

**ОПД.Ф.02.04 ДЕТАЛИ МАШИН  
ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СОДЕРЖАНИЮ И  
ОФОРМЛЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА**

Методические указания для студентов машиностроительных  
специальностей всех форм обучения

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Изучение общетехнической дисциплины «Детали машин» студенты всех специальностей БГТУ заканчивают выполнением и защитой ими курсового проекта по деталям машин.

Целью данного курсового проектирования является: закрепление, углубление и обобщение знаний, полученных студентами не только при изучении курса «Детали машин», но и других дисциплин общетехнического цикла обучения (чертчения, сопромата и т.д.); применение полученных знаний к решению комплексной инженерной задачи по проектированию наиболее распространенных деталей и узлов машин; приобретение навыков производства расчетов, конструирования, составления пояснительных записок и разработки чертежей к проектируемым объектам; закрепление умения пользования справочной литературой, стандартами, таблицами и т.п.

Индивидуальные задания на курсовое проектирование деталей машин (пример см. с.5), содержащие кинематическую схему привода специального (к какому-нибудь из видов конвейеров и т.д.) или общего назначения и минимально необходимое число исходных данных (недостающими исходными данными нужно обоснованно задаваться в процессе проектирования), студентам выдает руководитель курсового проектирования.

Проект по деталям машин состоит из пояснительной записи и чертежей, а также спецификаций к сборочным чертежам и чертежу общего вида заданного привода.

Содержание пояснительной записи и основные требования к изложению и оформлению ее разделов рассмотрены в разд. 1 и 2 данных методических указаний.

В проекте по деталям машин надлежит выполнить 4,5 листа чертежей формата А1 (594 x 841 мм), из которых один лист должен быть отведен общему виду привода; один - сборочному чертежу редуктора привода; один - сборочному чертежу приводного вала конвейера; один - рабочему чертежу литой детали (корпуса редуктора или установочной плиты по указанию руководителя проектирования) или сборочному чертежу сварной детали (корпуса редуктора или установочной рамы) и 0,5 листа формата А1 - двум чертежам: какого-либо вала и зубчатого (червячного) колеса проектируемого редуктора (по выбору студента).

Общие указания по оформлению чертежей курсового проекта по деталям машин изложены в разд. 5 данной работы, а спецификаций - в разд. 4.

Пример содержания (но не исполнения!) чертежа общего вида привода показан на рис. 14.14 [1]; сборочных чертежей редукторов - на рис. 14.5 [1]; приводных валов конвейеров - на рис. 14.7 и рис. 14.12 [1]; сварных установочных рам - на рис. 14.6 [1] или рис. 14.2 и 14.3 [3]; рабочих чертежей деталей редуктора - на рис. 16.16, 16.19, 16.20, 16.21 [2] или на рис. 14.13, 13.18 - 13.22 [1]; литой установочной плиты - на рис. 12.2 [1], рис. 14.6 [3].

Пример оформления спецификации сборочного чертежа редуктора приведен в прил. 4 и 5 данной работы.

Помимо общих требований к содержанию и оформлению документов курсовых проектов, учитывая, что выбор двигателя и кинематический расчет привода оказывают решающее влияние на ход дальнейшего проектирования, в данной работе приведена (разд. 3) рекомендуемая методика этого выбора и расчета. Учет данных рекомендаций позволит студентам избежать типичных проектировочных ошибок.

В связи с тем, что защита студентами курсовых проектов является главным завершающим этапом учебного проектирования, в разд. 6 данной работы рассмотрены общие сведения о ее проведении. Использование этих сведений дает возможность студентам провести необходимую подготовку, обеспечивающую успешную защиту ими своих курсовых проектов.

## **1. ОФОРМЛЕНИЕ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ**

Пояснительную записку, как текстовой конструкторский документ, необходимо оформлять в соответствии с требованиями ГОСТ 2.105-79. Однако в учебных проектах допускаются некоторые (оговоренные ниже) отступления от этих требований.

Пояснительную записку выполняют рукописным способом (возможен машинописный способ или распечатка на принтере) на сброшюрованных в тетрадь листах писчей бумаги формата А4 (210 x 297 мм) с нанесением на них рамки (в учебных проектах без дополнительных граф) и соответствующей основной

надписи (прил. 2 и 3).

Рукописный текст выполняют черной тушью на одной стороне листа основным чертежным шрифтом (размером не менее чем 2,5 по ГОСТ 2.304-81). В учебном проектировании допускается написание текста пояснительной записи черными или синими чернилами (пастой) ясным, четким почерком, с высотой букв не менее 2,5 мм.

Формулы, обозначения величин, схемы и рисунки также необходимо выполнять черной тушью. Разрешается формулы и обозначения вписывать черными или синими чернилами (пастой), а эскизы, схемы и рисунки выполнять карандашом. Опечатки, описки и графические неточности можно исправлять закрашиванием специальной белой краской или аккуратной подчисткой и нанесением на этом месте исправленного текста или графического изображения. Повреждения листов, помарки и следы неполностью удаленных неточностей не допускаются.

Пояснительная записка должна включать в себя титульный лист (прил. 1); содержание; техническое задание; введение; основной текст, разбитый на разделы и подразделы (а при необходимости еще на пункты и подпункты); список литературы.

Все ее листы, кроме титульного, пронумеровывают. Нумерация должна быть сквозной. В общую нумерацию включают титульный лист, рисунки и таблицы, расположенные на отдельных листах, и список литературы.

Титульный лист, являющийся первым листом пояснительной записи, выполняют стандартным чертежным шрифтом черной тушью (допускается карандашом) на чертежной бумаге.

Содержание документа обязательно размещают в начале пояснительной записи, на ее заглавном и последующих (при необходимости) листах. Заглавный лист записи должен иметь основную надпись по форме 2, а остальные ее листы - по форме 2а (прил. 2 и 3). В содержании записи перечисляют заголовки всех ее разделов и подразделов с указанием номеров страниц, на которых помещены эти заголовки.

Бланк технического задания помещают вслед за содержанием записи.

Содержание основной текстовой части пояснительной записи делят (см. разд. 2 данной работы) на разделы и подразделы. Разделы в пределах всего документа должны иметь сквозную нумерацию арабскими цифрами с точкой в конце. Подразделы нумеруют в пределах каждого раздела. Номер каждого подраздела должен состоять из номера раздела и порядкового номера подраздела, разделенных точкой. Точку ставят и в конце номера подраздела, например: «14.3. Выбор числа зубьев звездочек цепной передачи». При необходимости подразделы разбивают на пункты и подпункты.

Наименование разделов должно быть кратким, соответствовать их содержанию и записываться в виде заголовка (в красную строку) прописными буквами. Высота цифр порядкового номера и букв наименований разделов должна быть одинаковой. Наименование подразделов записывают строчными буквами, кроме первой - прописной.

Если заголовок многострочный и одна из строк - короткая, то наименьшей по длине делают последнюю строчку заголовка. Не допускается перенос слов в заголовках и простановка точки в его конце.

Расстояние от верхней рамки листа до заголовка раздела должно быть не менее 10 мм. Расстояние между заголовком и последующим текстом должно составлять не менее 10 мм. Такое же расстояние необходимо соблюдать между заголовками разделов и подразделов.

Если текст раздела (подраздела) записывают на одном листе с текстом предыдущего раздела (подраздела), то расстояние между последней строкой

текста и последующим заголовком должно быть не менее 15 мм (прил. 2 и 3),

Излагать текст пояснительной записи необходимо кратко, четко, без употребления местоимений, с указанием литературы и с отметкой страниц (пример см. на с. 17), откуда взяты расчетные формулы, значения коэффициентов и другие величины, а также с необходимыми объяснениями расчетов, позволяющими разобраться в них без помощи автора.

Допускается изложение текста в безличной форме. Терминология и определения должны соответствовать установленным стандартами, а при их отсутствии - общепринятым в научно-технической литературе.

Сокращения слов в тексте, подписях и надписях на иллюстрациях не допускаются, кроме установленных ГОСТ 2.316-68; ГОСТ 7.12-93; ГОСТ 7.11-84. Расстояние от верхней рамки листа до границы текста, при отсутствии заголовка (прил. 3), должно составлять не менее 10 мм, от левой рамки - не менее 5 мм, от рамки основной надписи листа до нижней границы текста - не менее 10 мм, а от правой рамки листа - не менее 20 мм (в учебных проектах студентов это необходимо для размещения замечаний руководителя). Абзацы в тексте начинают отступом, равным 15-17 мм.

При изложении текста пояснительной записи особое внимание следует уделять написанию расчетных формул.

Формулы, встречающиеся в тексте, могут быть расположены как отдельными строками, так и непосредственно в тексте. Второй вариант записи применяют для несложных по структуре и коротких формул, а также для промежуточных и вспомогательных выражений.

Несколько коротких однотипных формул могут быть расположены на одной строке с отделением их друг от друга точкой с запятой.

Формулы вписывают от руки черными или синими чернилами (пастой) четко и ясно. При этом необходимо делать различие в написании прописных и строчных букв. Расстояние между строкой текста и формулой должно составлять 8-10 мм.

Высота знаков в формулах следующая: прописные буквы и цифры 6-8 мм, строчные буквы и цифры 3-4 мм, показатели степени и индексы 1,5-2 мм, причем размеры знаков в пределах всей пояснительной записи должны быть одинаковыми. При вписывании знаков сложения, вычитания, равенства, неравенства, корня, суммы и др. их середину необходимо располагать строго против горизонтальной черты дробей. Длина горизонтальной черты дроби должна быть равна размеру наибольшего из выражений ее числителя или знаменателя. Надстрочные индексы и показатели степени располагают выше, а подстрочные индексы - ниже строки. Скобки должны полностью охватывать по высоте заключенные в них выражения, причем открывающие и закрывающие скобки одного вида должны иметь одинаковую высоту.

Точку в качестве знака умножения ставят только между числовыми сомножителями, а также между буквенными сомножителями, но лишь в тех случаях, когда ее отсутствие может привести к разночтению, например:  $\sin a \cdot d$  (но лучше записать  $d \sin a$ ).

Перенос (при необходимости) формулы на другую строку допускается на математических знаках ( $=$ ,  $<$ ,  $\geq$  и т.п.), знаках « $+$ », « $-$ », знаке умножения « $\cdot$ ». На знаке деления перенос делать не рекомендуется. Знак, на котором сделан перенос формулы, повторяют на другой ее строке.

Расшифровка символов и числовых коэффициентов, входящих в формулу, если в тексте они упоминаются впервые, должна быть приведена в экспликации непосредственно под формулой, с указанием единиц измерения величин. В экспликации значение каждого символа дают с новой строчки в той последовательности, в какой они приведены в формуле. Символ отделяют от его

пояснения знаком тире. В конце каждой расшифровки (кроме последней) ставят точку с запятой, в конце последней - точку. Если формула имеет вид дроби, то сначала расшифровывают ее числитель, а затем - знаменатель. Первую строку расшифровки начинают со слова «где», без двоеточия после него. В этом случае после формулы ставят запятую (см. пример 1). Если экспликацию начинают со слова «здесь», то после формулы ставят точку, а слово «Здесь» пишут с прописной буквы.

При подстановке численных значений величин, входящих в формулу, числа необходимо располагать в том порядке, в каком располагаются в формуле эти величины. Вслед за простановкой числовых значений величин необходимо сразу записывать окончательный результат вычислений. Промежуточные результаты вычислительных операций, сокращения величин не указывают.

**Пример 1.** Расчетные напряжения растяжения  $\sigma_p$ , МПа, возникающие в поперечных сечениях стержня при его стационарном статическом нагружении, определяем по следующей, общеизвестной, формуле:

$$\sigma_p = N / A,$$

где  $N$  - продольная сила, возникающая в рассматриваемом поперечном сечении детали, Н;

$A$  - площадь рассматриваемого сечения,  $\text{мм}^2$ . В нашем случае имеем:  $N = 64$  Н;  $A = 1,6 \text{ мм}^2$ . Тогда расчетные напряжения растяжения  $\sigma_p$  составят

$$\sigma_p = 64 / 1,6 = 40 \text{ МПа}$$

Те формулы, на которые в дальнейшем даются ссылки, нумеруют арабскими цифрами сквозным образом в пределах всей пояснительной записи. Номер ставят в круглых скобках у правого края листа на уровне формулы. При переносе формулы с одной строки на другую номер ставят на уровне ее последней строки. Ссылку на порядковый номер формулы в тексте записи дают в круглых скобках, например: «...в формуле (5)...».

Условные буквенные обозначения (символы) физических величин, условные графические обозначения и математические знаки, используемые при написании формул и в тексте записи, должны соответствовать обозначениям, нормируемым стандартами, а при их отсутствии - общепринятым в научно-технической литературе. Для символов предпочтительно использовать прописные и строчные буквы латинского и греческого алфавитов. Один и тот же параметр в пределах всей пояснительной записи необходимо обозначать одним символом, например:  $T$  - крутящие моменты;  $F$  - силы;  $d$  - диаметры и т.п.

Чтобы установить различия между имеющимися разновидностями параметра, обозначенного одним символом, используют индексы, например: для силы трения общепринято обозначение  $F_f$  для осевой силы зацепления на венце непрямозубой шестерни -  $F_{a1}$ , а на венце непрямозубого колеса -  $F_{a2}$ , номинального крутящего момента -  $T_{\text{ном}}$  и т.д.

В пояснительной записи размерные величины нужно указывать в единицах измерения Системы Интернациональной (СИ) по ГОСТ 8.417 — 81. Буквенные обозначения единиц измерений, входящих в произведение, отделяют точками на средней линии, например:  $\text{Н}\cdot\text{м}$ . В буквенном отношении единиц измерений в качестве знака деления применяют одну горизонтальную или косую черту, например:  $\frac{m}{s}$  или  $m/s$ .

Произведение единиц измерений, находящееся в знаменателе дроби, при

использовании в качестве знака деления косой черты необходимо заключать в скобки, например:  $\text{мм} / (\text{м} \cdot \text{с}^2)$ .

Между последней цифрой размерного числа и обозначением единицы его измерения делается пробел величиной 3-5 мм, например: 40 кВт. Исключение составляют обозначения единиц измерения в виде знака, поднятого над строкой, например:  $20^{\circ}32'48''$ , 20,5 %.

Если значение размерной величины необходимо указать с его предельными отклонениями, то в этом случае числовое значение вместе с его отклонениями заключают в скобки и после скобок помещают единицу измерения, например  $(10 \pm 0,1)$  мм.

Для преимущественного применения в технической документации машиностроения ГОСТ 8.417 - 81 рекомендует следующие единицы измерений: для линейных размеров - мм; площади -  $\text{мм}^2$ ; осевых моментов инерции площади плоских фигур —  $\text{мм}^4$ ; осевых моментов сопротивления площади плоских фигур -  $\text{мм}^3$ ; сил - Н (или кН); моментов сил - Н · м (или Н · мм); давлений и механических напряжений - МПа.

Единица измерения одного и того же параметра в пределах пояснительной записи также должна быть одной и той же, например: единица измерения всех механических напряжений - МПа, моментов сил - Н · м и т.д. Если расчетная формула дает числовой результат в других единицах измерения, то после записи этого результата указывают его значение в принятой единице измерения, например:

$$\sigma_p = 64 / (1, 6 \cdot 10^{-6}) = 40 \cdot 10^6 \text{ Па} = 40 \text{ МПа.}$$

Эскизы, расчетные схемы, эпюры, кинематические схемы и другие виды иллюстрации в пояснительной записке к курсовому проекту по деталям машин помещают в разрывах ее текста или на отдельных нумеруемых листах. Расстояние от конечной строки предыдущего текста до иллюстрации принимают не менее 10 мм, а от нижней границы подписи иллюстрации до первой строки по следующего текста - не менее 15 мм.

В учебных целях иллюстрации указанных типов можно выполнять карандашом, но с соблюдением требований стандартов ЕСКД на машиностроительные чертежи и кинематические схемы. Число иллюстраций должно быть достаточным для необходимого пояснения текста записи.

Под каждой иллюстрацией должна находиться подпись, состоящая из обозначения (рис., график, схема, ил. и т.п.), № и наименования иллюстрации, соответствующего ее содержанию, например: «Рис. 2. Расчетная силовая схема валов привода ленточного конвейера».

Иллюстрации нумеруют арабскими цифрами сквозным способом в пределах пояснительной записи. Надписи и подписи иллюстраций должны содержать только принятые в тексте записи буквенные обозначения параметров, без их расшифровки на иллюстрации. Ссылки на иллюстрации делают по типу: Рис. 1 или (рис. 1), а на ранее упомянутые в тексте иллюстрации - по типу: см. рис. 1.

Список литературы, располагаемый в конце пояснительной записи, должен содержать необходимые данные о всех использованных в проекте печатных произведениях.

Основные требования к составлению этого списка:

- соблюдение рекомендаций ГОСТ 7.11-84 на библиографическое описание документов;
- максимальная краткость записи (ограничиться только теми элементами библиографического описания, которых будет достаточно для идентификации и

розвиска произведения);

- соблюдение норм ГОСТ 7.12 - 93 на сокращения слов и словосочетаний в библиографическом описании печатных произведений;
- сквозная в пределах пояснительной записи нумерация арабскими цифрами всех печатных произведений, на которые делают ссылки в тексте записи, в той их последовательности, в которой они впервые упоминаются в тексте.

Пример записи в списке литературы библиографического описания печатных произведений показан в разд. 7 данной работы.

## **2. РАЗДЕЛЫ ОБОБЩЕННОЙ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ИХ СОДЕРЖАНИЮ**

В общем случае основная текстовая часть пояснительной записи курсового проекта по деталям машин должна содержать следующие разделы:

Введение.

Выбор двигателя и кинематический расчет привода.

Силовой расчет привода.

Выбор типа зубьев колес зубчатых передач редуктора (или выбор вида червяка червячной передачи редуктора).

Выбор термообработки и материала для изготовления зубчатых (червячных) колес и валов (червяка) редуктора.

Выбор способа получения заготовок для зубчатых (червячного) колес (колеса) и валов (червяка) редуктора.

Выбор степени точности изготовления зубчатых (червячных) передач.

Выбор вида финишной операции получения зубьев колес (витков червяка).

Проектировочный расчет одной из ступеней редуктора (например, быстроХодной).

Проверочный расчет этой ступени редуктора на контактную прочность зубьев колес (червячного колеса).

Проверочный расчет этой же ступени редуктора на изгибную прочность зубьев колес (для червячных - только при  $Z_2 > 80$ ).

Проверочный расчет рассматриваемой ступени редуктора на отсутствие остаточных деформаций зубьев ее колес (червячного колеса) при действии пиковых нагрузок.

Геометрический расчет зацепления этой ступени редуктора.

Проектировочный тепловой расчет червячного редуктора.

Выбор расположения червяка относительно червячного колеса (последние два пункта - только для червячных редукторов).

Определение усилий в зацеплении колес рассматриваемой ступени редуктора.

При проектировании многоступенчатых редукторов для каждой из других его ступеней последовательно повторяют этот рассмотренный для одной ступени редуктора перечень разделов ее расчета.

Выбор смазки зубчатых (червячной) зацеплений передач (передачи) редуктора.

Выбор конструкции устройства для контроля уровня смазочного материала в корпусе редуктора.

Расчет ременной (цепной) передачи (при их наличии в приводе).

Подбор соединительной муфты (при их наличии в приводе) последовательно для каждого такого соединения валов привода.

Определение (конструктивно или расчетом) диаметральных размеров каждого (последовательно одного за другим) вала редуктора.

Подбор подшипников для каждого (последовательно одного за другим) вала редуктора.

Выбор смазки подшипников валов редуктора.

Выбор уплотнений валов редуктора.

Подбор подшипниковых крышек корпуса редуктора.

Выбор конфигурации и определение размеров основных элементов конструкции зубчатых (червячного) колес (колеса).

Подбор посадок основных деталей редуктора (зубчатых колес, подшипников, уплотнений, дистанционных и распорных втулок, мазеудерживающих колец, полумуфт, шкивов, звездочек).

Выбор и расчет соединений каждого (последовательно одного за другим) вала редуктора с размещаемыми на нем деталями передач (зубчатыми колесами, полумуфтами, шкивами, звездочками).

Выбор типа корпуса редуктора (литой или сварной) и определение размеров основных его элементов.

Проверочный тепловой расчет червячного редуктора.

Проверочный расчет на выносливость (последовательно одного за другим) каждого вала редуктора.

Проверочный расчет червяка на жесткость (остальных валов - при необходимости, устанавливаемой по результатам их проверки на выносливость).

Проверочный расчет на отсутствие остаточных деформаций при действии пиковых нагрузок (последовательно одного за другим) каждого вала редуктора.

Расчет предохранительного устройства привода (при его необходимости в приводе).

Выбор вида основания (литая плита или сварная рама) для совместной с двигателем установки редуктора и определение его основных размеров.

Выбор вида конструкции приводного барабана и определение его основных размеров (для ленточных конвейеров).

Выбор вида конструкции тяговой (тяговых) звездочки (звездочек) и определение ее (их) основных размеров (для цепных конвейеров).

Выбор термообработки и материала приводного вала (при его наличии в задании на курсовой проект).

Определение (конструктивно или расчетом) диаметров характерных участков приводного вала.

Подбор подшипников приводного вала.

Выбор смазки подшипников приводного вала.

Выбор уплотнений приводного вала.

Подбор корпусов и их крышек для подшипников приводного вала.

Выбор посадок деталей, располагающихся на приводном валу.

Выбор и расчет соединений приводного вала с размещаемыми на нем деталями (барабаном или тяговой звездочкой, полумуфтой или приводной звездочкой).

Проверочный расчет приводного вала на выносливость.

Проверочный расчет приводного вала на отсутствие остаточных деформаций при действии пиковых нагрузок.

Раздел «Введение» пояснительной записи курсового проекта по деталям машин необходимо начать с краткого описания назначения и возможных областей применения проектируемого изделия. Далее требуется описать самостоятельно выбранные студентом: вид работы, для выполнения которой предполагается использование проектируемого изделия; место его установки (на открытом воздухе или в помещении, помещение открытое или закрытое, отапливаемое или неотапливаемое, вентилируемое или нет, запыленное или сравнительно чистое, снабженное или нет подводом трехфазной электросети переменного тока) и условия его нагружения (непрерывное, кратковременное или кратковременно-

повторное; плавное, с незначительными, умеренными или сильными колебаниями нагрузки).

Затем нужно дать краткое описание устройства проектируемого изделия, взаимодействия его частей и анализ его заданной кинематической схемы.

В начале раздела «Выбор двигателя и кинематический расчет привода» требуется дать: краткое обоснование выбора (в соответствии с уже принятыми условиями эксплуатации привода) необходимого вида электродвигателя (обычно назначают асинхронные с короткозамкнутым ротором типа АИР); определение необходимого значения его номинальной мощности и желаемого диапазона частоты вращения его ротора; выбор конкретной марки (типоразмера) двигателя. Затем должен последовать кинематический расчет привода, заключающийся в определении необходимого (при выбранном типоразмере двигателя) значения общего передаточного числа привода  $i_{np}^{треб}$ , разбивке его на передаточные числа отдельных передач, входящих в состав проектируемого привода, и определении получающихся в этом случае частот вращения каждого из валов привода.

В связи с тем, что результаты расчетов, приведенных в этом разделе пояснительной записи, оказывают решающее влияние на правильность хода дальнейшего проектирования, то для облегчения работы студентов над курсовым проектом в данной методической разработке специально предусмотрен раздел 3. «Рекомендуемая методика выбора двигателя и кинематического расчета привода».

Раздел пояснительной записи «Силовой расчет привода» должен содержать расчет необходимой величины момента, вращающего каждый из валов привода при его номинальном нагружении.

Раздел «Выбор типа зубьев колес зубчатых передач редуктора» или «Выбор вида червяка червячной передачи редуктора» необходимо начинать с краткого описания видов зубьев, применяющихся для колес зубчатых передач редукторов (эвольвентные, неэвольвентные; прямые, косые и т.д.), или видов червяков (цилиндрические, глобоидные; архимедовы, конволютные и т.д.), их достоинств и недостатков. Далее нужно назначить конкретный вид зубьев для зубчатых колес проектируемого редуктора (вид червяка) и дать обоснование произведенного выбора.

Содержание двух последующих разделов основной текстовой части пояснительной записи к курсовому проекту по деталям машин полностью определяется их наименованиями и рассматривается в соответствующих разделах рекомендованной (разд. 7) литературы.

В начале раздела «Выбор термообработки и материала для изготовления зубчатых (червячных) колес и валов (червяка) редуктора» необходимо дать краткое описание тех видов термообработки зубьев колес (витков червяка) и валов редукторов, применение которых возможно в условиях заданной серийности производства проектируемого привода, их достоинств и недостатков. Далее надо назначить конкретный вид термообработки зубьев колес (витков червяка) и валов проектируемого редуктора с кратким обоснованием такого выбора. Затем приводят обоснованный выбор конкретной марки материала зубчатых колес (червяка и зубчатого венца червячного колеса) и валов проектируемого редуктора с назначением необходимого (по условию возможности применения типового технологического процесса принятой термообработки выбранного материала) диапазона твердости поверхности и сердцевины зубьев колес (витков червяка) и валов редуктора.

Содержание следующего раздела пояснительной записи полностью определяется его наименованием и рассматривается в соответствующих разделах рекомендованной литературы.

Раздел «Проектировочный расчет... ступени редуктора» (например, быстроходной) нужно начать с описания наиболее типичного для рассчитываемой ступени редуктора вида повреждений зубьев ее колес, который может появиться при эксплуатации привода, и выявления вида напряжений, лимитирующих в этом случае размеры передачи. Далее надо обоснованно выбрать вид зависимости для проектировочного расчета рассчитываемой ступени редуктора и определить основные параметры зацепления ее колес.

Содержание трех последующих разделов пояснительной записи полностью определяется их наименованиями и рассматривается в соответствующих разделах рекомендованной литературы. Необходимо только заметить, что каждый проверочный расчет ступени редуктора должен заканчиваться выводом, содержащим заключения, необходимые для оценки полученных результатов и дальнейшего хода проектирования.

Раздел «Геометрический расчет зацепления... ступени редуктора» (например, быстроходной) должен содержать расчет тех из основных параметров рассматриваемого зацепления, которые не определялись в процессе уже проделанных прочностных расчетов этой передачи (например: диаметров окружностей выступов и впадин зубьев колес или витков червяка, углов наружных и внутренних конусов конических колес, длины нарезанной части червяка и т.д.). Их определение рассматривается в соответствующих разделах рекомендованной (разд. 7) литературы.

Содержание пяти последующих разделов пояснительной записи полностью определяется их наименованиями и рассматривается в соответствующих разделах рекомендованной литературы.

Раздел «Расчет ременной (цепной) передачи» должен начинаться с краткого описания наиболее часто применяемых видов стандартизованных приводных ремней (цепей), их достоинств и недостатков. Далее надо описать наиболее характерные виды повреждений ремней (цепей), которые могут возникнуть при эксплуатации проектируемого привода, и выбрать необходимые критерии работоспособности рассчитываемой передачи. Затем нужно назначить конкретный вид ремня (цепи) для проектируемой передачи с гибкой связью и дать обоснование произведенного выбора.

Содержание дальнейшего расчета ременной (цепной) передачи рассматривается в соответствующих разделах рекомендованной литературы. Следует заметить, что расчет ременной (цепной) передачи должен заканчиваться определением усилия, которым она нагружает соединяемые ею валы.

Затем требуется обосновано выбрать и нарисовать в разрыве текста пояснительной записи эскизы выбранных конструкций двух шкивов (звездочек) передачи, назначить материалы для их изготовления (и термообработку для звездочек) и определить размеры основных элементов их конструкций.

В начале раздела «Подбор муфты для соединения вала редуктора с валом.....» (например, электродвигателя) необходимо дать краткое описание тех типов стандартизованных муфт, применение которых целесообразно для соединения рассматриваемых валов в принятых (в разд. «Введение» пояснительной записи) условиях эксплуатации проектируемого привода, их достоинств и недостатков. Затем нужно выбрать в соответствии с требуемой величиной  $T_{pm}$  передаваемого ими расчетного крутящего момента необходимые типоразмеры принятых к рассмотрению разновидностей муфт и назначить конкретную муфту, отдавая предпочтение в первую очередь той, которая имеет большие компенсирующие возможности и меньшие радиальные габариты. Далее надо определить нагрузку, передающуюся от выбранной муфты на соединяемые ею валы привода.

Характер содержания раздела «Определение диаметральных размеров.....»

(например, быстроходного) вала редуктора» зависит от принятого метода их определения.

Если на консолях рассматриваемого вала располагается стандартизованное изделие (например, муфта), то в этом случае его диаметральные размеры назначают конструктивно (без применения для их определения проектировочного расчета вала). В связи с этим рассматриваемый раздел пояснительной записи необходимо начинать с обоснования целесообразности назначаемой для данного вала его продольной конфигурации. Он должен содержать также эскиз принятой конфигурации вала и мотивированное обоснование выбора конкретных значений диаметральных размеров всех характерных его участков.

Если на консолях рассматриваемого вала располагается нестандартизованное изделие (шкив, звездочка, зубчатое колесо и др.) или консоли у вала вообще отсутствуют (промежуточные валы многоступенчатых редукторов), то в этом случае минимально допускаемое (по прочности) значение диаметров такого вала в его предположительно опасных сечениях определяют в ходе проектировочного расчета этого вала, а диаметральные размеры остальных его участков назначают конструктивно. Тогда рассматриваемый раздел пояснительной записи нужно начинать с описания разработки необходимой продольной конфигурации рассчитываемого вала редуктора, содержащего обоснование ее целесообразности и эскиз принятой для данного вала его продольной конфигурации. Далее должны следовать описания обоснования выбора для рассматриваемого вала редуктора его прочностной расчетной схемы (с ее зарисовкой под эскизом назначеннной продольной конфигурации вала) и построения (под выбранной прочностной расчетной схемой вала) эпюра его внутренних силовых факторов (изгибающих моментов  $M_{zop}$  в горизонтальной и  $M_{ver}$  в вертикальной плоскостях, крутящего момента  $T$  и продольной силы  $N$ ).

Затем приводят проектировочный расчет вала, содержание которого рассмотрено в соответствующих разделах рекомендованной литературы, и обоснование величин его конструктивно назначаемых диаметральных размеров.

Раздел «Подбор подшипников для... (например, быстроходного) вала редуктора» нужно начинать с краткого обоснования выбора типа подшипников для рассматриваемого вала проектируемого редуктора. Далее необходимо зарисовать схемы установки таких подшипников, применяемые в редукторостроении для валов, аналогичных проектируемому, описать их достоинства и недостатки, область применения и мотивировку выбора для рассматриваемого вала конкретной схемы установки его подшипников.

Затем должны следовать обоснование выбора критерия подбора подшипников для рассматриваемого вала редуктора и непосредственный подбор по этому критерию конкретных подшипников, содержание которого рассмотрено в соответствующих разделах рекомендованной литературы.

Содержание остальных последующих разделов основной текстовой части пояснительной записи полностью определяется их наименованиями и рассматривается в соответствующих разделах рекомендованной (разд.7) литературы.

Необходимо только заметить, что содержание разделов, относящихся к приводному валу, аналогично содержанию соответствующих разделов, относящихся к валу редуктора.

### 3. РЕКОМЕНДУЕМАЯ МЕТОДИКА ВЫБОРА ДВИГАТЕЛЯ И КИНЕМАТИЧЕСКОГО РАСЧЕТА ПРИВОДА

Тип электродвигателя [1, с. 517] и его серию [2, с. 382] для проектируемого привода необходимо назначать в соответствии с принятыми (в разд. «Введение» пояснительной записки курсового проекта по деталям машин) условиями его эксплуатации.

Конкретную марку (типоразмер) электродвигателя подбирают по каталогу назначеннной серии двигателей (обычно асинхронных с короткозамкнутым ротором типа АИР, техническая характеристика и основные размеры которых приведены в прил. 7 и 8), в соответствии с желаемым диапазоном  $D$  частоты вращения его ротора и требуемой (необходимой) величиной его расчетной мощности  $P_{\text{дв}}^{\text{треб}}$ , по следующему условию:

$$P_{\text{дв.ном}}^{\text{кат}} \geq P_{\text{дв}}^{\text{треб}},$$

где  $P_{\text{дв.ном}}^{\text{кат}}$  - номинальная мощность двигателя, указанная в его каталоге (максимальная мощность  $P_{\text{з.д.}}$ , при которой двигатель еще может длительно работать без перегрева).

Требуемую величину расчетной мощности электродвигателя  $P_{\text{дв}}$  определяют в соответствии с принятыми (в разд. «Введение») условиями нагружения проектируемого изделия.

При **непрерывном** режиме нагружения привода (когда продолжительность  $t_h$  его работы без пауз под нагрузкой, в том числе и номинальной, составляет не менее 60 мин, что является достаточным для достижения установившейся температуры нагрева электродвигателя) расчетную мощность двигателя даже при нестационарной (переменной во времени) внешней нагрузке  $P_{\text{дв}}^{\text{треб}}$  принимают равной мощности двигателя  $P_{\text{дв.ном}}^{\text{необр}}$  необходимой при номинальном нагружении проектируемого изделия (а не двигателя!), т.е. в этом случае имеем:

$$P_{\text{дв}}^{\text{треб}} = P_{\text{дв.ном}}^{\text{необр}}.$$

При **кратковременном** нагружении привода нестационарной нагрузкой (когда время нагружения  $t_h$  составляет  $10 \text{ мин} \leq t_h < 60 \text{ мин}$  и двигатель не успевает нагреться до установившейся температуры, а длительность  $t_h$  пауз в его работе достаточна для выравнивания температур двигателя и окружающего воздуха) электродвигатель подбирают не по необходимой  $P_{\text{дв.ном}}^{\text{необр}}$ , а эквивалентной (по нагреву) мощности  $P_E$ , т.е. в этом случае принимают

$$P_{\text{дв}}^{\text{треб}} = P_E.$$

Эквивалентную мощность  $P_E$  в рассматриваемом случае нагружения проектируемого изделия определяют по следующей зависимости:

$$P_E = P_{\text{дв.ном}}^{\text{необх}} \sqrt{\sum_{i=1}^k \left( \frac{T_i}{T_{\text{ном}}} \right)^2 \frac{t_i}{t_p}},$$

где  $k$  - число блоков в заданном режиме нагружения привода (см. с. 5);

$T_i$ ,  $t_i$  - параметры (соответственно, вращающий момент и суммарное время его действия за весь расчетный срок службы  $t_p$  проектируемого изделия)  $i$ -го блока заданного режима нагружения привода;

$T_{\text{ном}}$  - номинальный (наибольший из длительно действующих) вращающий момент заданного режима нагружения привода.

При стационарном внешнем нагружении принимают

$$P_E = P_{\text{дв.ном}}^{\text{необх}}.$$

При кратковременно-повторном режиме нагружения привода, т.е. когда продолжительность его одного периода эксплуатации  $t_H + t_n \leq 10$  мин и двигатель за время  $t_H$ , его непрерывной работы под нагрузкой не успевает нагреться до установившейся температуры, а за время паузы  $t_n$  не успевает охладиться до температуры окружающего воздуха, электродвигатель также подбирают по эквивалентной мощности  $P_E$ , но уже с учетом фактической (необходимой) продолжительности его включения  $\Pi B_\phi$ , %, характеризуемой заданной конкретной величиной:

$$\Pi B_\phi = \frac{t_n}{t_n + t_H} \cdot 100.$$

В этом случае расчетную мощность электродвигателя  $P_{\text{дв.ПВ}}^{\text{пред}}$  при стандартном значении его  $\Pi B$  (ближайшем к  $\Pi B_\phi$ ) вычисляют по следующей формуле.

$$P_{\text{дв.ПВ}}^{\text{пред}} = P_{\text{дв.ПВ}}^{\text{необх}} \sqrt{\sum_{i=1}^k \left( \frac{T_i}{T_{\text{ном}}} \right)^2 \frac{t_i}{t_p}} \sqrt{\frac{\Pi B_\phi}{\Pi B}}$$

где  $\Pi B$  - ближайшее к заданному  $\Pi B_\phi$  стандартное значение продолжительности включения двигателя, %, выбираемое из следующего ряда 15, 25, 40; 60.

По каталогу подбирают двигатель с таким значением его номинальной мощности  $P_{\text{дв.ПВ}}^{\text{кат}}$  при выбранном стандартном значении  $\Pi B$ , которое удовлетворяет следующему условию:

$$P_{\text{дв.ПВ}}^{\text{кат}} = P_{\text{дв.ПВ}}^{\text{пред}}.$$

В учебном курсовом проектировании по деталям машин обычно задают (явно или неявно, указывая окружное усилие  $F_t$  на расчетном диаметре  $D_p$  тяущего элемента проектируемого изделия - барабана, блока или звездочек(ах) и скорость движения  $V$  его тягового органа - ленты, каната или цепи) номинальную мощность

$P_{m\vartheta}$  на тянувшем элементе рабочего органа проектируемого изделия и его частоту вращения  $n_{m\vartheta}$ , мин<sup>-1</sup>.

В этом случае значение мощности двигателя  $P_{\text{дв.ном}}^{\text{необх}}$  необходимой при номинальном нагружении проектируемого изделия (а не двигателя), находят по следующей формуле

$$P_{\text{дв.ном}}^{\text{необх}} = P_{m\vartheta} / \eta_{\text{об}},$$

где  $P_{m\vartheta}$  - номинальная мощность на тянувшем элементе рабочего органа проектируемого изделия, кВт, определяемая (при необходимости) по зависимости

$$P_{m\vartheta} = F_1 V;$$

$\eta_{\text{об}}$  - общий КПД, в величину которого помимо КПД механических передач и муфт, составляющих проектируемый привод, входит КПД приводного вала  $\eta_{\text{пр.в}}$  проектируемого изделия.

В рассматриваемом случае значения  $\eta_{\text{об}}$  общего КПД рассчитывают по следующей формуле:

$$\eta_{\text{об}} = \eta_{\text{пр.в}} \prod_{i=1}^k \eta_i,$$

где  $k$  - заданное число механических передач и муфт проектируемого привода, последовательно расположенных от его приводного вала до вала электродвигателя;

$\eta_i$  - КПД  $i$ -го, последовательно расположенного, элемента привода проектируемого изделия.

Ориентировочные значения КПД некоторых механических передач приведены в [4, табл. 6.3], а КПД соединительных муфт составляет

$$\eta_m = 0,98 \dots 0,99.$$

При проектировании привода общего назначения обычно задают (явно или неявно, указывая номинальный крутящий момент) номинальную мощность  $P_{\text{пр.в}}$  на приводном валу или  $P_{\text{в.р}}$  на выходе редуктора и частоту вращения  $n_{\text{пр.в}}$  приводного вала или тихоходного вала редуктора  $n_T$ , мин<sup>-1</sup>.

В этом случае значение мощности двигателя  $P_{\text{дв.ном}}^{\text{необх}}$ , необходимой при номинальном нагружении проектируемого изделия, определяют по следующим зависимостям:

$$P_{\text{дв.ном}}^{\text{необх}} = \frac{P_{\text{пр.в}}}{\eta_{\text{пр}}}; \quad P_{\text{дв.ном}}^{\text{необх}} = \frac{P_{\text{в.р}}}{\eta_{\text{пр}}},$$

где  $\eta_{\text{пр}}$  - общий КПД заданного привода, в величину которого входят КПД механических передач и муфт, последовательно расположенных от приводного вала изделия или тихоходного вала редуктора до электродвигателя.

Необходимый диапазон  $D$  частоты вращения ротора выбранного элек-

тродвигателя вычисляют по следующей формуле:

$$D = n_{m.e} U_{\text{прив}}^{\text{рек}},$$

где  $n_{m.e}$  - заданная (явно или неявно) частота вращения тихоходного вала (тянущего элемента  $n_{m.e}$  приводного вала  $n_{\text{пр.в}}$  или тихоходного вала редуктора  $n_T$ ) проектируемого изделия,  $\text{мин}^{-1}$ , определяемая (при необходимости) по общепринятой зависимости  $n_{m.e} = 6 \cdot 10^4 V / \pi D_p$ ;

$U_{\text{прив}}^{\text{рек}}$  - диапазон рекомендуемых для заданного привода значений его общего передаточного числа.

Диапазон рекомендуемых для приводов значений их общих передаточных чисел рассчитывают по формуле

$$U_{\text{прив}}^{\text{рек}} = \prod_{i=1}^k U_i^{\text{рек}},$$

где  $k$  - число последовательно расположенных механических передач, составляющих рассматриваемый привод;

$U_i^{\text{рек}}$  - диапазон значений передаточного числа, рекомендуемый для  $i$ -ой, последовательно расположенной механической передачи, входящей в состав рассматриваемого привода.

Диапазоны рекомендуемых для некоторых видов одноступенчатых механических передач значений их передаточных чисел приведены в табл. 3.1, а методика определения необходимого диапазона  $D$  частоты вращения ротора выбираемого двигателя рассмотрена в примере 2.

Таблица 3.1

Диапазоны рекомендуемых [3, таб. 1.1] для некоторых видов одноступенчатых механических передач значений  $U^{\text{рек}}$  их передаточных чисел

Тип передачи	$U^{\text{рек}}$
Цилиндрическая прямозубая и косозубая	2,5...4,5
Цилиндрическая шевронная	3,0...5,0
Коническая прямозубая и с круговым зубом	2,0...3,5
Цепная и ременная	2,0...3,0
Червячная	16...32
Планетарная	6...8
Зубчатые передачи коробок скоростей	1,5...2,5

**Пример 2.** Определить необходимый диапазон  $D$  частоты вращения ротора электродвигателя, выбираемого для привода, который состоит из двухступенчатого конического - цилиндрического редуктора, соединенного муфтой с электродвигателем и цепной передачей - с приводным валом, если частота вращения приводного вала  $n_{\text{пр.в}} = 121,6 \text{ мин}^{-1}$ .

В соответствии с данными табл. 3.1 принимаем:

$$U_{\text{кон}}^{\text{рек}} = (2,0...3,5); U_{\text{цил}}^{\text{рек}} = (2,5...4,5); U_{\text{цп}}^{\text{рек}} = (2,0...3,0).$$

Тогда искомый диапазон  $D$  частоты вращения ротора электродвигателя составит

$$D = n_{np.v} U_{\text{кон}}^{\text{рек}} U_{\text{цил}}^{\text{рек}} U_{\text{ц.н}}^{\text{рек}} = 121,6(2,0...3,5)(2,5...4,5)(2,0...3,0) = \\ = (1200...5700) \text{ мин}^{-1}.$$

После определения по вышерассмотренной методике значения расчетной  $P_{\text{дв}}^{\text{нрбр}}$  и желаемого диапазона  $D$  частоты вращения его ротора из каталога принятой серии электродвигателей выбирают конкретный типоразмер (марку) двигателя и выписывают следующие параметры его характеристики: номинальную мощность  $P_{\text{э.д.}}$ , кВт; номинальную частоту вращения ротора  $n_{\text{э.д.}}$ , мин $^{-1}$ ; кратность  $\lambda_{\text{max}}$  максимального пускового момента  $\lambda_{\text{max}} = T_{\text{пуск}}^{\text{max}} / T_{\text{ном}}$  и посадочный диаметр консоли ротора  $d_1$ , мм.

Если в найденный диапазон  $D$  укладывается несколько стандартных частот вращения ротора двигателя (см. пример 2), то в этом случае предпочтение необходимо отдать электродвигателям, имеющим частоту вращения ротора  $n_{\text{э.д.}} \approx 1500$  мин $^{-1}$ , как наиболее распространенным в машинных приводах общего назначения.

Если типоразмер электродвигателя выбирался с использованием эквивалентной (по его нагреву) мощности  $P_E$ , то его необходимо проверить на отсутствие наступления «опрокидывания» (его остановки при номинальном нагружении привода) в том неблагоприятном случае, когда напряжение в электрической сети может быть понижено до 10%, что соответствует снижению движущего момента на 19%.

Условием отсутствия наступления «опрокидывания» двигателя в этом случае служит выполнение следующего неравенства:

$$P_{\text{э.д.}} > P_{\text{дв.ном}}^{\text{необх}} / 0,81 \lambda_{\text{max}},$$

где  $P_{\text{э.д.}}$  - номинальная (принятая по каталогу) мощность выбранного электродвигателя, кВт;

$P_{\text{дв.ном}}^{\text{необх}}$  - значение мощности двигателя, необходимой при номинальном нагружении проектируемого изделия, кВт;

0,81 - числовой коэффициент, учитывающий понижение на 19% движущего момента двигателя, которое возникает при падении на 10% напряжения в электросети;

$\lambda_{\text{max}}$  - принятая по каталогу кратность максимального пускового момента выбранного электродвигателя.

Рекомендуемая методика проведения кинематического расчета привода, заключающегося в определении требуемого (при выбранном двигателе) значения общего передаточного числа рассматриваемого привода; его разбивке (распределении) по передаточным числам механических передач, составляющих данный привод, и в определении частот вращения каждого из его валов, рассмотрена в примере 3.

**Пример 3.** Провести кинематический расчет привода, рассмотренного в примере 2, если в нем применяется электродвигатель АИР 90L4 ТУ16-525.564-84 (прил.7), имеющий номинальную мощность  $P_{\text{э.д.}} = 2,2$  кВт, частоту вращения

ротора  $n_{\vartheta,\delta} = 1395 \text{ мин}^{-1}$ , кратность максимального пускового момента  $\lambda_{\max} = 2,2$ , а необходимая (требуемая) частота вращения приводного вала  $n_{np,e}^{треб} = 121,6 \text{ мин}^{-1}$ .

Определяем требуемое значение  $U_{np}^{треб}$  общего передаточного числа привода

$$U_{np}^{треб} = \frac{n_{\vartheta,\delta}^{треб}}{n_{np,e}^{треб}} = \frac{1395}{121,6} = 11,47.$$

Требуемое значение  $U_{ped}^{треб}$  передаточного числа двухступенчатого коническо-цилиндрического редуктора, входящего в состав рассматриваемого привода, рассчитываем по следующей формуле:

$$U_{ped}^{треб} = \frac{U_{np}^{треб}}{U_{u,n}^{рек}},$$

где  $U_{u,n}^{рек}$  - рекомендуемое для цепной (ременной) передачи значение ее передаточного числа; для цепных и ременных передач обычно назначают минимальное из рекомендуемых для них значений передаточного числа.

Принимая, согласно данным табл. 3.1, для цепной передачи  $U_{u,n}^{рек} = 2,0$ , будем иметь

$$U_{ped}^{треб} = \frac{U_{np}^{треб}}{U_{u,n}^{рек}} = \frac{11,47}{2,0} = 5,73.$$

► Если редуктор соединен и с приводным валом, и с валом электродвигателя муфтами (цепная или ременная передача отсутствуют), то в этом случае  $U_{ped}^{треб} = U_{np}^{треб}$ .

Для одноступенчатых редукторов найденное значение  $U_{ped}^{треб}$  сразу же согласуется с ближайшим меньшим его стандартизованным значением  $U_{ped}^{ст}$  (табл. 3.2 и 3.3), а для **многоступенчатых** редукторов необходимо производить разбивку требуемого передаточного числа  $U_{ped}^{треб}$  по передаточным числам их ступеней.

Произведем разбивку требуемого передаточного числа  $U_{ped}^{треб} = 5,73$  для двухступенчатого коническо-цилиндрического редуктора по передаточным числам  $U_{кон}$  его быстроходной конической ступени и  $U_{цил}$  его тихоходной цилиндрической ступени.

Для получения приемлемых соотношений между размерами конических и цилиндрических колес редуктора рекомендуется следующее соотношение между их передаточными числами:

$$U_{кон}/U_{цил} = 0,8 \dots 0,9.$$

Тогда требуемое значение  $U_{кон}^{треб}$  передаточного числа быстроходной ко-

нической зубчатой передачи редуктора вычисляется по следующей формуле:

$$U_{\text{кон}}^{\text{треб}} = 0,95 \sqrt{U_{\text{ред}}^{\text{треб}}}.$$

В рассматриваемом случае будем иметь

$$U_{\text{кон}}^{\text{треб}} = 0,95 \sqrt{5,73} = 2,27.$$

Полученное значение передаточного числа конической зубчатой передачи редуктора согласовываем с ближайшим меньшим значением стандартизованного ГОСТ 12289 - 76 ряда передаточных чисел  $U_{\text{кон}}^{\text{ст}}$  (табл. 3.2).

Принимаем  $U_{\text{кон}}^{\text{ст}} = 2,24$ .

Определяем требуемое значение  $U_{\text{цил}}^{\text{треб}}$  передаточного числа цилиндрической зубчатой передачи редуктора

$$U_{\text{цил}}^{\text{треб}} = \frac{U_{\text{ред}}^{\text{треб}}}{U_{\text{кон}}^{\text{ст}}} = \frac{5,73}{2,24} = 2,56.$$

Полученное значение передаточного числа цилиндрической зубчатой передачи редуктора согласовываем с ближайшим значением стандартизированного ГОСТ 2185 — 66 ряда передаточных чисел  $U_{\text{цил}}^{\text{ст}}$  (см. табл. 3.2).

Принимаем  $U_{\text{цил}}^{\text{ст}} = 2,5$ .

В этом случае полученное соотношение  $U_{\text{кон}}^{\text{ст}} / U_{\text{цил}}^{\text{ст}} = 2,24 / 2,5 = 0,89$  лежит в рекомендуемых пределах.

**Таблица 3.2**

Выборка из стандартизованных рядов передаточных чисел одноступенчатых цилиндрических и конических зубчатых передач

$U^{\text{ст}}$	2,0	(2,24)	2,5	(2,8)	3,15	(3,55)	4,0	(4,5)	5,0
-----------------	-----	--------	-----	-------	------	--------	-----	-------	-----

Примечание. Предпочтительные значения передаточных чисел указаны без круглых скобок.

**Таблица 3.3**

Выборка из стандартизованного ГОСТ 2144 - 76 ряда передаточных чисел одноступенчатых червячных передач

$U_{\text{ч.н}}^{\text{ст}}$	16	(18)	20	(22,4)	25	(28)	31,5	(33,5)	40
------------------------------	----	------	----	--------	----	------	------	--------	----

Примечание. Предпочтительные значения передаточных чисел указаны без круглых скобок.

• Для цилиндрических двухступенчатых редукторов (из тех же соображений, что и в предыдущем случае) необходимо иметь  $U_b / U_T = 1,3 \dots 1,4$ .

Тогда рекомендуемое значение  $U_{\delta}^{rek}$  их быстроходной ступени будет определяться по следующей зависимости:

$$U_{\delta}^{rek} = 1,18 \sqrt{U_{ped}^{tреб}}.$$

- Для соосных цилиндрических редукторов желательно иметь

$$U_{\delta}^{rek} = 0,9 \sqrt{U_{ped}^{tреб}}.$$

- Для цилиндро-червячных двухступенчатых редукторов рекомендуется передаточное число  $U_{\delta}$  их быстроходной цилиндрической ступени принимать равным 2,0, либо 2,5. Это обусловлено необходимостью размещения быстроходной цилиндрической ступени в нижней части корпуса редуктора до его плоскости разъема.

Дальнейший ход кинематического расчета привода с этими типами редукторов аналогичен ходу кинематического расчета рассматриваемого привода.

Определяем так называемое «стандартизованное» значение  $U_{ped}^{cm}$  передаточного числа рассматриваемого двухступенчатого редуктора

$$U_{ped}^{cm} = U_{кон}^{cm} U_{цил}^{cm} = 2,24 \cdot 2,5 = 5,6.$$

Определяем требуемое (произведенной разбивкой  $U_{ped}^{cm}$  по ступеням редуктора) значение  $U_{\eta,n}^{tреб}$  передаточного числа цепной (ременной) передачи

$$U_{\eta,n}^{tреб} = U_{np}^{tреб} / U_{ped}^{cm} = 11,47 \cdot 5,6 = 2,05,$$

что лежит в рекомендуемых (табл. 3.1) для этих передач пределах их передаточных чисел.

При отсутствии в заданном приводе цепной или ременной передач этот пункт в его кинематическом расчете также отсутствует.

После определения значений передаточных чисел всех механических передач, составляющих привод проектируемого изделия, вычисляют частоту вращения каждого из его валов.

В рассматриваемом приводе быстроходный вал двухступенчатого коническо-цилиндрического редуктора соединяется с валом двигателя муфтой. В этом случае частота вращения  $n_1$  быстроходного вала редуктора составит

$$n_1 = n_{\vartheta,\delta} = 1395 \text{ мин}^{-1}.$$

► Если быстроходный вал редуктора соединяется с валом двигателя ременной или цепной передачей, то в этом случае частота вращения  $n_1$  этого вала редуктора будет

$$n_1 = n_{\vartheta,\delta} / U_{\vartheta,ce}^{tреб},$$

где  $U_{\text{г.сн}}^{\text{треб}}$  - требуемое значение передаточного числа передачи с гибкой связью (ременной или цепной), расположенной между двигателем и редуктором.

Определяем частоту вращения  $n_{11}$  промежуточного вала рассматриваемого редуктора (на котором располагаются коническое колесо и цилиндрическая шестерня).

В рассматриваемом случае имеем

$$n_{11} = n_1 / U_{\text{кон}}^{\text{см}} = 1395 / 2,24 = 622,76 \text{ мин}^{-1}.$$

► В одноступенчатом редукторе промежуточный вал отсутствует. В этом случае сразу определяют частоту вращения  $n_{11}$  тихоходного вала такого редуктора

$$n_{111} = n_1 / U_{\text{ред}}^{\text{см}}.$$

Определяем частоту вращения  $n_{111}$  тихоходного вала рассматриваемого редуктора (на котором располагается цилиндрическое зубчатое колесо). В рассматриваемом случае имеем

$$n_{111} = n_{11} / U_{\text{цил}}^{\text{см}} = 622,76 / 2,5 = 249,1 \text{ мин}^{-1}.$$

Вычисляем частоту вращения  $n_{\text{пр.в}}$  приводного вала

$$n_{\text{пр.в}} = n_{111} / U_{\text{ц.н}}^{\text{треб}} = 249,1 / 2,05 = 121,5 \text{ мин}^{-1},$$

что практически совпадает (так и должно быть при использовании в приводе цепной или ременной передачи) с его заданной частотой вращения

$$n_{\text{пр.в}}^{\text{треб}} = 121,6 \text{ мин}^{-1}.$$

► При использовании одноступенчатого редуктора будем иметь

$$n_{\text{пр.в}} = n_{11} / U_{\text{г.сн}}^{\text{треб}},$$

где  $U_{\text{г.сн}}^{\text{треб}}$  - требуемое значение передаточного числа передачи с гибкой связью (цепной или ременной), расположенной между редуктором и приводным валом.

► Если тихоходный вал редуктора соединяется с приводным валом муфтой, то в этом случае для двухступенчатого редуктора будем иметь  $n_{\text{пр.в}} = n_{111}$ , а при использовании одноступенчатого редуктора  $n_{\text{пр.в}} = n_{11}$ .

► Если редуктор проектируемого привода и с валом двигателя, и с приводным валом соединяют при помощи муфт, то в этом случае необходимо проверить величину  $\Delta n$  имеющегося отклонения от заданной частоты вращения приводного вала по следующему условию:

$$\Delta n = \frac{n_{np.v}^{trub} - n_{np.v}}{n_{np.v}^{trub}} 100\% \leq [\Delta n] = \pm 10\%.$$

## 4. ОФОРМЛЕНИЕ СПЕЦИФИКАЦИЙ

Правила составления спецификаций студенты изучают в курсе «Черчение». Ниже изложены те дополнительные сведения, связанные со спецификой учебного проектирования, с которыми студенты должны ознакомиться при выполнении ими курсового проекта по деталям машин, а также те, на которые целесообразно обратить их внимание в порядке повторения уже пройденного материала.

В учебном курсовом проектировании деталей машин спецификации составляют на следующие изделия: проектируемый привод в целом, его редуктор, а также сварные узлы (подредукторную раму или корпус редуктора), либо приводной вал конвейера, если в курсовом проекте они разрабатывались.

Спецификацию - конструкторский документ, содержащий текст, разбитый на графы, и определяющий состав специфицируемого изделия, а также всей другой конструкторской документации, относящейся к этому изделию, составляют на одной стороне отдельных листов формата А4 ватмана или писчей бумаги. На лист наносят рамку и основные надписи (прил. 4 и 5).

В учебных курсовых проектах спецификации отдельно не сбрасывают, а подшивают в конце пояснительной записи, не учитывая их в ее содержании и не включая в порядок нумерации ее листов. Ведомость спецификаций также не составляется.

В общем случае, согласно ГОСТ 2.108 — 68, спецификация состоит из 8-и разделов. Для учебного проекта по деталям машин из них оставлена только половина: «Документация», «Сборочные единицы», «Детали», «Стандартные изделия».

Наименование разделов в спецификацию записывают в виде заголовков в ее графе «Наименование» строчными буквами (кроме первой - прописной) и подчеркивают тонкой яркой прямой линией.

Ниже заголовка должна быть оставлена одна свободная строка, выше – не менее двух свободных строк. При этом следует резервировать и номера позиций, которые затем проставляют в спецификации при возникновении необходимости использования зарезервированных строк (прил. 4 и 5 данной работы).

В раздел «Документация» вносят следующие конструкторские документы специфицируемого изделия: сборочный чертеж или сборочные чертежи и чертежи общего вида, а также пояснительную записку.

В раздел «Сборочные единицы» и «Детали» вносят, соответственно, сборочные единицы и детали, входящие в состав специфицируемого изделия.

В раздел спецификации «Стандартные изделия» записывают изделия по категориям стандартов: государственные, республиканские, отраслевые, отраслевые нормали, нормали предприятий.

В пределах каждой из указанных категорий стандартов записывают группы изделий, объединенных по их функциональному назначению (например, крепежные изделия, подшипниковая группа и т.д.); в пределах каждой группы - в алфавитном порядке наименований изделий, включенных в эту группу (например, болты; винты; гайки и т.д.); в пределах каждого такого наименования - в порядке возрастания обозначения его стандартов (например, для болтов: ГОСТ 7795 -70; ГОСТ 7796 - 70; ГОСТ 7805 - 70 и т.д.); в пределах каждого обозначения стандарта - в порядке возрастания основных размеров (или других параметров)

изделия.

Пример записи в спецификации стандартных изделий показан в прил. 4 и 5 данных методических указаний.

В графе «Обозначение» указывают: для раздела «Документация» - обозначения записываемых в спецификацию конструкторских документов; для разделов «Сборочные единицы» и «Детали» - обозначения сборочных и рабочих чертежей, разработанных для специфицируемого изделия. В разделе «Стандартные изделия» эта графа спецификации не заполняется.

Принятая в курсовом проектировании деталей машин структура обозначений текстовых документов, чертежа общего вида, сборочных и рабочих чертежей приведена ниже:

ДМ **1** . **2** . **3** . **4** . **5** . **6** ,

где ДМ - аббревиатура дисциплины «Детали машин»;

1 - номер задания на курсовой проект, состоящий из двух цифр;

2 - номер варианта задания на курсовой проект, состоящий из двух цифр;

3 - номер позиции на чертеже общего вида изделия рассматриваемой сборочной единицы (например, редуктора); в обозначениях текстовых документов и чертежа общего вида на этом месте записывают «00»;

4 - номер позиции на сборочном чертеже рассматриваемой сборочной единицы (например, редуктора) входящей в ее состав сборочной единицы (например, фонарного маслуказателя); в обозначениях текстовых документов, чертежа общего вида изделия, сборочного чертежа и рабочих чертежей нестандартизованных деталей рассматриваемой сборочной единицы (редуктора) на этом месте записывают «00»;

5 — номер позиции на сборочном чертеже рассматриваемой сборочной единицы (редуктора) входящей в ее состав нестандартизированной детали (например, зубчатого колеса); в обозначениях текстовых документов, чертежа общего вида и сборочных чертежей на этом месте записывают «000»;

6 - шифр названия конструкторского документа (ПЗ - пояснительная записка; ВО - чертеж общего вида; СБ - сборочный чертеж), отсутствующий у спецификаций и рабочих чертежей деталей.

Например, обозначение пояснительной записи курсового проекта по деталям машин, выполненного в соответствии со 2-м вариантом 8-го задания, будет иметь следующий вид:

**ДМ 08.02.00.00.000 ПЗ**

Обозначение сборочного чертежа редуктора, имеющего на чертеже общего вида привода номер позиции 4, в этом случае будет выглядеть следующим образом:

**ДМ 08.02.04.00.000 СБ**

Обозначение сборочного чертежа сборочной единицы, имеющей на сборочном чертеже этого редуктора номер позиции 1, получит вид

**ДМ 08.02.04.01.000 СБ**

Обозначение рабочего чертежа детали, имеющей на сборочном чертеже этого редуктора номер позиции 15, примет вид

**ДМ 08.02.04.00.015**

В графу «Наименование» раздела «Документация» вносят только наименования документов, входящих в основной комплект документации специфицируемого изделия (кроме спецификации), располагаемые в следующей последовательности: для проектируемого изделия в целом - «Чертеж общего вида» и «Пояснительная записка», а для других специфицируемых узлов проектируемого

изделия — только «Сборочный чертеж»; раздела «Сборочные единицы» — наименования сборочных единиц специфицируемого изделия в соответствии с основной надписью их сборочных чертежей; раздела «Детали» — наименование нестандартизованных деталей специфицируемого изделия в соответствии с основной надписью их рабочих чертежей, начиная с основной из базовых деталей (например, картера корпуса редуктора или подредукторной плиты); раздела «Стандартные изделия» — наименование и условные обозначения стандартных изделий, примененных в специфицируемом изделии (например: «Болт М 16 х 40.3.6 ГОСТ 7805 - 70»).

Пример составления спецификации на редуктор показан в прил. 4 и 5 данных методических указаний.

## 5. ОФОРМЛЕНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

Правила оформления чертежей изучаются в курсе «Черчение». Ниже излагаются дополнительные сведения, связанные со спецификой учебного проектирования, с которыми студенты должны ознакомиться при выполнении ими курсового проекта по деталям машин, а также те, на которые целесообразно обратить их внимание в порядке повторения уже изученного материала.

В первую очередь надо отметить, что чертеж и расчет должны выполняться параллельно, таким образом, чтобы расчет лишь немногого опережал выполнение чертежа. В противном случае неизбежны ошибки, которые могут быть выявлены лишь в последствии, что повлечет за собой большую потерю труда и времени, поэтому следует придерживаться правила: все полученные расчетом размеры элементов проектируемого изделия немедленно проверяются путем их изображения на чертеже. В связи с этим приступать к вычерчиванию нужно сейчас же, как только предварительный расчет даст достаточно данных для выполнения чертежа.

При выполнении в процессе проектирования машин чертежей их узлов и деталей необходимо руководствоваться стандартами ЕСКД на чертежи в машиностроении. Чертить надо сразу во всех проекциях чертежа изделия. В противном случае это может привести к ошибкам и задержкам вычерчивания. Число проекций должно быть минимальным, но достаточным для того, чтобы чертежи полно и однозначно отражали устройство проектируемого изделия, а также его узлов и деталей.

Масштаб чертежей по возможности должен быть 1:1, и только при нецелесообразности его использования принимают по ГОСТ 2.301 - 68 другие масштабы.

Объектами учебных проектов по курсу «Детали машин» являются приводы различных устройств (см. с. 5). В соответствии с ГОСТ 2.102 - 68, для полной информации о приводе в целом, его эксплуатационной характеристике, основных размерах, взаимной связи отдельных его сборочных единиц и деталей, о присоединительных поверхностях и их размерах необходимо разрабатывать чертежи общего вида, габаритный и монтажный. Однако в учебных проектах для уменьшения объема графической работы вместо указанных трех чертежей выполняют один объединяющий их чертеж, **условно называемый чертежом общего вида привода**.

Чертеж общего вида привода выполняют карандашом на листе ватмана формата А1, снабженном рамкой и основной надписью, выполненной в соответствии с требованиями ГОСТ 2.104 - 68 и стандарта университета СТП БИТМ 012-85 (прил.6).

Изображение привода на чертеже общего вида выполняют в трех проекциях, применяя масштаб уменьшения (М 1:2; М 1:4; М 1:5), с разрезами (желательно в

масштабе 1:1) по устройствам (деталям), которые соединяют валы редуктора с валом двигателя и с приводным валом (муфтам, шкивам ременной передачи или звездочкам цепной передачи), показывающими способы их закрепления на этих валах.

Чертеж общего вида привода должен быть четким, однозначно и легко воспринимаемым. Его не следует загромождать мелкими деталями и элементами узлов, входящих в состав проектируемого привода, поэтому сборочные единицы и детали привода на этом чертеже изображают упрощенно. Болты, винты, гайки показывают осевыми линиями, кроме тех, которыми отдельные узлы привода прикрепляют к его плате (раме), а платы (рамы) — к полу, потолку и т.п.

Так как обычно все болты крепления каждого отдельного узла привода к плате (раме) и платы (рамы) к полу — одинаковые, то следует вычерчивать только один из этих болтов, а положение остальных необходимо показывать осевыми линиями

Чертеж общего вида привода помимо изображения самого привода должен содержать

- частичное изображение фундамента (или другой конструкции), к которому крепится фундаментная плита (рама) привода,
- габаритные размеры привода (его длину, ширину и высоту),
- присоединительные и монтажные размеры (посадочные диаметры изделий, расположенных на консолях валов редуктора, вала двигателя и приводного вала, размеры опорных поверхностей, диаметры и координаты крепежных отверстий, расстояния между осями сборочных единиц привода и др.),
- технические требования,
- техническую характеристику привода.

На чертеже привода на полках линий-выносок записывают номера позиций сборочных единиц и деталей, входящих в проектируемый привод

Технические требования составляют и размещают на поле чертежа в соответствии с указаниями ГОСТ 2 316 – 68. Текст технических требований помещают только на поле первого листа чертежа проектируемого изделия независимо от того, на скольких листах изображен чертеж данного изделия и на каких его листах находятся изображения, к которым относятся указания, приведенные в технических требованиях. Технические требования на чертеже общего вида привода размещают под заголовком «Технические требования» (без его подчеркивания и точки в его конце) над основной надписью чертежа и оформляют в виде колонки шириной не более 185 мм (не выходящей за габарит основной надписи чертежа). Допускается запись текста технических требований в две (и более) колонки, помещая вторую (и др.) колонку влево от основной надписи чертежа.

Содержание технических требований должно быть изложено в повелительном наклонении, кратко, четко и однозначно. Пунктам технических требований дают сквозную нумерацию арабскими цифрами, оканчивающуюся точкой. Каждый пункт записывают с красной строки основным чертежным шрифтом (ГОСТ 2 304-81) размером не менее 2,5, не проставляя точку в его конце.

В связи с тем, что в учебных целях чертеж общего вида привода включает в себя и монтажный чертеж, то в этом случае технические требования необходимо излагать в следующей последовательности

- указания, обеспечивающие безопасность работы обслуживающего персонала (например «Электродвигатель надежно заземлить», «Цепную (ременную) передачу закрыть защитным кожухом при окончательной сборке привода»; «Муфту поз..... закрыть защитным кожухом при окончательной сборке привода» и т.д.);
- указания, необходимые для проведения качественного монтажа привода

- (например: «Несоосность валов электродвигателя и редуктора не более.../100 мм»; «Перекос осей валов электродвигателя и редуктора не более...»; «Провисание приводной цепи (Натяжение ремня) обеспечить в пределах....»; «Фундаментные болты залить бетоном марки не ниже 400 после выверки положения фундаментной плиты (рамы) при окончательном монтаже привода» и т.п.);
- указания по эксплуатации привода (например: «В муфту поз..... залить на высоту ее нижнего зуба индустриальное масло И-Т-Д-220 ТУ 38 101 451-78»; «Внутришарнирное смазывание приводной цепи производить солидолом УС-2 ГОСТ 1033 - 79 не позже, чем через.... ч работы привода»; «Попадание горюче-смазочных материалов на приводные ремни категорически не допускается» и др.).

Помимо технических требований, на свободном поле первого листа чертежа привода должна быть размещена техническая характеристика привода, расширяющая сведения о проектируемом изделии.

Техническую характеристику размещают колонкой отдельно от технических требований, с самостоятельной сквозной нумерацией арабскими цифрами ее пунктов, оканчивающейся точкой, и снабжают заголовком «Техническая характеристика». Заголовок не подчеркивают и не ставят точку в его конце. Длина строк технической характеристики не должна превышать 185 мм. Каждый пункт технической характеристики записывают с красной строки основным чертежным шрифтом (ГОСТ 2.304 - 81) размером не менее 2,5.

В технической характеристике привода указывают величину и характер действующей нагрузки (стационарная или нестационарная с графиком ее изменения во времени; реверсивная или нереверсивная), скорости движения, номинальную мощность электродвигатель и КПД привода.

Например, для привода конвейера его техническая характеристика должна содержать следующие пункты:

1. Тяговое усилие конвейера  $F_t = \dots$  кН.
2. Скорость ленты (тяговой цепи) конвейера  $V = \dots$  м/с.
3. Общее передаточное число привода  $U_{np} = \dots$
4. Номинальная мощность электродвигателя  $P_{э д} = \dots$  кВт.
5. КПД привода  $\Gamma_{pr} = \dots$
- 6 Нагрузка нереверсивная, нестационарная.

### График нагрузки

Место, где должен быть изображен заданный график нестационарной нагрузки привода

Для привода общего назначения техническая характеристика должна содержать следующие пункты:

1. Номинальный крутящий момент на тихоходном валу редуктора  $T_T = \dots$  Н·м.
2. Частота вращения тихоходного вала редуктора  $n_T = \dots$  мин<sup>-1</sup>.
3. Передаточное число привода  $U_{np} = \dots$

Остальные ее пункты аналогичны пунктам предыдущей технической характеристики.

Сборочные чертежи узлов проектируемого изделия (редуктора, приводного вала, сварных рамы или корпуса редуктора) необходимо выполнять в соответствии с требованиями ГОСТ 2.109 - 73 и с учетом изменений ГОСТ 2.305 - 68, введенных с 01.01.90г., на листах ватмана формата А1, снабженных рамкой и

основной надписью, исполненной в соответствии с требованиями ГОСТ 2.104 - 68 и стандарта университета СТП БИТМ 012-85 (прил. 6).

Однако с учебно-методической точки зрения весьма важно, чтобы при выполнении курсового проекта студенты изучили не только взаимодействие деталей проектируемых узлов привода, но и назначение отдельных их конструктивных элементов. В связи с этим на сборочных чертежах **учебных** проектов недопустимы упрощения, которые предусмотрены пп 3.1.8; 3.1.11; 3.1.12; 3.1.13, а ГОСТ 2.109 - 73 для конструкторской документации реальных проектов.

Так, например, при вычерчивании обычных резьбовых соединений необходимо показывать зазор, имеющийся между стержнем болта (винта, шпильки) и отверстием детали; запасы резьбы и глубины сверления в резьбовых отверстиях деталей. На сборочном чертеже узла должны быть показаны и конструктивные элементы его деталей: канавки для выхода режущего инструмента (резца, шлифовального круга и т.д.), заход и выход от инструмента при нарезании зубьев и пазов, галтели валов и др. Не допускается упрощенное изображение подшипников и манжетных уплотнений, условное изображение крепежных изделий (болтов, винтов, шпилек, гаек и др.).

Изображение узла на его сборочном чертеже должно содержать минимально возможное число проекций, разрезов и сечений, но достаточное для того, чтобы по сборочному чертежу узла можно было разработать рабочий чертеж любой нестандартизированной детали, входящей в его состав.

На сборочных чертежах, в соответствии с требованиями ГОСТ 2.109-73, должны быть проставлены на полка линий-выносок номера позиций сборочных единиц и деталей, входящих в состав данного узла, и указаны следующие размеры:

- габаритные (длина, высота, ширина), требуемые для определения размеров места установки изделия, изготовления тары, транспортировки и пр.;
- установочные и присоединительные, необходимые для установки изделия на месте его монтажа, а также определения размеров и места расположения элементов, присоединяемых к данному узлу;
- посадочные, определяющие характер сопряжения соединяемых деталей (например: посадка зубчатого колеса на вал; посадки колец подшипников на вал и в отверстие корпуса и т.п.) и используемые для справок при разработке рабочих чертежей деталей, технологии сборки узла и пр.;
- расчетные и справочные (например: межосевое расстояние зубчатых колес и расстояние от основания корпуса редуктора до оси вращения его быстроходного и тихоходного валов с их предельными отклонениями; расстояние от оси редуктора до крайнего торца консоли одного из его валов; расстояние от основания корпуса редуктора до оси его маслоспускного отверстия и т.п.).

Помимо графического изображения узла на его сборочном чертеже должны быть размещены технические требования, а на сборочном чертеже редуктора - еще и его техническая характеристика.

Правила записи на сборочных чертежах технических требований и технической характеристики аналогичны рассмотренным выше для чертежа общего вида привода. Только необходимо отметить, что при отсутствии на чертеже технической характеристики заголовок «Технические требования» не пишут.

Технические требования на сборочном чертеже редуктора необходимо записывать в следующей последовательности:

- указания по его сборке (например: «Пятно контакта зубьев в зацеплении колес конической ступени редуктора по длине и высоте зуба должно быть

- не менее.... %»; «Пятно контакта зубьев в зацеплении колес цилиндрической ступени редуктора по длине и высоте зуба должно быть не менее.... %»; «Суммарный осевой зазор в подшипниках быстроходного вала редуктора должен быть в пределах.... мм»; затем должен идти повтор подобных требований для остальных валов редуктора; «Валы собранного редуктора должны проворачиваться от руки плавно, без рывков и заеданий»; «Редуктор обкатать под номинальной нагрузкой при частоте вращения быстроходного вала  $n_6 = \dots$  (указывается значение его номинальной частоты вращения, мин<sup>-1</sup>) в течение 1 ч. Выявленные недостатки (повышенный шум и нагрев, подтекание смазки) - устранить»; «Сопряженные поверхности корпуса и крышек при окончательной сборке редуктора покрыть тонким слоем герметика УТ-34 ГОСТ 24 285 - 80 »);
- указания по отделке (например: «Покрытие необработанных наружных поверхностей корпуса редуктора выполнить двухслойным: *Iр.ГФ – 020*  
*ЭМ.ПФ – 133 серая.IV.V1*»; «Покрытие внутренних необработанных поверхностей корпуса редуктора, отдушины, головки маслоуказателя и пробки маслосливной выполнить двухслойным: *Гр.ГФ – 020*  
*ЭМ.ПФ – 133 красная.IV.6 – V1* (красный цвет необходим здесь по правилам техники безопасности);
  - указания по эксплуатации (например: «В редуктор до верхней метки маслоуказателя залить масло «Индустриальное И-Т-Д-100 ТУ 38 101 451-78»; «Масло заменить через.... ч работы редуктора»).

Технические требования, предъявляемые к другим узлам проектируемого изделия, разрабатывают аналогично рассмотренному случаю.

Техническая характеристика редуктора должна содержать следующие пункты:

1. Номинальный крутящий момент на выходном валу  $T_T = \dots$  Н·м.
2. Частота вращения выходного вала редуктора  $n_T = \dots$  мин<sup>-1</sup>.
3. Передаточное число редуктора  $U_{\text{ред}} = \dots$ .
4. КПД редуктора  $\eta_{\text{ред}} = \dots$ .
5. Радиальная консольная нагрузка на валу не более:
  - входном.... Н;
  - выходном.... Н.
6. Нагрузка нереверсивная (или реверсивная), нестационарная (стационарная).

#### График нагрузки

Место для изображения графика  
нестационарной нагрузки

В учебных целях студенты выполняют рабочие чертежи только тех деталей, которые указаны в задании на курсовой проект. Их вычерчивают в соответствии с требованиями ГОСТ 2.109-73 и с учетом изменений ГОСТ 2. 305 -68, введенных с 01.01.90 г., а рабочие чертежи зубчатых и червячных колес дополнительно еще и ГОСТ 2.403 - 75, ГОСТ 2.404 - 75, ГОСТ 2.406 - 76 на листах ватмана, указанного в задании на курсовое проектирование формата, снабженных рамкой и основной надписью, выполненной в соответствии с требованиями ГОСТ 2.104 - 68 и стандарта университета СТП БИТМ 012

- 85 (прил. 6).

Рабочий чертеж детали должен содержать все данные, определяющие форму и размеры детали; предельные отклонения размеров, формы и расположения ее поверхностей; параметры шероховатости поверхностей детали; марку ее материала; предельные значения твердости, т.е. все данные, необходимые для изготовления и контроля детали, и которым она должна соответствовать перед сборкой.

Деталь на рабочем чертеже изображают в таком положении, в котором она проходит большинство операций ее механической обработки. В частности, продольную ось изображения деталей, представляющих собой тела вращения (валы, зубчатые и червячные колеса, шкивы и др.), располагают параллельно основной надписи чертежа.

Деталь располагают на чертеже вправо той ее стороной, с которой находится большее число обрабатываемых поверхностей.

При выполнении рабочих чертежей деталей ограничиваются минимально необходимым (для выявления формы детали и простановки размеров) количеством проекций, видов, разрезов и сечений. Лишние виды и разрезы затрудняют чтение чертежа и требуют дополнительной затраты времени и усилий на вычерчивание. Например, для деталей, представляющих собой тела вращения (валы, зубчатые колеса и др.), достаточно одной проекции с необходимым числом сечений и выносных изображений некоторых конструктивных элементов.

Центровые отверстия на рабочих чертежах валов не изображают и в технических требованиях никаких указаний не приводят, если их наличие конструктивно безразлично. Если же в центральном отверстии вала (по конструктивным соображениям) должна быть резьба, то на чертеже приводят только ее размеры: глубину отверстия под резьбу, ее тип, номинальный диаметр и длину нарезки.

Линейные и угловые размеры на рабочих чертежах деталей должны прописываться в соответствии с требованиями ГОСТ 2.307 — 68, а их предельные отклонения и посадки — с требованиями ЕСДП. При этом необходимо учитывать, что **условные** обозначения отклонений линейных размеров (например: « $\varnothing 32H7$ »; « $45h11$ ») применяют при среднесерийном и более крупных масштабах производства деталей, **числовые** обозначения предельных отклонений линейных размеров (например: « $\varnothing 18^{+0,008}$ ») — при единичном и мелкосерийном производстве, а предельные отклонения угловых величин указывают только их **числовыми** значениями.

Предельные отклонения формы и расположения поверхностей деталей на их рабочих чертежах указывают условными обозначениями по ГОСТ 2.308-79, параметры шероховатости поверхностей детали — ГОСТ 2.309—73, а термообработку — ГОСТ 2.310-68.

Правила записи на рабочих чертежах деталей технических требований аналогичны рассмотренным выше для чертежа общего вида привода. Только необходимо отметить, что в этом случае заголовок «Технические требования» отсутствует.

Технические требования на рабочих чертежах деталей необходимо записывать в следующей последовательности:

- требования, предъявляемые к материалу (при необходимости), заготовке, термической обработке (например: «Отливку выполнить по III классу точности ГОСТ 1855 - 55»; «Литье должно быть плотным. Раковины, посторонние включения, рыхлоты и др. дефекты литья на обрабатываемых поверхностях отливки не допускаются»; «Подвергнуть искусственному старению»; «Дробеструить»);
- к размерам заготовки (например: «Литейные уклоны типа II по ГОСТ 3212 -

- 57»; «Неуказанные радиусы 5 мм»);
- к предельным отклонениям размеров детали (например: «Неуказанные пред. откл. размеров: H14, h14,  $\pm$  IT 14/2»);
- к отделке, покрытиям поверхностей (например: «Покрытие необработанных внутренних поверхностей выполнить двухслойным: и далее - условное обозначение вида выбранных покрытий»; «Покрытие необработанных наружных поверхностей выполнить двухслойным: и далее указывается условное обозначение вида выбранных покрытий»).

Примеры содержания (а не исполнения!) рабочих чертежей деталей показаны на рис. 16.16; 16.19; 16.20; 16.21 [2].

## 6. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПРОВЕДЕНИИ ЗАЩИТЫ КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ

Если выполненный проект удовлетворяет всем предъявляемым к нему требованиям, то он допускается к защите, о чем преподаватель, руководящий проектированием, делает соответствующую надпись на его чертежах и пояснительной записке. Защита проекта студентом(кой) является завершающим этапом проектирования.

Во время защиты проекта студент(ка) докладывает содержание задания и пути его реализации в своем проекте, а также отвечает на вопросы преподавателей, входящих в комиссию по приему курсовых проектов. Доклад и ответы должны быть четкими, краткими, но исчерпывающими.

Студенты должны прежде всего хорошо разбираться в выполненнном ими курсовом проекте, т.е. уметь объяснить устройство и назначение спроектированного изделия; мотивированно обосновывать принятые конструктивные и технологические решения, выбор материалов, термообработок и критериев работоспособности деталей и узлов, методов расчета, расчетных зависимостей и пр. Они должны четко представлять значение каждой линии чертежей проекта, каждой подробности конструкции и расчета, уметь объяснить порядок сборки изделия, последовательность передачи нагрузки с одной детали на другую и т.д.

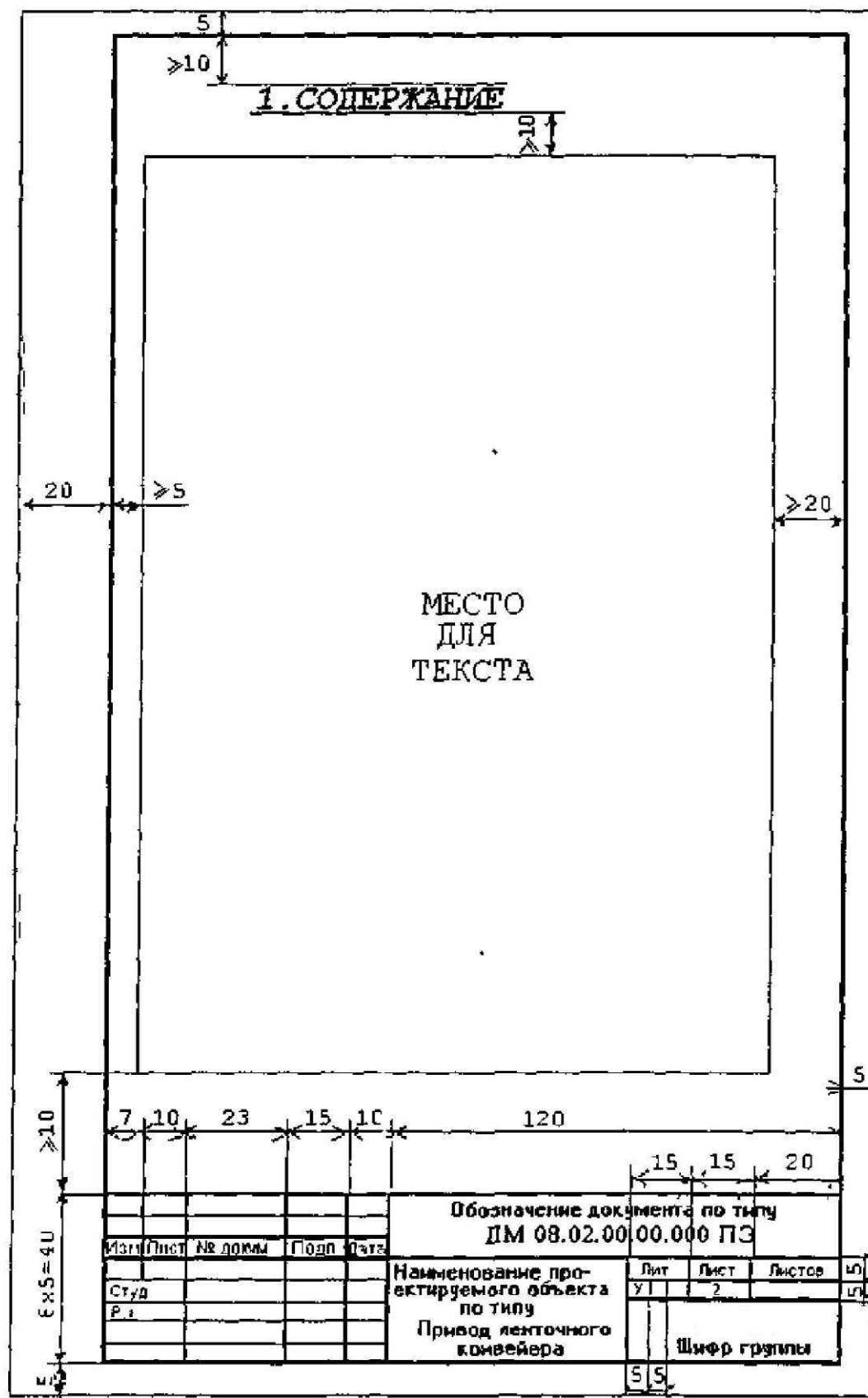
Защищая проект, студенты неизбежно показывают свои знания не только в области проектирования деталей машин, но и по другим дисциплинам: машиностроительному черчению, сопротивлению материалов, технологии металлов, металловедению и термообработке, теории механизмов и машин, теоретической механике, нормированию точности и др. Эти знания также учитывают при оценке защиты проекта.

Согласно существующему положению о курсовых экзаменах и зачетах в технических университетах, курсовые проекты по деталям машин после их защиты студентами оцениваются приемной комиссией дифференцируемой отметкой по четырехбалльной системе.

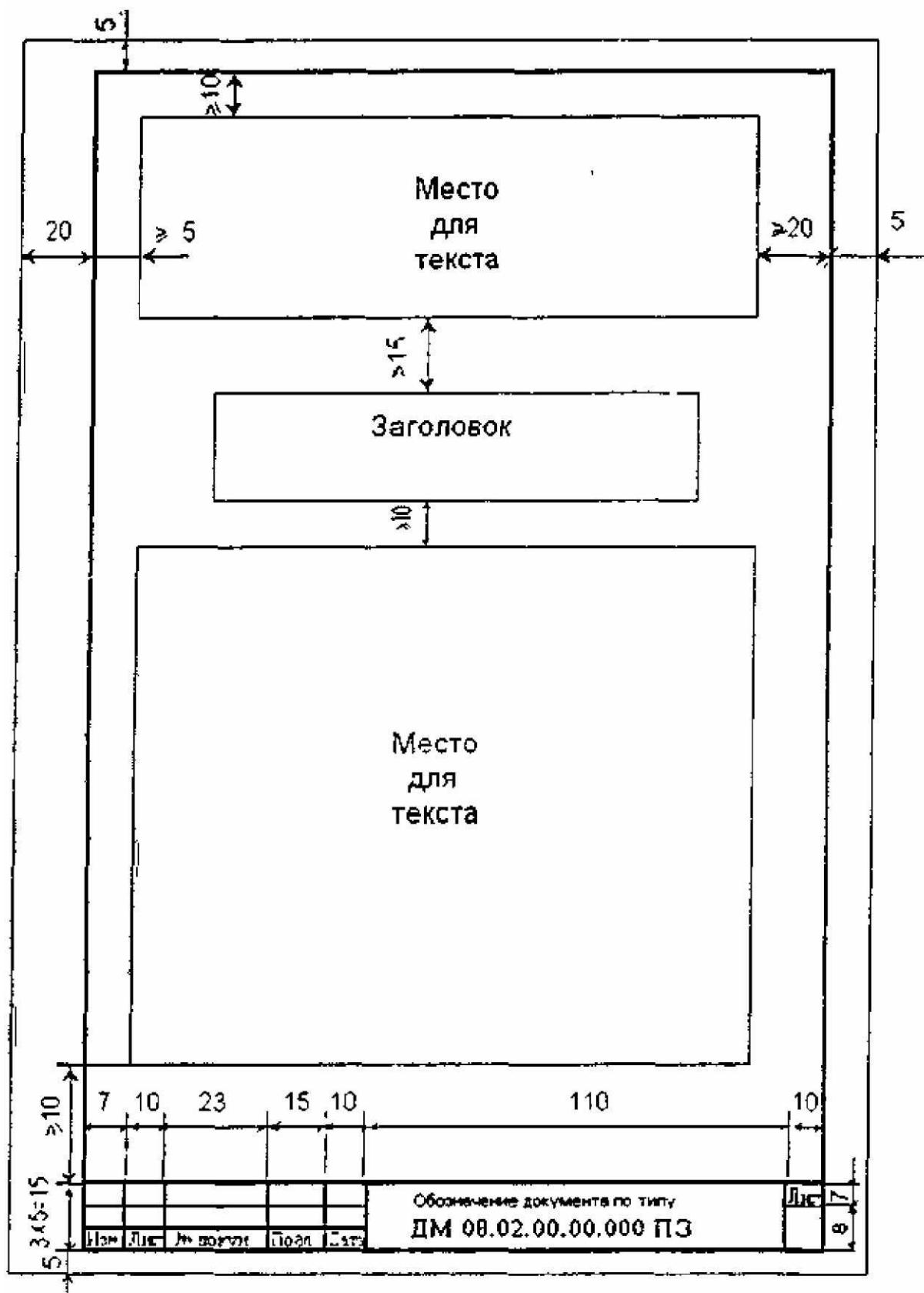
## 7. СПИСОК РЕКОМЕНДОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванов М.Н., Иванов В.Н. Детали машин: Курсовое проектирование. - М.: Высш.шк., 1975. - 551 с.: ил.
2. Кудрявцев В.Н., Державец Ю.А., Арефьев И.И. и др. Курсовое проектирование деталей машин - Л.: Машиностроение, 1984. - 400 с.: ил.
3. Дунаев П.Ф. Конструирование узлов и деталей машин - М.: Высш.шк., 1978.-352 с.: ил.
4. Чернин И.М. и др. Расчеты деталей машин - Минск: Вышэйшая школа, 1978.- 47.2 с.: ил.
5. Решетов Д.Н. Детали машин - М.: Машиностроение, 1989. - 496 с.: ил.
6. Иванов М.Н. Детали машин - М.: Высш.шк., 1991. - 383 с.: ил.
7. Кудрявцев В.Н. Детали машин - Л.: Машиностроение, 1980. - 464 с.: ил.

# СТРУКТУРА ЗАГЛАВНОГО ЛИСТА ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ



**ПРИМЕР СТРУКТУРЫ ОДНОГО ИЗ ПОСЛЕДУЮЩИХ  
(ПОСЛЕ ЗАГЛАВНОГО) ЛИСТОВ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ  
ЗАПИСКИ**



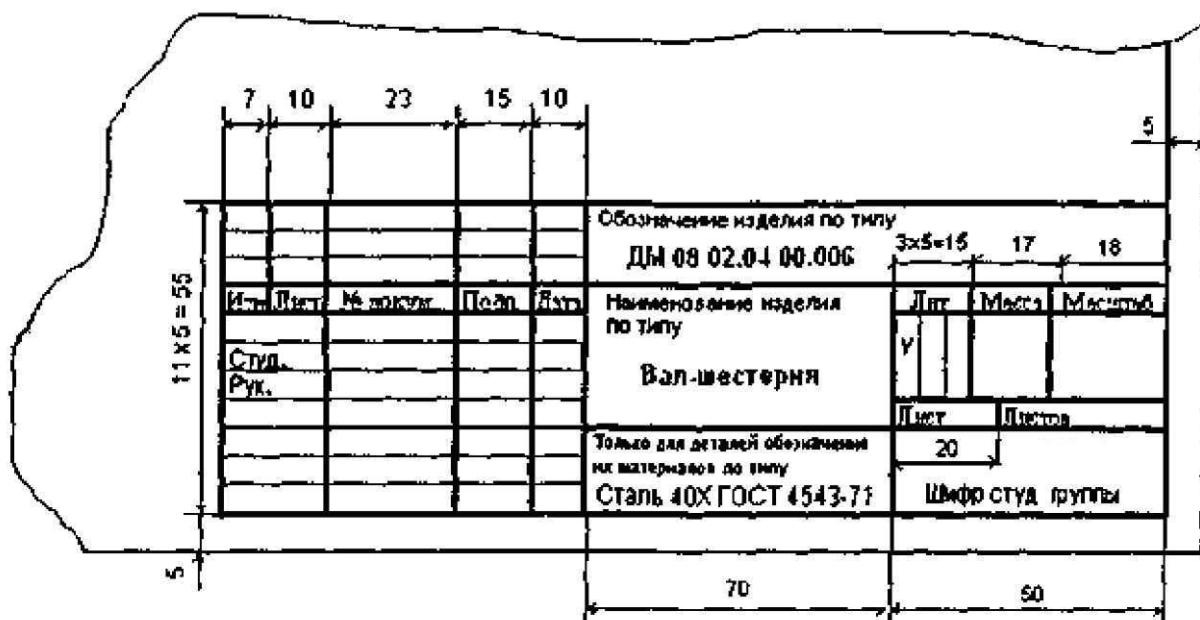
**ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ ТИТУЛЬНОГО ЛИСТА  
СПЕЦИФИКАЦИИ ПЛАНЕТАРНОГО РЕДУКТОРА**

Номер	Зона	Поз	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание				
15	6	6-9	70	63	10,1	22				
<b>Документация</b>										
ДМ 08 02 04 00 000 СБ				Сборочный чертеж						
<b>Сборочные единицы</b>										
20		1	ДМ 08 02 04 01.000 СБ	Маслоуказатель	1					
		2	ДМ 08 02 04.02 000 СБ	Отдушина	1					
<b>Детали</b>										
		4	ДМ 08 02.04 00 004	Корпус	1					
		5	ДМ 08 02 04 00 005	Крышка корпуса	1					
		6	ДМ 08 02.04 00 006	Вал-шестерня	1					
		7	ДМ 08 02 04 00 007	Колесо зубчатое	1					
<b>и т.д.</b>										
		37	ДМ 08 02.04 00.037	Прокладка регулировочная	2	Комплект				
<b>Стандартные изделия</b>										
				Болт М10-6g×30,56	4					
40				ГОСТ 7608-70						
				Винты ГОСТ 11738-84						
		41		М8-6g×30 56	6					
		42		М10-6g×25 56	12					
<b>Сборочное документа по типу</b>										
<b>ДМ 08.02.04.00.000</b>										
Изм. Лист. № листа			Лист	Прил.	Листов					
Студ.			VI	1	2					
Руч.			<b>3х5-15</b>							
			Шифр студ. группы							
<b>Вх5=40</b>										
<b>1 7 10 33 15 10</b>										

**ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ СЛЕДУЮЩЕГО (ЗА ТИТУЛЬНЫМ)  
ЛИСТА СПЕЦИФИКАЦИИ ПЛАНЕТАРНОГО РЕДУКТОРА**

Номер	Обозначение	Наименование	Кол-во	Примечание
6	6-8	70	10	22
46		Гайка M10.4 ГОСТ 2524-70	4	
47		Гайка M52x1,5-6Н0506		
		ГОСТ 11871-88	1	
20		Шайбы ГОСТ 6402-78		
49		8 65Г.05	6	
50		10 65Г.05	18	
		Шайба 52.08 кп. 05		
51		ГОСТ 11872-80	1	и т.д.
		Шпонки ГОСТ 23360-78		
56		8x7x50	1	
57		16x10x36	2	
		Штифты ГОСТ 3128-70		
58		6x12 016	3	
59		10x26 016	6	
60		Кольцо 40 ГОСТ 13941-88	1	
61		Кольцо 110 ГОСТ 13941-88	1	
62		Кольцо 80 ГОСТ 13942-88	1	
		и т.д.		
72		Подшипник 42208		
		ГОСТ 9329-75	6	
73		Подшипник 7211		
		ТУ 37 006 162-89	2	
		и т.д.		
84		Пробка ПМ16x1,5	1	
		МН 366-60		
5-16		Обозначение документа по типу	1	Лист
5-16		ДМ 08.02.04.00.000	2	
5-16	Имя Лист №	Фрагм. Позиц. Дата		
5-16	7 10	23 15 10	110	10

## ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ ОСНОВНОЙ НАДПИСИ ГРАФИЧЕСКИХ КОНСТРУКТОРСКИХ ДОКУМЕНТОВ



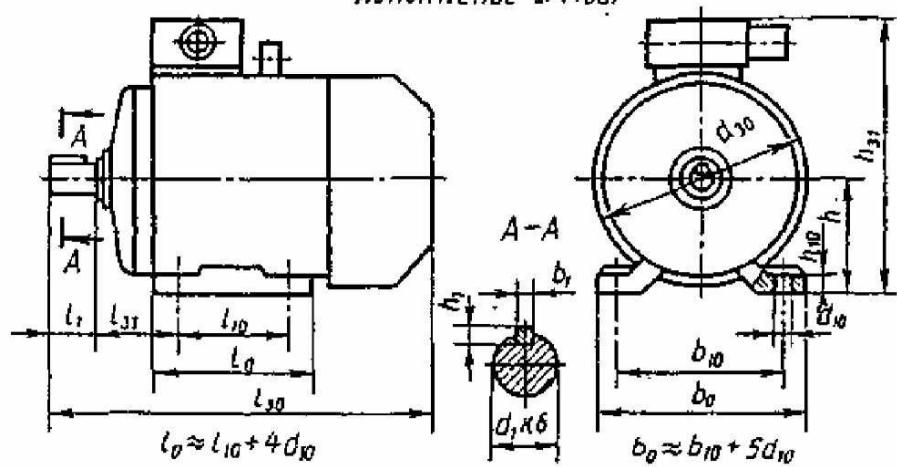
## ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ СЕРИИ АИР (ТИП/АСИНХРОННАЯ ЧАСТОТА ВРАЩЕНИЯ, МИН<sup>-1</sup>)

Мощность <i>P</i> , кВт	Синхронная частота, мин <sup>-1</sup>			
	3000	1500	1000	750
0,37	—	—	71A6/915	—
0,55	—	71A4/1357	71B6/915	—
0,75	71A2/2820	71B4/1350	80A6/920	90LA8/705
1,1	71B2/2805	80A4/1395	80B6/920	90LB8/715
1,5	80A2/2850	80B4/1395	90L6/925	100L8/702
2,2	80B2/2850	90L4/1395	100L6/945	112MA8/709
3	90L2/2850	100S4/1410	112MA6/950	112MB8/709
4	100S2/2850	100L4/1410	112MB6/950	132S8/716
5,5	100L2/2850	112M4/1432	132S6/960	132M8/712
7,5	112M2/2895	132S4/1440	132M6/960	160S8/727 <sup>3</sup>
11	132M2/2910	132M4/1447	160S6/970 <sup>4</sup>	160M8/727 <sup>3</sup>
15	160S2/2910 <sup>1</sup>	160S4/1455 <sup>2</sup>	160M6/970 <sup>3</sup>	180M8/731
18,5	160M2/2910 <sup>1</sup>	160M4/1455 <sup>2</sup>	180M6/980 <sup>3</sup>	—
22	180S2/2919 <sup>1</sup>	180S4/1462 <sup>3</sup>	—	—
30	180M2/2925 <sup>1</sup>	180M4/1470 <sup>1</sup>	—	—

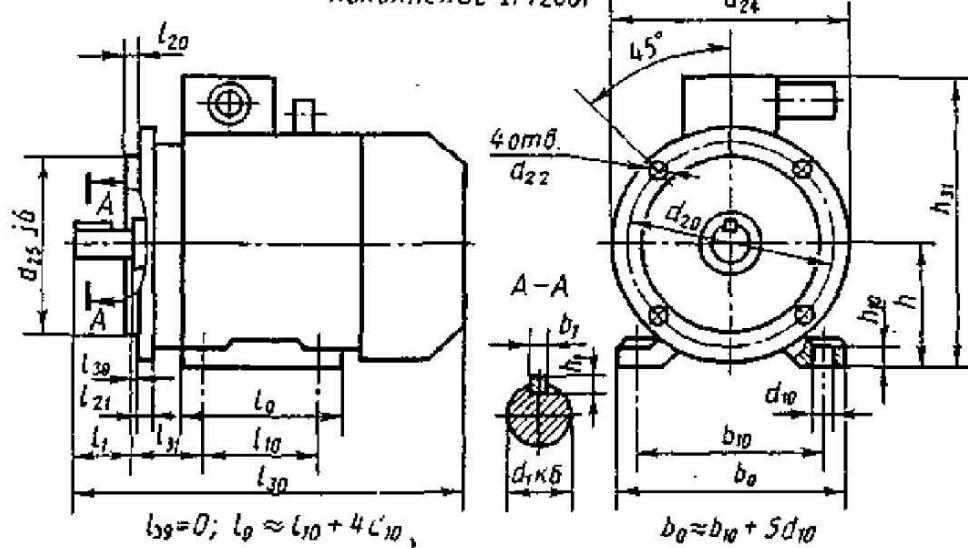
**Примечания 1.** Отношение максимального врачающего момента к номинальному  $T_{max} / T = 2,2$ , для отмеченных знаками <sup>1</sup> —  $T_{max} / T = 2,7$ , <sup>2</sup> —  $T_{max} / T = 2,9$ , <sup>3</sup> —  $T_{max} / T = 2,4$ , <sup>4</sup> —  $T_{max} / T = 2,5$ , <sup>5</sup> —  $T_{max} / T = 2,6$  2 Пример обозначения двигателя «Двигатель 4ИР100L2 ТУ 16—525 564—84»

ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ СЕРИИ АИР, ОСНОВНЫЕ РАЗМЕРЫ, ММ

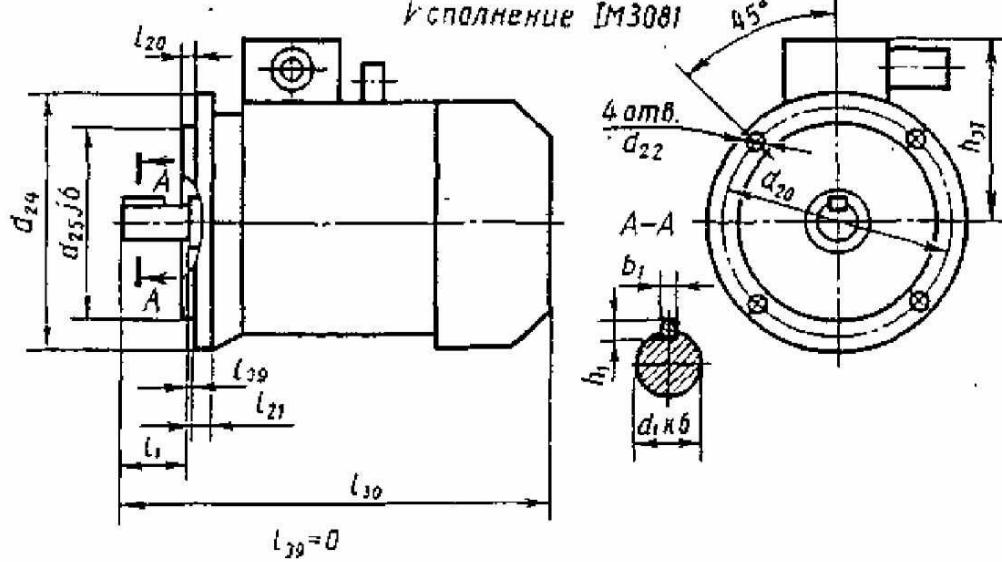
Исполнение IM1081



Исполнение IM2081



Исполнение IM3081



Тип двигателя	Число полюсов	Исполнение																				
		IM1081, IM2081, IM3081					IM1081		IM1081 и IM2081						IM2081 и IM3081							
		<i>d<sub>1</sub></i>	<i>l<sub>1</sub></i>	<i>l<sub>20</sub></i>	<i>b<sub>1</sub></i>	<i>h<sub>1</sub></i>	<i>d<sub>20</sub></i>	<i>l<sub>20</sub></i>	<i>l<sub>31</sub></i>	<i>d<sub>30</sub></i>	<i>b<sub>30</sub></i>	<i>h</i>	<i>h<sub>10</sub></i>	<i>h<sub>31</sub></i>	<i>l<sub>30</sub></i>	<i>l<sub>11</sub></i>	<i>d<sub>30</sub></i>	<i>d<sub>22</sub></i>	<i>d<sub>24</sub></i>	<i>d<sub>33</sub></i>	<i>h<sub>32</sub></i>	
71A,B	2, 4, 6, 8	19	40	273	6	6	170	90	45	7	112	71	9	188	3,5	10	165	12	200	130	117	
80A		22	50	297			190	100	50	10	125	80	10	205							125	
80B				321																		
90L		24	80	337	8	7	210	125	56		140	90	11	225		12	14	215	15	250	180	135
100S		28		360			240	112	63		160	100		247								147
100L				391																		
112M	2, 4, 6, 8	32		435	10	8	246	70			190	112		285	5	16	265	300	230	173		
132S	4, 6, 8	38		460			288	89			216	132	13	325							193	
132M	2, 4, 6, 8			498																		
160S	2	42		630	12		334	108			254	160	18	385								
	4, 6, 8	48			14	9									15	18	300	350	250	225		
160M	2	42	110	660	12	8		210														
	4, 6, 8	48			14	9																
180S	2	48	375	630	14	9		203	121			279	180	20	448		18	350	400	300	260	
	4	55			16	10																
180M	2	48	680	680	14	9		241														
	4, 6, 8	55			16	10																

**Примечания 1.** Фланцы изготавливают с отверстиями *d<sub>22</sub>* гладкими или резьбовыми. Размеры фланца с резьбовыми отверстиями — см ГОСТ 28330-89. 2. Выступающие копии валов двигателей изготавливают следующих исполнений:

- цилиндрические со шпонкой;
- цилиндрические без шпонки с резьбовым концом;
- цилиндрические со шпонкой с резьбовым концом;
- конические без шпонки с резьбовым концом;
- конические со шпонкой с резьбовым концом;
- конические со шпонкой и внутренней резьбой

# СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ .....	3
1. ОФОРМЛЕНИЕ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ .....	4
2. РАЗДЕЛЫ ОБОБЩЕННОЙ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ИХ СОДЕРЖАНИЮ .....	9
3. РЕКОМЕНДУЕМАЯ МЕТОДИКА ВЫБОРА ДВИГАТЕЛЯ И КИНЕМАТИЧЕСКОГО РАСЧЕТА ПРИВОДА .....	14
4. ОФОРМЛЕНИЕ СПЕЦИФИКАЦИЙ .....	23
5. ОФОРМЛЕНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ .....	25
6. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПРОВЕДЕНИИ ЗАЩИТЫ КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ .....	31
7. СПИСОК РЕКОМЕНДОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ .....	32
<b>ПРИЛОЖЕНИЯ</b>	
СТРУКТУРА ТИТУЛЬНОГО ЛИСТА ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ .....	33
СТРУКТУРА ЗАГЛАВНОГО ЛИСТА ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ .....	34
ПРИМЕР СТРУКТУРЫ ОДНОГО ИЗ ПОСЛЕДУЮЩИХ (ПОСЛЕ ЗАГЛАВНОГО) ЛИСТОВ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ .....	35
ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ ТИТУЛЬНОГО ЛИСТА СПЕЦИФИКАЦИИ ПЛАНЕТАРНОГО РЕДУКТОРА .....	36
ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ СЛЕДУЮЩЕГО (ЗА ТИТУЛЬНЫМ) ЛИСТА СПЕЦИФИКАЦИИ ПЛАНЕТАРНОГО РЕДУКТОРА .....	37
ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ ОСНОВНОЙ НАДПИСИ ГРАФИЧЕСКИХ КОНСТРУКТОРСКИХ ДОКУМЕНТОВ .....	38
ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ СЕРИИ АИР (ТИП/АСИНХРОННАЯ ЧАСТОТА ВРАЩЕНИЯ, МИН <sup>-1</sup> ) .....	38
ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ СЕРИИ АИР, ОСНОВНЫЕ РАЗМЕРЫ, ММ .....	39