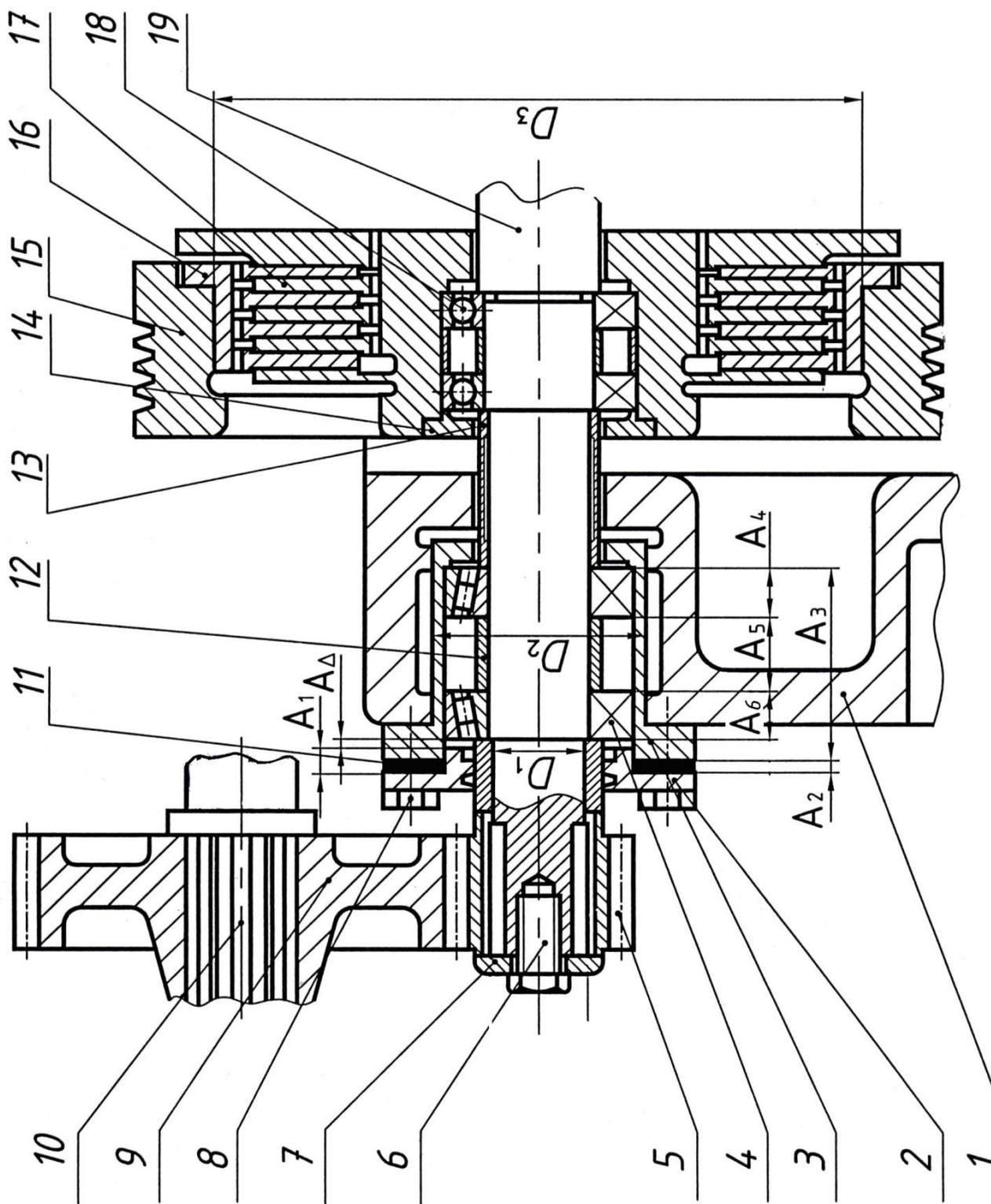


Рис.2.5 Узел включения кривошипа прессы

Таблица 2.5 – Исходные данные к рисунку

№ варианта	Гладкие цилиндрические соединения						Подшипники качения			Шпоночное соединение	
	D_1	D_2	D_3	S_{max}	S_{min}	Отв. $\frac{ITD_1}{\sigma_{тех}}$	№ поз.	Условное обозначение	Радиальная нагрузка, кН	d	b
	мм			мкм						мм	
1	100	220	306	180	15	4	4	7522А	20	100	28
2	110	290	386	225	0	5	18	6-326	30	110	28
3	75	200	398	145	20	4,5	4	7318А	25	75	20
4	96	230	346	210	50	3	18	6-324	26	96	28
5	110	288	340	190	16	4	4	7324А	32	110	28
6	82	220	376	285	50	5	18	6-220	15	82	22
7	85	220	320	230	0	4,5	4	7221А	23	85	22
8	130	290	356	260	20	3,5	18	230	20	130	32
9	95	280	330	280	0	5	4	7322А	35	95	25
10	108	296	308	280	15	4	18	6-226	18	108	28

№ варианта	Шлицевое соединение			Резьбовое соединение						Зубчатая передача				
	Z	d	D	№ поз.	Обозначение резьбы	d_2 изм	ΔP_{II}	$\Delta\alpha/2_{пр}$	$\Delta\alpha/2_{лев}$	№ поз.	a	m	Z	V, м/с
		мм				мм	мкм	мин			мм			
1	10	72	82	6	M18x1	17,28	8	+15	-8	5	200	4	50	8
2	20	82	92	8	M8	7,25	12	-10	+5	9	200	4	75	8
8	16	62	72	6	M14x1,5	12,95	12	-8	+15	5	210	5	52	6
4	10	92	102	8	M10	8,92	15	-15	+5	9	250	5	80	6
5	10	102	112	8	M20	18,25	10	-20	+15	5	360	6	60	10
6	16	72	82	8	M24	21,9	16	+12	-18	9	360	4	90	10
7	20	92	102	6	M6	5,25	6	-8	+4	5	250	5	40	8
8	10	112	125	6	M16x1	15,23	15	+12	-10	9	250	5	60	8
9	20	102	115	8	M8	7,15	12	+8	-5	5	240	4	48	6
10	16	72	82	6	M10x1	9,28	20	-5	+10	9	240	4	72	6

№ варианта	Размерная цепь, размеры в мм						
	$A_{\Delta max}$	$A_{\Delta min}$	A_1	A_2	A_3	$A_4 = A_6$	A_5
1	2,5	1,0	12	3	146	56,0±0,5	25
2	3,0	1,2	8	3	140	54,5±0,5	25
3	2,8	1,0	6	2	125	46,5±0,5	28
4	3,5	2,0	8	2	115	37,0±0,5	34
5	3,2	1,2	12	2	145	54,5±0,5	25
6	4,0	2,0	10	3	152	54,5±0,5	36
7	2,8	1,0	8	2	128	39,5±0,5	32
8	3,0	1,2	10	3	120	42,5±0,5	28
9	2,5	0,5	8	3	160	54,5±0,5	45
10	3,5	1,2	10	3	155	56,0±0,5	35

2.6 Шпиндельная группа фрезерной головки станка

На рисунке 2.6 представлена шпиндельная группа фрезерной головки специального станка. Фрезерная головка симметрична.

На обоих концах шпинделя установлены фрезы 11, периодически снимаемые для заточки или переналадки станка. Зазор по посадочному диаметру D_3 оговорен заданием. При выборе посадки следует учесть, что по D_3 установлены еще регулировочная шайба и защитное кольцо.

Передача крутящего момента от шпинделя 6 на фрезы осуществляется посредством торцевых шпонок (на рисунке не показаны).

Крышка 7 установлена в корпус по D_1 с незначительным зазором и крепится болтами 12 с нормальной длиной свинчивания.

Косозубое зубчатое колесо 4 по D_2 хорошо сцентрировано относительно оси шпинделя и имеет две диаметрально расположенные призматические шпонки. Косозубое колесо 1 установлено на шлицевом валу 3. Шлицы в отверстии зубчатого колеса не закаливаются.

Зубчатая передача 1-4 скоростная, крупномодульная. Зубчатые колёса выполнены из закаливаемых марок сталей и могут нагреваться до температуры $+65^\circ\text{C}$. Станина выполнена из серого чугуна и нагревается не более чем до $+30^\circ\text{C}$.

Шпиндель и ведущий вал 3 монтируются на радиально-упорных подшипниках. Подшипники при работе имеют перегрузки до 300%, толчки и вибрации значительные, режим работы тяжёлый.

Гайки 14 ограничивают осевое смещение подшипников и имеют короткую длину свинчивания.

Между крышкой 7 и подшипником 5 предусмотрен тепловой зазор, величина которого обеспечивается расчётом размерной цепи.

Перечислим звенья размерной цепи:

A_1 и A_6 – монтажная высота подшипников 5 и 9;

A_2 и A_5 – высота распорных втулок 8;

A_4 – ширина зубчатого колеса 4;

A_7 и A_{11} – высота буртиков фланцев 7;

A_8 и A_{10} – толщина прокладок 13;

A_9 – корпусный размер.

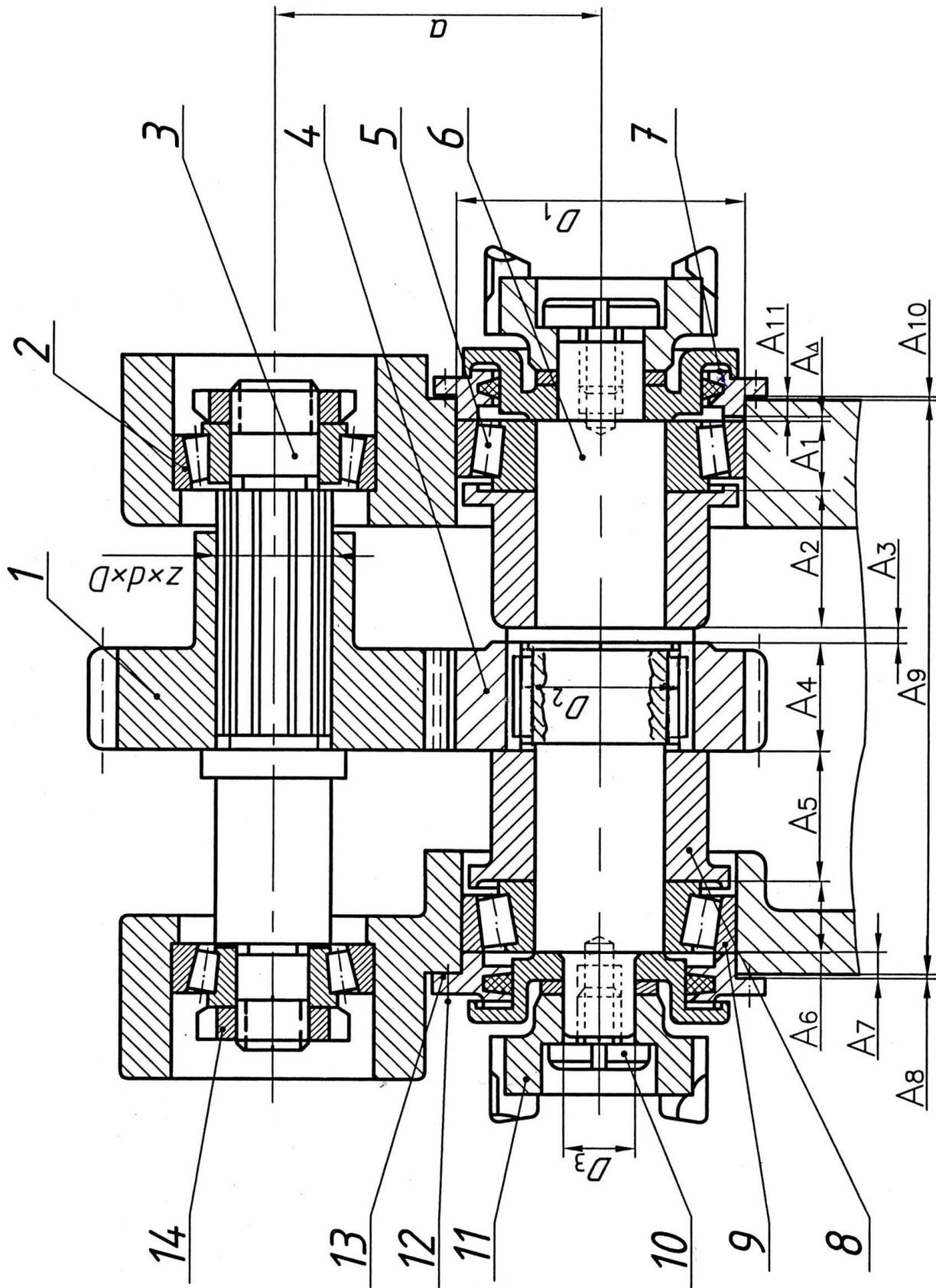


Рис.2.6 Шпиндельная группа фрезерной головки станка

Таблица 2.6 – Исходные данные к рисунку

№ варианта	Гладкие цилиндрические соединения						Подшипники качения			Шпоночное соединение	
	D_1	D_2	D_3	S_{max}	S_{min}	Отв. ITD_3	№ поз.	Условное обозначение подшипника	Радиальная нагрузка, кН	d	b
	мм			мкм		$\sigma_{тех}$				мм	
1	100	50	30	30	7	5,5	2	6-7211A	18	50	14
2	130	65	32	25	0	5	5	7312A	20	65	18
3	130	80	40	55	25	4	9	7513A	22	80	22
4	110	60	32	38	10	4,5	2	7310A	15	60	18
5	120	70	60	50	10	3	5	6-7213A	18	70	20
6	140	85	42	40	0	3,5	9	7516A	30	85	22
7	150	75	35	55	25	4	2	6-7314A	25	75	20
8	100	55	28	40	5	4,5	5	7309A	16	55	16
9	130	80	38	52	8	5,5	9	6-7514A	28	80	22
10	110	65	36	42	2	5	5	7512A	25	65	18

№ варианта	Шлицевое соединение			Резбовое соединение						Зубчатая передача				
	Z	d	D	№ поз.	Обозначение резьбы	d_2 изм	ΔP_n	$\Delta\alpha/2пр$	$\Delta\alpha/2лев$	№ поз.	a	m	Z	$V, м/с$
		мм				мм	мкм	мин			мм			
1	8	62	68	14	M48x2	46,54	12	+5	-3	1	150	5	36	30
2	10	72	82	10	M20x2	18,55	10	+8	-5	4	150	5	24	15
3	10	82	88	12	M6	5,28	5	-3	+5	1	144	4,5	40	18
4	8	56	62	12	M8	7,12	8	+5	+10	4	144	4,5	24	10
5	10	72	78	10	M16x1	15,26	12	0	-12	1	225	6	45	16
6	10	82	92	14	M56x2	54,58	15	+15	-10	4	225	6	30	28
7	20	82	92	10	M18x1,5	16,95	14	+10	-8	1	200	5	48	16
8	8	46	54	12	M8	7,13	8	+5	-5	4	200	5	32	25
9	10	72	78	14	M52x2	50,58	16	+8	+6	1	140	4	42	10
10	16	62	72	12	M8x1	7,28	12	-6	+4	4	140	4	28	30

№ варианта	Размерная цепь, размеры в мм								
	$A_{\Delta max}$	$A_{\Delta min}$	$A_1 = A_6$	$A_2 = A_5$	A_3	A_4	$A_7 = A_{11}$	$A_8 = A_{10}$	A_9
1	3,5	0,5	22,75±0,25	45	6	50	4	2,0	196
2	3,5	0,5	33,5±0,25	48	6	50	5	2,5	235
3	2,8	0,3	33,5±0,25	42	6	45	5	2,5	200
4	3,2	0,6	29,25±0,25	40	4	45	4	2,0	192
5	3,0	0,4	24,75±0,25	55	5	60	5	2,5	230
6	3,5	0,5	35,25±0,25	60	4	60	5,5	3,0	260
7	3,0	0,5	38,0±0,25	50	3	50	5	2,0	236
8	2,7	0,4	27,25±0,25	48	4	50	5	2,5	210
9	2,5	0,5	33,5±0,25	46	4	40	4	2,5	210
10	3,5	0,5	29,75±0,25	44	7	40	5	2,5	210

3 Контроль знаний

1. Что называется посадкой и типы посадок?
2. Как определить допуск посадки?
3. Методы назначения посадок и области их применения.
4. Области применения системы отверстия и системы вала.
5. В курсовой работе какие соединения выполнены по системе вала?
6. Чем отличаются и что общего у заданных соединений ($50H8-e8$; $50E8-h8$); ($72H9-f9$; $72F9-h9$; $72H6-k5$); ($24H7-p6$; $24H7-z6$); ($120H8-f8$; $120H9-f9$)?
7. По какому принципу проектируются калибры?
8. Как расшифровать маркировку на калибре?
9. Как оценивается годность деталей при допусковом контроле?
10. Что является замыкающим звеном в размерной цепи?
11. Как определить номинал и допуск замыкающего звена?
12. Чем отличается прямая и обратная задачи при решении размерной цепи?
13. Как определить увеличивающие и уменьшающие звенья в цепи?
14. Как расшифровать условное обозначение подшипника?
15. Что определяет выбор посадки для колец подшипника?
16. Если вращается вал, какую нагрузку испытывает внутреннее (наружное) кольцо подшипника?
17. Как расшифровать условное обозначение резьбы $M36 \times 1,56H-6g$?
18. Основные элементы профиля резьбы.
19. Что называется средним диаметром?
20. С какой целью вводится приведенный средний диаметр?
21. Условия годности среднего диаметра резьбы.
22. Области применения шпоночных и шлицевых соединений.
23. Что влияет на выбор посадок в шпоночном соединении?
24. Какие требования предъявляются к расположению шпоночных пазов?
25. Что влияет на выбор способа центрирования в шлицевом соединении?
26. Как обозначается на чертеже шлицевое соединение?
27. Что означает модуль зубчатой передачи?
28. Как указывается точность зубчатой передачи?
29. Что означает понятие «вид сопряжения» зубчатой передачи?
30. Параметры, характеризующие кинематическую точность (плавность работы, контакт зубьев)
31. Что означает понятие «длина общей нормали» зубчатого колеса?
32. Какие факторы определяют выбор средств измерений?
33. Основные метрологические характеристики средств измерений.
34. С какой целью вводится производственный допуск?
35. Какие погрешности необходимо устранить до начала процесса измерений?
36. Чем отличается контроль от измерения?
37. Какие элементы резьбы контролируют резьбовые калибры?
38. Можно ли рычажной скобой измерить отверстие?
39. Основные принципы построения ЕСДП.

Список литературы

Основная

1. Лагуткин С.В. Нормирование точности изделий машиностроения. Учебное пособие. – Новоуральск: НТИ НИЯУ МИФИ, 2015. – 207 с.
2. Анухин В.И. Допуски и посадки: Учебное пособие. – СПб.: Питер, 2012. – 256 с.
3. Допуски и посадки: Справочник в 2-х ч./ М.А. Палей, А.Б. Романов, В.А. Брагинский. – Л.: Политехника, 1991.
4. Исполнительные размеры калибров: Справочник в 2-х кн. / Книга 1 / И.А. Медовой, Я.Г. Уманский, Н.М. Журавлев – М.: Машиностроение, 1980. – 384 с.

Дополнительная

5. Допуски и посадки (Основные нормы взаимозаменяемости): Учеб. пособие для студентов машиностроит. спец. вузов / И.М. Белкин. – М.: Машиностроение, 1992. – 528 с.
6. Допуски и посадки: Справочник в 2-х ч. / под ред. В.Д. Мягкова. – Л.: Машиностроение, 1979. – 544 с.
7. Выбор показателей точности для типовых соединений в машиностроении: Учеб. пособие для студ. высших учеб. заведений, обучающихся по направлению "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств" / В.П. Меринов [и др.]. – Старый Оскол: ТНТ, 2014. – 124 с.

Приложение – Образец оформления титульного листа

«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

НОВОУРАЛЬСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

КАФЕДРА ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ

КУРСОВАЯ РАБОТА

по дисциплине

«Нормирование точности в машиностроении»

на тему: *«Нормирование точности деталей сборочной единицы»*

Вариант _____

Выполнил:

студент группы _____
(шифр) (подпись) (Фамилия и инициалы)

Руководитель _____
(Фамилия и инициалы преподавателя)

Сдана на проверку _____
(дата)

Зачтено _____
(Оценка, дата и подпись преподавателя)

Новоуральск 2015

«Нормирование точности в машиностроении»

**НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ
ДЕТАЛЕЙ СБОРОЧНОЙ ЕДИНИЦЫ**

Методические указания и сборник заданий
по выполнению курсовой работы
для студентов по направлению подготовки 15.03.05
«Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств»
(все формы обучения)

Лагуткин Станислав Владимирович

Сдано в печать

Формат

Бумага писчая

Печать плоская

Усл.печ.л.

Уч.изд.л.

Тираж экз.

Заказ

Цена

Ксерокс НТИ 624130, Новоуральск, ул. Ленина, 85. Лицензия ИД №00751.