МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

А.Г. Мудров, Р.Л. Сахапов

РАЗРАБОТКА КУРСОВОГО ПРОЕКТА ПО ГРУЗОПОДЪЕМНЫМ МАШИНАМ

Учебно-методическое пособие

Казань
2014

УДК 621.8
ББК 39.9
М91

Мудров А.Г., Сахапов Р.Л.

М91 Разработка курсового проекта по грузоподъемным машинам: Учебно-методическое пособие / А.Г. Мудров, Р.Л. Сахапов. – Казань: Изд-во Казанск. гос. архитект.-строит. ун-та, 2014.–125 с.

ISBN 978-5-7829-0477-7

Печатается по решению Редакционно-издательского совета Казанского государственного архитектурно-строительного университета

Учебное пособие предназначено для студентов 3 курса Института транспортных сооружений КГАСУ. В нем дана методика расчета основных механизмов грузоподъемной машины, а также разработка сборочного чертежа машины. Приведены правила оформления пояснительной записки, спецификаций, иллюстраций (ГОСТ 2.105-95 и ГОСТ 2.106-96) и ссылок на литературные источники.

Рецензенты:

Доцент кафедры «Основы конструирования» Казанского государственного технического университета им. А.Н.Туполева (КАИ)
А.Д. Лустин

Доктор технических наук, профессор кафедры «Механизация животноводства» КГАУ
А.И. Рудаков

УДК 621.8
ББК 39.9

© Казанский государственный архитектурно-строительный университет, 2014

ISBN 978-5-7829-0477-7

© Мудров А.Г., Сахапов Р.Л., 2014

Содержание

ВВЕДЕНИЕ …….. 4
1 Стадии разработки машины …… 5
2 Эскизное проектирование …….. 9
2.1 Разработка механизма подъема груза…….. 9
2.1.1 Выбор каната …… 9
2.1.2 Выбор параметров блоков и барабана…….. 12
2.1.3 Выбор подвески ……. 12
2.1.4 Выбор электродвигателя ……... 13
2.1.5 Выбор редуктора …… 15
2.1.6 Уточнение параметров барабана …… 16
2.1.7 Подбор муфты …… 17
2.1.8 Проверка двигателя на надежность пуска …… 18
2.1.9 Подбор тормоза ……... 19
2.2 Разработка механизма передвижения …….. 19
2.2.1 Выбор колесной установки или расчет ……. 20
2.2.2 Выбор электродвигателя ……. 22
2.2.3 Проверка механизма на отсутствие буксования и юза 25
2.3 Разработка механизма поворота …… 26
2.4 Разработка металлоконструкции …….. 29
2.4.1 Проектирование металлоконструкции пролетного типа 32
2.4.2 Проектирование металлоконструкции консольного типа34
2.5 Расчет открытых передач ……..37
3 Проектирование валов и осей ……. 37
4 Проектирование подшипниковых узлов……. 38
5 Проектирование сварных и литых рам……... 45
6 Методические указания к выполнению сборочных чертежей 48
7 Оформление пояснительной записки …… 64
7.1 Оформление текста…… 74
7.2 Оформление формул……. 76
7.3 Оформление иллюстраций …….. 80
7.4 Оформление таблиц…….. 82
8 О спецификациях…… 84
9 Оформление использованных источников ……. 98
10 Рекомендуемая литература ……. 103
Приложение А (международная система единиц)…….. 105
1 Единица длины – метр …… 105
2 Единица массы – килограмм …… 106
3 Единица времени – секунда …….. 107
4 Единица силы электрического тока – Ампер …….. 108
5 Единица термодинамической температуры – Кельвин ….. 108
6 Единица количества вещества – моль …….. 109
11 Задания на курсовой проект …… 117

ВВЕДЕНИЕ

Грузоподъемные машины играют важную роль в повышении производительности труда при производстве строительных работ во всех отраслях народного хозяйства.

Грузоподъемные машины используются как самостоятельные машины и как составные части или связующие звенья в составе сложных машин или поточных линий.

В соответствии с учебным планом студенты Автодорожного факультета Института транспортных сооружений должны выполнить курсовой проект по грузоподъемным машинам.

Одной из задач проекта является закрепление и углубление знаний, полученных при изучении теоретического курса, на лабораторных и практических занятиях по грузоподъемным машинам, а также умение использовать знание других, ранее изученных, общетехнических дисциплин.

Другая большая задача – дальнейшее приобретение навыков конструирования, полученных на курсовом проектировании по деталям машин, на примере конструирования машины (устройства) в целом. Можно отметить, что этим курсовым проектом заканчивается конструкторская подготовка студентов.

Студенты, каждый на конкретном примере, полностью производят расчет элементов машин и машины в целом, разрабатывают конструкторские документы: чертежи, пояснительную записку, спецификацию.

Настоящее учебно-методическое пособие ставит цель ознакомить студентов с особенностями конструирования машин в целом на примере грузоподъемных устройств.

В пособии даются основные сведения по проектированию машин, основанные на опыте и на научных основах проектирования, закрепленных в государственных стандартах. В пособии отмечены и характерные ошибки, допускаемые студентами при выполнении, как пояснительной записки, сборочного чертежа, так и спецификаций.

Пособие может быть полезным и при дипломном проектировании.

1 СТАДИИ РАЗРАБОТКИ МАШИНЫ

Конструирование машины и ее деталей, в том числе и грузоподъемных машин – весьма сложный творческий процесс. Он может быть успешным лишь при наличии четкой методики конструирования. Такая методика разработана и закреплена в ГОСТ 2.103-68 «Единая система конструкторской документации. Стадии разработки».

Начальная стадия – разработка, согласование и утверждение технического задания, которое устанавливает основное назначение, технические характеристики, показатели качества и технико-экономические требования, предъявляемые к разрабатываемому изделию.

Техническое задание на курсовой проект по Грузоподъемным машинам разрабатывается кафедрой и утверждается методической комиссией Института транспортных сооружений. Индивидуальное техническое задание на курсовой проект выдается каждому студенту руководителем-консультантом и включает один из вариантов какой-то грузоподъемной машины (устройства) строительного назначения.

Студент должен ознакомиться с заданием, осознать требования задания и мысленно представить и наметить ход его выполнения, получить ответы на вопросы у преподавателя-консультанта, записать объем и сроки выполнения по каждому из разделов задания, дни консультаций и другие вопросы проектирования. Иначе говоря, на этом этапе проектирования нужна ясность и понимание всей последующей работы и конечная цель творческого процесса.

Необходимо напомнить, что в соответствии с ГОСТ 2.103-68 разработка конструкторской документации изделий всех отраслей промышленности состоит из следующих стадий: **техническое предложение, эскизный проект, технический проект, рабочая конструкторская документация.** Поясним кратко содержание каждой стадии разработки.

Здесь следует указать на то, что обязательность выполнения стадий и этапов разработки конструкторской документации устанавливается техническим заданием на разработку.

Техническое предложение выполняется в соответствии с ГОСТ 2.118-73 и разрабатывается в случае, если это ***предусмотрено техническим заданием***.

Техническое предложение – это совокупность конструкторских документов, которые должны содержать техническое и технико-экономическое обоснование целесообразности разработки документа-

ции изделия на основании анализа технического задания заказчика и различные варианты возможных решений изделий, сравнительную оценку решений с учетом конструктивных и эксплуатационных особенностей разрабатываемого и существующих изделий и патентные исследования.

Таким образом, в техническом предложении на основании технического задания заказчика предлагаются варианты возможных решений с достаточно глубокой проработкой для сравнительной оценки: на патентную чистоту, конкурентоспособности, требований техники безопасности и производственной санитарии, надежности, экономических, эстетических, эргономических показателей технологичности, стандартизации и унификации.

Поскольку предлагается несколько вариантов реализации технического задания, то они должны включать необходимые доказательные документы, в том числе пояснительную записку, выполняемую в соответствии с ГОСТ 2.106-96 «Текстовые документы, и чертеж общего вида» в соответствии с ГОСТ 2.118-73 (***Документ, определяющий конструкцию изделия, взаимодействие его составных частей и поясняющий принцип работы изделия***).

Материалы технического предложения представляются заказчику для согласования и утверждения, затем для последующей конструкторской разработки.

В курсовом проекте по Грузоподъемным машинам студенту выдается задание на разработку конкретного подъемного устройства, поэтому положения и содержание технического предложения здесь рассматриваются частично и упрощенно, а возможно в другой стадии разработки.

Эскизный проект разрабатывают, если это предусмотрено техническим заданием или протоколом рассмотрения технического предложения с заказчиком.

Эскизный проект – совокупность конструкторских документов, которые должны содержать принципиальные конструктивные решения, дающие общее представление об устройстве и принципе работы изделия, а также данные, определяющие назначение, основные параметры и габаритные размеры разрабатываемого изделия. Объем работ регламентируется ГОСТ 2.119-73.

При разработке эскизного проекта выполняется следующий перечень работ:

– разработка конструкторских вариантов возможных решений, с учетом вариантов проработки решений технического предложения или вновь открывшихся вариантов;

– разработка и обоснование решений, обеспечивающих надежность, технологичность, требования эргономики и технической эстетики, правильность выбора средств и методов контроля (испытаний, анализа, измерений), вопросы упаковки и транспортирования изделий;

– изготовление и испытания макетов с целью проверки принципов работы изделия и (или) его составных частей;

– оценка изделия по показателям стандартизации и унификации;

– проверка соответствия вариантов требованиям техники безопасности и производственной санитарии;

– проверка вариантов на патентную чистоту и конкурентоспособность, оформление заявок на изобретение.

В качестве документов разрабатывается чертеж общего вида и пояснительная записка.

Эскизный проект после согласования и утверждения в установленном порядке служит основанием для разработки технического проекта или рабочей конструкторской документации.

Технический проект – совокупность конструкторских документов, которые должны содержать ***окончательные технические решения***, дающие полное представление об устройстве разрабатываемого изделия, и исходные данные для разработки рабочей документации.

Технический проект после согласования и утверждения в установленном порядке служит основанием для разработки рабочей конструкторской документации.

Объем работ технического проекта изложен в ГОСТ 2.120-73.

Чертеж общего вида выполняют по ГОСТ 2.119-73, основные пункты которого изложены в предыдущей стадии – в содержании эскизного проекта. Кроме того, на чертеже общего вида при необходимости приводят:

– указания о выбранных посадках деталей (наносятся размеры и предельные отклонения сопрягаемых поверхностей по ГОСТ 2.307-68);

– технические требования к изделию, например, о применении определенных покрытий, способов пропитки обмоток, методов сварки и др., обеспечивающих необходимое качество изделий (эти требования должны учитываться при последующей разработке рабочей документации);

– технические характеристики изделия, которые необходимы для последующей разработки чертежей.

В приложении к ГОСТ 2.120-73 приведен рекомендуемый перечень работ, выполняемых при разработке технического проекта – 19 пунктов.

Как видно из кратких характеристик требований стадий разработки, техническое предложение, эскизный и технический проекты относятся к первичной проектной документации, на основе которой разрабатывается рабочая конструкторская документация – сборочный чертеж и чертежи деталей.

Итак, следует обратить внимание, что ***первичным документом разработки изделий является*** **чертеж общего** ***вида со всеми проработками вариантов, анализом, согласованием с заказчиком и другими видами работ, и на базе чертежа общего вида создается*** **сборочный чертеж и чертежи деталей.**

Необходимо отметить и то, что указанные в ***ГОСТ 2.103-68*** стадии разработки (***техническое предложение, эскизный и технический проекты***) относятся в большей части к сложным изделиям, которые можно в равной мере разрабатывать в различных вариантах, из которых следует выбрать оптимальный вариант, отвечающий передовым и прогрессивным показателям мирового уровня.

В тех случаях, когда заказчик просит разработать изделие, не отличающееся большой сложностью и не требующее мировой новизны и конкурентоспособности, достаточно провести эскизное проектирование. В этом случае прорабатываются внутренние возможности вариации параметров, поиск оптимального сочетания значений параметров изделия, условий прочности, жесткости, долговечности и других показателей, согласовывается предлагаемое решение с заказчиком и на основе Протокола утверждения разрабатывается рабочая конструкторская документация, т.е. сборочный чертеж и чертежи деталей.

Что касается курсового проекта по Грузоподъемным машинам, то в общих чертах он должен разрабатываться на основе вышеуказанных положений ГОСТов. Однако с учетом простоты проектируемого изделия проектная часть (техническое предложение, эскизный и технический проекты) упрощаются и в соответствии с заданием кафедры носят название «эскизное проектирование», содержание которого в краткой форме излагается ниже.

2 ЭСКИЗНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Каждому студенту выдается бланк с индивидуальным заданием, например, «Кран стреловой», «Кран однобалочный», «Таль ручная» и т.п. В задании приводятся исходные данные для проектирования: схема грузоподъемного устройства, его основные параметры: грузоподъемность, высота подъема, скорость подъема, режим работы.

В состав устройства в общем виде входят: механизм подъема, механизм передвижения, механизм поворота, механизм изменения вылета стрелы, металлоконструкция, приборы техники безопасности. В конкретном случае у каждого задания будут свои особенности механизмов и металлоконструкции.

Результатами проекта должны быть:

а) сборочный чертеж проектируемого устройства (2-3 листа формата А1);

б) пояснительная записка (20-30 листов формата А4);

в) спецификация устройства.

В краткой форме изложим последовательность этапов проектирования.

2.1 Разработка механизма подъема груза

При расчете и конструировании необходимо строго соблюдать «Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов».

2.1.1 Выбор каната

В соответствии с заданием, с учетом грузоподъемности, высоты подъема и скорости подъема назначается схема подвеса груза, т.е. тип и кратность (передаточное отношение) полиспаста. При грузоподъемности до 250 кг можно обойтись без полиспаста, при большей грузоподъемности кратность можно принимать от 2 до 6.

Следует напомнить, что полиспаст служит для выигрыша в силе, при этом максимальное натяжение в канате уменьшается во столько раз, какова его кратность.

При принятой схеме полиспаста максимальное натяжение в канате будет в ветви, наматываемой на барабан. Оно определяется по формуле:

$$S_{\max} = \frac{mg}{i\eta h}, \qquad (1)$$

где m – масса поднимаемого груза, кг;

g – ускорение свободного падения, м/с^2;

ι – кратность полиспаста;

η – КПД полиспаста.

В свою очередь КПД полиспаста определяется выражением:

$$h = \frac{1 + h_{бл} + h_{бл}^2 + h_{бл}^3 + \cdots + h_{бл}^{n-1}}{i} h_{бл}^m, \qquad (2)$$

здесь $\eta_{бл}$ – КПД блока (при подшипнике скольжения $\eta_{бл}$ = 0,94-0,96, при подшипнике качения $\eta_{бл}$ = 0,96–0,98);

m – число неподвижных блоков между барабаном и последним блоком подвижной обоймы, с которого сбегает канат при наматывании его на барабан.

Этим выражением удобно пользоваться при ***кратности до пяти***, при большей кратности приходится вычислять степенные слагаемые до степени, меньшей на единицу, что усложняет вычисление.

При ***кратности больше пяти*** удобно вычислять КПД по другой формуле. С математической точки зрения выражение (2) есть сумма членов убывающей геометрической прогрессии, у которой первый член есть единица, знаменатель прогрессии – КПД блока, а сумма членов прогрессии – кратность полиспаста. В этом случае КПД определится таким образом:

$$h = \frac{1 - h_{бл}^{i_n}}{i_n (1 - h_{бл})} h_{бл}^m. \qquad (3)$$

При использовании сдвоенного полиспаста (оба конца каната наматываются на барабан) максимальное натяжение в канате определяется так:

$$S_{\max} = \frac{mg}{2i\eta h}.$$

Диаметр каната определяется методом сравнения – сравнивается максимальное натяжение в канате с разрывным усилием каната (приведено в таблице).

Поскольку канат относится к ответственным элементам грузоподъемной машины, должна быть обеспечена полная гарантия его прочности, что учитывается коэффициентом запаса прочности n, зна-

чение которого зависит от режима работы (при группе 1,2,3) или Л – n = 5; при (группе 4) или С – n = 5,5; при (группе 5) или Т – n = 6; при (группе 6) или ВТ – n = 6; при подъеме людей n = 9.

$$S_{\max} n \le S_{раз}, \qquad (4)$$

где S_{max} – разрушающая нагрузка каната, кН (приведена в таблице).

Канат имеет, как правило, шесть прядей, каждая из которых состоит из 19, 25 или 37 проволочек. Внутри канат может иметь либо органический сердечник, либо еще один канат, таким образом, он представляет собой сложное изделие из множества проволочек одинакового или разного диаметра.

Условное обозначение каната следующее. Пишется слово «канат», затем указывается диаметр каната, далее обозначения идут через дефис – назначение (грузовое – Г, грузолюдское – ГЛ), материал проволоки (высшей (В), первой (1), второй (2) групп); характер покрытия проволочек (без покрытия не обозначается, для легкого режима – ЛС, для среднего – СС, для тяжелого и весьма тяжелого – ЖС); направление свивки прядей (правое не обозначается, левое – Л); направление свивки проволоки в прядях и прядей в канате (одностороннее – О, крестовое не обозначается); характер деформации проволоки (предварительно деформированное – Н и недеформированное – Р); маркировочная группа по временному сопротивлению и ГОСТ.

Пример обозначения каната «Канат 6,1-Г-В-ЛС-Л-О-Н-180 ГОСТ 3077-80».

Канаты односторонней свивки имеют большую гибкость и меньше подвергаются износу. Канат типа ЛК составлен из проволок разных диаметров, а ТК – проволок одинакового диаметра.

Браковка канатов осуществляется при обрыве одной или нескольких прядей, по количеству обрыва проволок на одном шаге свивки, по проценту износа или коррозии проволок, по корзинообразной деформации выдавливания сердечника, выдавливания или расслоения прядей, местного увеличения или уменьшения диаметра каната, перекручиваний, заломов, перегибов, повреждений в результате температурных воздействий или электрического дугового разряда. Нормативные данные приведены в Приложении 10 «Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов».

На сборочном чертеже в обязательном порядке должно быть показано крепление концов каната к раме (металлоконструкции) и к

барабану. При этом петля на конце каната при креплении его к раме, а также петля стропа, сопряженная с кольцами, крюками и другими деталями, должна быть выполнена с применением коуша путем заплетки свободного конца каната, постановки зажимов или другим проверенным способом по утвержденным нормалям.

2.1.2 Выбор параметров блоков и барабана

Параметры блока и барабана назначаются по диаметру выбранного каната (рисунок 1).

Диаметр барабана и блоков D определяется по центрам сечения каната, огибающего блок или барабан, он должен быть не менее диаметра, определяемого по выражению :

$$D \ge d \cdot e, \qquad (5)$$

где d – диаметр каната, мм;

e – число, определяемое в зависимости от режима работы (Л-20, С-25, Т-30, ВТ-35).

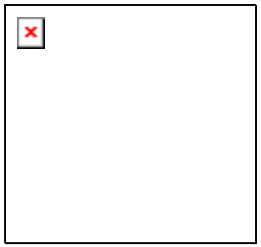


Рисунок 1- Эскиз желоба

Параметры желоба следующие: радиус желоба r = (0,55…0,58) d, высота желоба h>2d, угол раствора – 40…45^0.

Кроме диаметра барабана другие его параметры пока определять не будем, поскольку вероятнее всего диаметр его будет изменен из-за несовпадения расчетного передаточного отношения и значения передаточного отношения редуктора.

Угловая скорость барабана будет необходима, поэтому она определяется по формуле :

$$w_b = \frac{2v \cdot i}{D}, \qquad (6)$$

где v – скорость подъема груза, м/с;

i – кратность полиспаста;

D – диаметр барабана, м.

2.1.3 Выбор подвески

Подвеска служит для подвешивания груза и соединения его с канатом. По возможности подвеску выбирают из типовых конструкций

по грузоподъемности **Q** и кратности **i** полиспаста по табличным данным справочников или атласов грузоподъемных машин.

Если типовая подвеска не подходит по грузоподъемности или кратности полиспаста, то проектируют подвеску под заданные условия. В этом случае подбирают типовой крюк по грузоподъемности **Q** и режиму работы (**ПВ**), рассчитывают на прочность траверсу, ось блока и боковины.

Следует напомнить, что крюк является очень ответственной деталью в грузоподъемных устройствах, об этом свидетельствует то, что на крюк действуют сразу три ГОСТа. На изготовление и испытание – ГОСТ 2105-75, на геометрические параметры ГОСТы 6626-63,6627-74, 6628-73, 6619-75, на материал изготовления крюков – сталь 20 или сталь 20Г ГОСТ 1050-88.

Каждый крюк проходит испытание в течение 10 мин под статической нагрузкой, превышающей на 25% максимально допустимую. На грузовом крюке проставляется № крюка по ГОСТ, год изготовления и завод-изготовитель.

На хвостовике крюка нарезается метрическая резьба, на которую заворачивается гайка без применения ключей, т.е. резьба должна быть идеально чистой. Соединение гайка–хвостовик воспринимает всю нагрузку от поднимаемого груза один к одному, при этом фиксация гайки на хвостовике должна осуществляться без повреждения резьбовой части только посредством планки в торцовой части гайки и хвостовика. Фиксация посредством штифтов, шплинтов, винтов и т.п. ***категорически запрещена***.

Крюк и подвеску запрещается использовать в следующих случаях:

– если на крюке нет клейма ОТК;
– если на крюке имеются трещины;
– если отогнут рог крюка;
– если крюк не вращается в траверсе;
– если износ крюка в зеве превышает 10% первоначальной высоты сечения;
– если на крюке отсутствует предохранительный замок.

2.1.4 Выбор электродвигателя

Для выбора электродвигателя определяется мощность N(кВт) на подъем груза по формуле:

$$N = \frac{mgV}{1000}, \qquad (7)$$

где m – масса груза, кг;
g – ускорение падения груза, м/с^2;
V– скорость подъема груза, м/с.

Мощность электродвигателя определится с учетом потерь в передаче, которые оцениваются КПД, т.е.:

$$N_э = N/\eta_0,$$

где η_0 – общее значение КПД.

Общее значение КПД η_0 состоит из произведения КПД отдельных элементов, т.е.:

$$\boldsymbol{\eta_0 = \eta_п\, \eta_б\, \eta_м\, \eta_р},$$

где $\eta_п$ – КПД полиспаста;
$\eta_б$ – КПД барабана;
$\eta_м$ – КПД муфты;
$\eta_р$ – КПД редуктора.

Так как КПД редуктора неизвестен (редуктор еще не выбран), то общее значение КПД берется равным примерно 0,8.

По мощности **N**э с учетом **ПВ** % по каталогу выбирается асинхронный электродвигатель из серий МТК, МТ, АОС2, мощностью ***меньшей или равной*** расчетной.

Выписываются параметры электродвигателя N, $n_{мин}^{-1}$ ($w = pn/30$), $J_р$, $M_п$, M_{max}, $d_в$.

Пример обозначения электродвигателя – **5МТ К Н 111-6 У1**, здесь **5** – индекс производителя, **МТ** – серия, **К** – короткозамкнутый, без К – фазный; **Н** – класс изоляции (нагреваемости): **F (Ф)** – для умеренного климата, **Н** – для повышенной температуры, **111** – габариты электродвигателя, **6** – число пар полюсов, **У1** – климатическое исполнение (У – умеренный, УХЛ – умеренно холодный, Т – тропический).

Может быть следующее обозначение – **4МТК М 200 L В 8**, здесь **4МТ** – номер серии, **К** – с короткозамкнутым ротором, **М** – модернизированный, **200** – высота оси вращения вала, **L** – длина станины, **В** – длина сердечника статора, **8** – число пар полюсов.

Следует помнить, что по числу пар полюсов можно определить синхронную частоту вращения ротора электродвигателя (синхронная частота при вращении вала без нагрузки, т.е. вхолостую) по следующей зависимости: $\mathbf{n_c = 6000/ч.п.п}$. Здесь ч.п.п. – число пар полюсов. По синхронной частоте вращения выпускается 5 вариантов электродвигателей:n_c = 6000/2=**3000**мин$^{-1}$, n_c = 6000/4=**1500**мин$^{-1}$,n_c = 6000/6 =

1000мин$^{-1}$, n_c = 6000/8 = **750** мин$^{-1}$, n_c = 6000/10=**600** мин$^{-1}$.

Принято выпускать валы электродвигателей с допуском по **к6**. И еще: если в обозначении электродвигателя имеется буква **В**, например, МТВ, МТКВ, то это означает, что **В** – встраиваемый вовнутрь барабана; такие электродвигатели невозможно использовать в обычных приводных устройствах, так как их невозможно закрепить на раме конструкции.

2.1.5 Выбор редуктора

Для выбора редуктора необходимо определить передаточное отношение редуктора (отношение частоты вращения (угловой скорости) ведущего вала к частоте вращения (угловой скорости) ведомого вала). Передаточное отношение не надо путать с передаточным числом (отношение числа зубьев ведомого звена к числу зубьев ведущего звена (у зубчатых передач) или отношение диаметра ведомого звена к диаметру ведущего звена (у ременных передач)).

Передаточное отношение редуктора равно:

$$\mathbf{u_p = \omega / \omega_б}, \qquad (8)$$

где ω – угловая скорость вала электродвигателя, рад/с;

$\omega_б$ – угловая скорость барабана, рад/с.

По найденному значению $\mathbf{u_p}$ с учетом частоты вращения вала электродвигателя и его мощности $\mathbf{n_{мин}^{-1}}$**, N**$_э$ и **ПВ**% подбирается типовой редуктор из серии РЦ1, РМ, Ц2,РЦД, КЦ2, ЦДН, Ц2У, 2Ц2С.

Выписываются параметры редуктора $u_р$, N, $n_{мин}^{-1}$, ПВ, $d_в$ и КПД $\eta_р$, если приведено.

В последних моделях редукторов указывается $u_р$ и крутящий момент на выходном валу в кНм (ПВ, $n_{мин}^{-1}$, N не показано).

В этом случае необходимо определить крутящий момент на барабане $M_б$=0,5$S_{max}D_б$ и по $\mathbf{u_p}$ и $\mathbf{M_б}$ подбирать редуктор.

Если в каталоге нет сведений о КПД редуктора, то его можно определить по приближенному значению :

$$h_p = h_{пп}^n h_{зп}^m = 0{,}99^n\ 0{,}98^m,$$

где $h_{пп}^n$ – КПД пары подшипников на одном валу редуктора, принято 0,99 (n – число пар подшипников);

$h_{зп}^m$ – КПД одной пары зубчатого зацепления, принято 0,98 (m – число пар зацепления).

После определения КПД редуктора определяется уточненное значение общего КПД по формуле : $\mathbf{\eta_0 = \eta_п\, \eta_б\, \eta_м\, \eta_р}$.

2.1.6 Уточнение параметров барабана

Большей частью передаточное отношение выбранного типового редуктора не равно вычисленному по формуле (8) передаточному отношению, что изменит скорость подъема груза, а это недопустимо.

По этой причине несовпадение передаточных отношений компенсируется диаметром барабана. Для чего определяется действительное значение угловой скорости барабана при выбранном редукторе $\mathbf{\omega_б = \omega / u_p}$, затем определяется действительный диаметр барабана по формуле:

$$D_б = \frac{2V \cdot i}{w_б},$$

где V – скорость подъема груза, м/с;

ι – кратность полиспаста;

$\omega_б$ – угловая скорость барабана, рад/с.

Полученное значение $D_б$ округлять в ту или другую сторону нельзя.

После принятого значения барабана определяются другие его параметры, в том числе: радиус винтовой канавки **r=(0,55…0,58)** $\mathbf{d_к}$, глубина канавки **Δ=(0,3…0,5)** $\mathbf{d_к}$, шаг нарезки канавки **t>1,1** $\mathbf{d_к}$ округляют по таблице, высота буртика **h>2** $\mathbf{d_к}$**,** длина буртика **Δℓ= (1,5…3,0)t.**

Определяется число витков z:

$$z \geq \frac{H \cdot i}{p\,D} + (1{,}5...2{,}0),$$

где H – высота подъема груза, м;

ι – кратность полиспаста;

D – диаметр барабана, м.

(1,5…2,0) – обязательное требование Госгортехнадзора, чтобы при полностью опущенном грузе на барабане оставалось 1,5…2,0 витка каната.

Длина барабана, мм :

$$\mathbf{L = z \cdot t + 2\,\Delta\ell},$$

где z – число витков;

t – шаг нарезки канавки, мм;

Δℓ – длина буртика, мм.

Длина каната, наматываемого на барабан $L_к$,м:

$L_к$=0,001(zp D +2p D).

Производится расчет крепления каната к барабану и расчет барабана на прочность по формуле:

$$s = S/dt \le [s]_{сж},$$

где S – натяжение каната, Н;

δ – толщина стенки барабана, мм;

t – шаг винтовой канавки, мм;

$[\sigma]_{сж}$ – допускаемое напряжение сжатия, Н/мм^2 (для чугуна $[\sigma]_{сж} = \sigma_в/4{,}25$, для стали $[\sigma]_{сж} = \sigma_т/1{,}5$).

Если длина барабана $\mathbf{L_б > 3D_б}$, то обязательна проверка прочности с учетом изгиба и кручения по формуле:

$$s = \frac{\sqrt{M_и^2 + M_к^2}}{W} \le [s]_и,$$

где $M_и$ – изгибающий момент, Нм;

$M_к$ – крутящий момент, Нм;

W – момент сопротивления сечения осевой, м^3.

Осевой момент сопротивления сечения барабана определится так:

$$W = 0{,}1\frac{D_e^4 - D_i^4}{D_e},$$

где D_e – наружный диаметр барабана, м;

Di – внутренний диаметр барабана, м.

2.1.7 Подбор муфты

Подбор муфты производится по передаваемому моменту $M_м$ с учетом диаметров соединяемых валов электродвигателя и редуктора.

Момент $M_м$ определяется по формуле:

$$\mathbf{M_м = K \cdot M_в},$$

где К – коэффициент режима, зависит от режима работы (К=2…2,5 для легкого, К=3 для среднего и К – 4 для тяжелого и весьма тяжелого режимов);

$M_в$ – момент на валу, в нашем случае момент на валу электродвигателя, Нм ($M_в$ = 1000N/ω, здесь N – мощность электродвигателя, кВт; ω – угловая скорость вала электродвигателя, рад/с).

Муфта подбирается по каталогу так, чтобы ее момент был равен или больше расчетного, а валы редуктора и электродвигателя соответствовали отверстиям втулок полумуфт.

У выбранной муфты выписываются параметры M,d валов,J и диаметр тормозного шкива $D_ш$, так как одна из полумуфт выполняет роль тормозного шкива.

2.1.8 Проверка двигателя на надежность пуска

Так как электродвигатель механизма подъема берется меньше расчетной величины, то должна производиться проверка его на надежность пуска.

Проверка электродвигателей серии АОС2 проводится на кратковременную перегрузку, являющуюся отношением пускового момента к моменту номинальному, т.е.:

$$y = \frac{M_п}{M_н} = \frac{M_c + M_c \dfrac{wD_б}{2u_0 g t_п} + d\,J_1 \dfrac{w}{t_п}}{\dfrac{1000N}{w}} \le [y], \qquad (9)$$

где [ψ] – допускаемый коэффициент перегрузки, приводится в каталогах на двигатели и находится в пределах 1,8…3,4.

Электродвигатели серии МТ, МТК проверяются на время пуска $t_п$, определяемое по формуле:

$$t_п = \frac{M_c w D_б + 2u_0 g d\,J_1 w}{2u_0 g (M_п - M_c)}. \qquad (10)$$

Время пуска выбирается таким, чтобы ускорение **j** при разгоне не превышало допустимой величины **[j],** т.е. $\mathbf{j = v/t_п \le [j]}$.

Допускаемое ускорение подъема **[j]** для кранов монтажных и поднимающих жидкий металл равняется 0,1 м/с^2; для кранов, обслуживающих цеха мастерских и складов – 0,2 м/с^2, для кранов-штабелеров – 0,5 м/с^2, для грейферных кранов – 0,8 м/с^2.

Можно приближенно судить о времени пуска для кранов, работающих в цехах по соотношению $\mathbf{t_п \le 0{,}1\ t_р}$, где $\mathbf{t_р = H/V}$ (Н-высота подъема, м; V– скорость подъема, м/с).

В приведенных формулах (9),(10) символы имеют следующее значение: M_c – статический момент, определяемый выражением

$$M_c = \frac{mgD_б}{2u_0 h_0},$$

где m – масса поднимаемого груза, кг;

g – ускорение свободного падения, м/с^2;

$D_б$ – диаметр барабана, м;

u_0 – общее передаточное отношение ($u_0 = u_р$ ι);

η_0 – общее значение КПД (**$\eta_0 = \eta_п \eta_б \eta_м \eta_р$**);

δ – коэффициент, учитывающий моменты инерции масс тел 2-го и последующих валов и равный 1,1…1,2;

J_1 – момент инерции массы тела 1-го вала механизма подъема, кгм^2 ($J_1=J_р+J_м+ J_{1р}$);

$M_п$ – момент пуска электродвигателя (**$M_п=0,5(M_{max}+M_п)\cdot 0.85^2$** для **МТК**; **$M_п=0,5(M_{max}+M_{min})$; $M_{min}=1,1M_н$; $M_{max}=(1,6…1,8)M_н$; $M_н=1000N/\omega$**, для двигателей **МТ**).

Если двигатель не удовлетворяет условию по коэффициенту перегрузки или времени пуска, увеличивают или уменьшают мощность электродвигателя и снова проводят проверку.

2.1.9 Подбор тормоза

В механизме подъема используется колодочный тормоз нормально замкнутого типа, т.е. тормоз в нормальном состоянии всегда замкнут и только на время работы тормоз размыкается и позволяет механизмам подъема вращаться.

Тормоз подбирается по тормозному моменту $M_т$ с учетом ПВ (режим работы) и диаметра тормозного шкива, который выбран с муфтой (одна из полумуфт является тормозным шкивом).

Тормозной момент определяется следующим образом:

$$M_т = K_р M_c^m ,$$

где $K_р$ – коэффициент режима работы (для Л = 1,5; для С = 175; для Т = 2,0; для ВТ = 2,5);

M_c^m – статический момент при торможении, Нм, определяется по формуле: $M_c^m = \dfrac{mgD_б h_0}{2u_0}$.

2.2 Разработка механизма передвижения

Механизм передвижения служит для поступательного перемещения груза в горизонтальной плоскости и реже – под некоторым углом к горизонту (скиповые подъемники). Перемещение груза осуществляется либо самим краном по рельсам, либо тележкой по металлоконструкции крана.

Механизм передвижения может быть: а) для рельсового пути; б) для безрельсового пути; в) для канатного пути.

Для рельсового пути механизмы выполняются либо с приводными колесами, либо с канатной или цепной тягой. По роду привода они могут быть как с ручным, так и с машинным приводом.

Ручной привод непосредственной тягой или через передаточный механизм исполняется при малой грузоподъемности (до 1 т) и при усилии на рукоятке или цепи, не превышающем допустимых значений 200 Н при непрерывной и 400 Н – при кратковременной работе.

Механизм передвижения с машинным приводом состоит из электродвигателя, муфты, тормозного устройства, редуктора и движителя – колесной установки. Здесь отличие от механизма подъема состоит в том, что вместо барабана установлена колесная установка и дополнительно используются специальные редукторы типа ВК и ВКН.

2.2.1 Выбор колесных установок или расчет

Движители – ходовые колеса кранов – весьма ответственные и сильно нагруженные детали. Промышленностью выпускаются типовые колесные установки как холостые, так и приводные: КУ200, КУ300 и т.д.

Выбор типовых колесных установок производится по давлению **G** на колесо с учетом режима работы **ПВ** и скорости **V** передвижения.

Для выбранной колесной установки рекомендованы и подкрановые пути: сталь горячекатаная по ГОСТ 2591-71 со стороной квадрата от 30 до 100 мм; сталь горячекатаная полосовая по ГОСТ 103-71; рельсы Р15, Р18, Р24 для железных дорог узкой колеи по ГОСТ 6368-71; рельсы Р38, Р43, Р50 для железных дорог широкой колеи по ГОСТ 7173-71 и 7174-71.

Однако при конструировании кранов и тележек для небольшой грузоподъемности типовые колесные установки могут не подойти по габаритам, тогда проектируются колесные установки под заданные условия.

При конструировании колесных установок выбирается тип колеса: двухребордные цилиндрические, двухребордные конические, одноребордные и безребордные. Следует отметить, что двухребордные цилиндрические и безребордные колеса имеют линейный контакт с рельсом, а двухребордные конические и одноребордные – точечный контакт. Это отличие существенно влияет на расчет контактных напряжений пары колесо–рельс.

Далее назначается диаметр колеса по потребности и материал колеса из марок сталей 60Г, 65Г, 45, 40ХН, 35ЛП и чугуна СЧ35.

При линейном контакте колеса с рельсом расчет на контактную прочность производится по известной формуле Герца-Беляева:

$$s_н = 0,418\sqrt{\frac{G_{\max}}{B} K_p K_v K_Q \frac{E_{пр}}{r_{пр}}} \le [s]_H , \qquad (11)$$

где G_{max} – максимальная нагрузка (давление) на колесо, Н;

K_p – коэффициент, учитывающий влияние режима работы (Л-1,1; С-1,2; Т-1,4; ВТ-1,6);

K_v – коэффициент, учитывающий влияние скорости передвижения на прочность (K_v= 1 +0,2V, где V м/с);

K_Q – коэффициент, учитывающий переменность давления при работе с грузом и без груза:

$$(K_Q = \sqrt[3]{0,5[1+\frac{1}{(1+\frac{Q}{m_k})^3}}$$, Q – масса груза, кг; m_k – масса крана,кг);

$E_{пр}$ – приведенный модуль упругости ($E_{пр}=\frac{2E_к E_р}{E_к + E_р}$, если колесо и рельс стальные, то $E_{пр}$=2,1 10^5 МПа);

В – длина контактной линии, мм;

$\rho_{пр}$ – приведенный радиус кривизны контактирующих поверхностей рельса и колеса ($\rho_{пр}$=0,5 $D_к$, т.к. радиус рельса бесконечен).

При точечном контакте колеса с рельсом расчет на прочность ведется по формуле:

$$s = m\sqrt{\frac{G_{\max} K_p K_V K_Q E_{пр}^2}{R_{\max}^2}} \le [s]_H , \qquad (12)$$

где m – коэффициент, зависящий от радиусов кривизны контактирующих поверхностей колеса и рельса и от отношения меньшего радиуса к большему:

R_{min}:R_{max}	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
m	0,97	0,72	0,61	0,53	0,49	0,48	0,44	0,42	0,40	0,38

$G_{\max}, K_p, K_V, K_Q, E_{пр}$ – то же, что и в формуле (11);

R_{max} – больший из радиусов контактирующей пары.

Допускаемые контактные напряжения при расчете выбираются из данных таблицы 1.

Таблица 1 - Допускаемые контактные напряжения

Материал обода колеса	Твердость поверхности, НВ	$[\sigma]_H$, МПа	
		При линейном контакте	При точечном контакте
СЧ35	200-270	350	800
Сталь45	300-400	750	1800
Сталь 55Л	300-400	750	1700
Сталь 65Г	300-400	850	2100

При подборе типовой колесной установки или при ее расчете под заданные условия необходимо знать давление на колеса. Нагрузка определяется подсчетом веса металлоконструкции крана или тележки с учетом поднимаемого груза, веса всех механизмов и противовеса.

2.2.2 Выбор электродвигателя

Для определения мощности электродвигателя должны быть известны: вес крана и груза ($m_к$ +$m_г$)g, диаметр колеса $D_к$, диаметр цапфы $d_ц$ колеса, приведенный коэффициент f` трения в цапфе, коэффициент трения качения m колес по подкрановому пути.

У механизма передвижения с канатной или цепной тягой сопротивление Р передвижению складывается из сил трения в цапфе колес, трения качения колес по рельсовому пути, трения реборд колес о боковую поверхность рельсов, инерционной и ветровой нагрузок.

Сопротивление определяется так:

$$P = (m_к + m_г)g\frac{2(0,5f`d_ц + m)}{D_к}K_р + P_и + P_в + P_к , \qquad (13)$$

где ($m_к$ +$m_г$)g – вес крана и груза , Н;

f `– приведенный коэффициент трения в цапфе;

$d_ц$ – диаметр цапфы, мм;

m – коэффициент трения качения, мм;

$K_р$ – коэффициент, учитывающий трение в ребордах колес ($K_р$=1,2…2,4);

$D_к$ – диаметр колеса, мм;

$P_и$ – инерционная нагрузка, Н;

$P_в$ – ветровая нагрузка, Н.

$P_к$ – нагрузка от разности усилий в ветвях грузового каната.

Инерционная нагрузка возникает в период пуска и разгона тележки с грузом и определяется так :

$$\mathbf{P_и = (m_к + m_г)j = (m_к + m_г)\, v/t_п,}$$

где $m_к$, $m_г$ – соответственно масса крана и масса груза, кг;

v – скорость передвижения крана или тележки, м/с;

$t_п$ – время пуска механизма передвижения, с.

Ветровая нагрузка учитывается, если кран находится на открытой площадке и определяется по формуле:

$$\mathbf{P_в} = \sum r F_н ,$$

где ρ – распределенная ветровая нагрузка, Н/м^2;

$F_н$ – площадь наветренной стороны крана, м^2.

Распределенная ветровая нагрузка определяется :

$$\rho = q\, n\, c\, \beta,$$

где q – скоростной напор, Н/м^2 (зависит от зоны: 1 зона – 275…7 зона – 981 Н/м^2);

n – поправочный коэффициент на высоту расположения крана ($H_{10м}$ n=1,0 … $H_{100м}$ n=2,2);

c – аэродинамический коэффициент по ГОСТ 1451-80;

β – коэффициент, учитывающий пульсирующий характер ветра (β=1,25).

Площадь наветренной стороны крана удобно определять через F – брутто и коэффициент сплошности $K_с$.

$$F_н = F_б K_с ,$$

$K_с$ = 0,2…0,6 для решетчатых конструкций; $K_с$=0,2…0,4 для труб; $K_с$= 1,0 – для кабины.

Нагрузка от разности усилий в грузовом канате равна:

$$P_к = S_3 - S_0.$$

Необходимая мощность электродвигателя (кВт) механизма с канатной тягой равна:

$$N_э = \frac{PV}{1000 h_0},$$

где P – сопротивление передвижению, определяемое по выражению (13), Н;

V – скорость передвижения тележки, м/с;

η_0 – общее значение КПД передаточного механизма.

Если привод механизма передвижения осуществляется приводными колесами, то приближенно считается, что для равномерного движения крана или тележки требуется такое же тяговое усилие P, как и для равномерного движения прицепной тележки. Эта сила P, приложенная на плече, равном радиусу колеса, создает движущий момент $M_к$:

$$M_к = 0{,}5 \cdot P \cdot D_к = \mathbf{(m_к + m_г)g}\ (0{,}5 f`d_ц + m) K_р + 0{,}5 \cdot D_к P_и + 0{,}5 \cdot D_к P_в . \qquad (14)$$

Мощность электродвигателя составит:

$$N_э = \frac{M_к w_к}{1000 h_0},$$

где $M_к$ – момент на приводном колесе, Нм;

$\omega_к$ – угловая скорость колеса, рад/с;

η_0 – общее значение КПД передачи.

Выбор электродвигателя производится по расчетной мощности $N_э$ с учетом режима работы (ПВ %) так, чтобы его мощность была несколько больше или равна расчетной (электродвигатель тех же серий, что и для механизма подъема). Выписываются все данные электродвигателя.

Электродвигатель проверяется на время пуска $t_п$ по формуле:

$$t_п = \frac{(m_к + m_г) w D_к^2 + 4d\, J_1 w u_0^2 h_0}{4 u_0^2 h_0 (M_п - M_с - M_в)} , \qquad (15)$$

где $m_к$, $m_г$ – соответственно массы крана и груза, кг;

$D_к$ – диаметр колеса, м;

ω – угловая скорость вала электродвигателя, рад/с;

δ – коэффициент, учитывающий момент инерции масс 2, 3 и последующих валов (δ=1,1…1,2);

J_1 – момент инерции массы вала электродвигателя, муфты и первого вала редуктора, кгм^2;

u_0 – общее передаточное отношение механизма;

η_0 – общее значение КПД передачи;

$M_п$ – пусковой момент вала электродвигателя, Нм;

M_c – приведенный к валу электродвигателя момент сил трения, Нм;

$M_в$ – приведенный к валу электродвигателя момент от ветровой нагрузки, Нм.

Время пуска $t_п$ должно быть $\mathbf{t_п \le 0{,}1\ t_р}$ для цехов и мастерских и $\mathbf{t_п \le (0{,}2\ldots0{,}3)\ t_р}$ для монтажных работ. Здесь $\mathbf{t_р = S/V}$; S –длина подкранового пути, м; V – скорость движения, м/с.

2.2.3 Проверка механизма на отсутствие буксования и юза

При пуске крана или тележки колеса механизма не должны пробуксовывать, так как происходит задир металла и на рельсе образуется лыска, что приводит впоследствии к возникновению динамических ударов и интенсивному износу.

Условие отсутствия буксования $\mathbf{P_{сц} \ge P_{дв}}$, где $P_{сц}=G_{пр}f`$, здесь $G_{пр}$ – давление на приводные колеса ,Н; f`– коэффициент сцепления (f=0,1– влажные рельсы, f=0,15 – в помещении; f=0,2 –с песочницей).

$\mathbf{P_{дв}}$ **–** движущая сила, равная силам сопротивления, Н.

Из неравенства можно сделать равенство, введя коэффициент запаса сцепления $K_{сц}$, т.е. $\mathbf{G_{пр}f = K_{сц}\ P_{дв}}$, отсюда определяется коэффициент запаса сцепления:

$$K_{сц} = \frac{G_{пр} f}{(m_к + m_г) g \dfrac{2(0{,}5 d_ц + m)}{D_к} K_р - G_{пр} f \dfrac{d_ц}{D_к} + (m_к + m_г) j + P_в} \ge 1{,}2, \qquad (16)$$

где j – ускорение разгона механизма, м/с^2.

Если будет пробуксовывание, то увеличивают коэффициент сцепления или увеличивают количество приводных колес, или увеличивают дополнительным грузом давление на приводные колеса.

При торможении юз колес также недопустим, так как уже на колесе образуется лыска, что приведет к ударным воздействиям на рельс и на колесо и к износу.

Юз при торможении будет отсутствовать, если максимальное ускорение замедления не будет превышать величины

$$j_{\max} = \frac{G_{пр}}{m_k}\left(\frac{f}{K_{сц}} - f\frac{d_ц}{D_к}\right) + g\frac{2(0{,}5 d_ц + m)}{D_k} - \frac{P_в}{m_к}. \qquad (17)$$

Здесь рассмотрен случай большей вероятности к скольжению (юзу), когда трение реборд колес о боковую поверхность рельсов будет отсутствовать ($K_р$=1) и когда груз на кране или тележке отсутствует, т.е $m_г$=0.

Минимальное время торможения крана или тележки составит:

$$\mathbf{t_{min} = V/j_{max}}.$$

2.3 Разработка механизма поворота

При разработке механизма поворота возникает вопрос об источнике привода, т.е. применить ручной или машинный привод. В любом случае разработку начинают с определения момента сил сопротивления вращению крана. Величина этого момента во многом зависит от металлоемкости и конструкции опорно-поворотных устройств, которые можно свести к трем типам.

К первому типу отнесены опорно-поворотные устройства кранов с верхней опорой. Верхняя опора воспринимает только радиальную нагрузку, нижняя опора – радиальную и вертикальную. Поэтому в верхней опоре устанавливают только радиальный самоустанавливающийся подшипник, а в нижней – радиальный самоустанавливающийся подшипник и упорный.

При большой высоте колонны весьма трудно добиться соосности верхней и нижней опор, поэтому применяют подшипники сферические самоустанавливающиеся шариковые или роликовые, а упорный подшипник должен быть шаровым или с шаровой и коническими шайбами. Иногда вместо этих шайб устанавливают свинцовую шайбу, которая деформируется по характеру нагрузки и распределяет давление между телами качения равномерно.

Ко второму типу относятся опорно-поворотные устройства без верхней опоры – краны на колонне. В этом случае верхняя опора воспринимает радиальную и осевую (вертикальную) нагрузку также через сферические подшипники, а нижняя опора оформлена катками, опирающимися на цилиндрическую поверхность, и воспринимает радиальную нагрузку.

Третий тип опорно-поворотных устройств с опорно-поворотными катками используется в автомобильных кранах, самоходных кранах на пневматическом и гусеничном ходу, строительных башенных кранах.

Итак, если предполагается применить ручной привод механизма поворота, то необходимо найти усилие на поворотном рычаге, исходя из равенства моментов сил сопротивления вращению и момента от приложенного рабочим усилия, т.е. $M_{тр} = M_{раб} = P \cdot \ell$ и усилие рабочего

определится так: $P = M_{тр}/\ell$, где ℓ – расстояние от оси вращения до поворотного рычага, м (или мм).

Определение сил сопротивления в кранах с верхней опорой

Момент сил сопротивления (сил трения) определяется как сумма моментов сил сопротивления от результирующих давлений (реакций) в опорных узлах, т.е. $\mathbf{M_{тр} = M_{RB} + M_{Rv} + M_{RA}}$,

где M_{RB} – момент сопротивления в опоре В ($\mathbf{M_{RB} = 0{,}5 R_B f d_ц}$);

M_{RV} – момент сопротивления от вертикальной нагрузки ($\mathbf{M_{RV} = 0{,}5 R_v f d_{ср}}$);

M_{RA} – момент сопротивления в опоре А ($\mathbf{M_{RA} = 0{,}5 R_A f d_ц}$).

Если полученное значение усилия не превышает допустимого значения (см. рекомендуемые усилия для рук рабочего в Приложении), то можно оставить ручной привод, если превышает, то необходим машинный привод.

Определение сил сопротивления в кранах без верхней опоры.

Опорно-поворотные устройства без верхней опоры – это краны на колонне. В этом случае верхняя опора воспринимает радиальную и осевую (вертикальную) нагрузку также через сферические подшипники, а нижняя опора оформлена катками, опирающимися на цилиндрическую поверхность, и воспринимает радиальную нагрузку.

В верхней опоре сопротивления вращению определяются так же как и в кране с верхней опорой, т.е. $\mathbf{M_{RB} = 0{,}5 R_B f d_ц}$ и $\mathbf{M_{RV} = 0{,}5 R_v f d_{ср}}$. А в нижней опоре катки опираются на круговую цилиндрическую поверхность, и сопротивление движению определяется по аналогии с механизмом передвижения (см. выражение 13). Здесь не учитывается трение в ребордах ($K_р$=1), ветровая, инерционная нагрузки, от различия натяжений в грузовом канате, учитывается только трение в цапфах катков и трение качения. Это сопротивление определяется выражением:

$$M_{RA} = \frac{2R_A}{\cos b}(0{,}5 d_ц f` + m)(1 + \frac{D}{D_K}), \qquad (18)$$

где R_A –реакция в нижней опоре, Н;

β – угол между расположением катков, град.;

$d_ц$ – диаметр цапфы у катков, мм;

f` – приведенный коэффициент трения в цапфе;

μ – коэффициент трения качения, мм;

D – диаметр опорной части колонны, мм;

D_K – диаметр опорных катков, мм.

Реакции R_A и R_B определяются составлением уравнений равновесия через сумму моментов всех внешних сил относительно точек А или В. Реакция R_V определяется как сумма проекций всех сил на ось У, т.е. $\mathbf{R_V = G_г + G_к + G_{пр}}$,

где $\mathbf{G_г}$, $\mathbf{G_к}$, $\mathbf{G_{пр}}$ – соответственно вес груза, крана, противовеса, Н.

После определения момента сил сопротивления вращению находят мощность электродвигателя по известной формуле:

$$N_э = \frac{M_{тр} w_к}{1000 h_0},$$

где $\mathbf{M_{тр}}$ – момент трения в опорах крана, Нм;

$\omega_к$ – угловая скорость вращения крана, рад/с;

η_0 – общее значение КПД привода (предварительно принимают порядка 0,7…0,8);

Мощность электродвигателя увеличивают на 30…40 % для учета динамических нагрузок от вращающихся масс крана и элементов привода.

Подбирается электродвигатель по расчетной мощности с учетом режима работы (ПВ), выписываются его основные характеристики:N, n мин$^{-1}$, $M_п$, M_{max},J,$d_в$

Определяется передаточное отношение редуктора $\mathbf{u_р = n/n_к}$, по $\mathbf{u_р}$, с учетом ПВ и частоты вращения двигателя **n** и мощности **N** выбирается типовой редуктор. Если передаточное отношение редуктора имеет большое значение, то применяют многоступенчатые зубчатые или червячные передачи или два редуктора и открытую зубчатую передачу.

Далее подбирается муфта и тормоз таким же образом, как и в механизме подъема.

После расчета привода проводится проверка электродвигателя на время пуска по формуле:

$$t_п = \frac{(m_г L_г^2 + m_к L_к^2 + m_{пр} L_{пр}^2) w + u_0^2 h_0 d J_1 w}{u_0^2 h_0 (M_п - M_c)}, \qquad (19)$$

где $m_г$, $m_к$, $m_{пр}$ – соответственно масса груза, крана и противовеса, кг;

$L_г$, $L_к$, $L_{пр}$ – соответственно расстояния от оси вращения до центра масс груза, крана, противовеса, м;

ω – угловая скорость вращения вала электродвигателя, рад/с;

J_1 – момент инерции массы ротора электродвигателя, муфты и первого вала редуктора, кгм^2;

u_0 – общее передаточное отношение;

$M_п$ – пусковой момент вала электродвигателя, Нм;

M_c – приведенный к валу ротора момент сил сопротивления, Нм.

Для выбора тормоза определяется тормозной момент по формуле:

$$M_m = d\,J_1 \frac{w}{t_m} + \frac{(m_г L_г^2 + m_к L_к^2 + m_{пр} L_{пр}^2) w h_0}{u_0^2 t_m} - M_c h_0\,, \qquad (20)$$

где символы те же, что и в предыдущей формуле (19).

Время торможения принимается равным времени пуска в пределах (2…10) с.

По тормозному моменту $M_т$ с учетом ПВ и диаметра тормозного шкива (одна из полумуфт) подбирается колодочный тормоз, который, как правило, устанавливается на быстроходном валу.

Следует отметить, что в механизм поворота нередко вводится муфта предельного момента, которая предохраняет зубчатые передачи от поломок в период пуска и торможения, а также от воздействия на передаточный механизм дополнительных нагрузок, возникающих вследствие раскачивания груза.

2.4 Разработка металлоконструкции

На металлоконструкции крана или остове монтируются все рабочие механизмы и приводы управления краном. Остов воспринимает внешние нагрузки от веса поднимаемого груза, собственного веса, инерционных и ветровых усилий и т.д., передавая эти усилия либо на неподвижный фундамент, либо через ходовые колеса и рельсовый или другой путь на основание или на опорные конструкции здания.

Металлоконструкция должна обеспечивать прочность и устойчивость всего сооружения.

Для рационального выбора элементов металлоконструкции вычерчивается в удобном для расчета масштабе схема конструкции, к элементам которой прикладываются внешние силы.

При расчете и конструировании металлоконструкции необходимо стремиться к использованию распространенных марок сталей, снижению металлоемкости, повышению надежности и долговечности, улучшению условий эксплуатации и ремонта.

Металлоконструкции, как и краны, бывают пролетного и консольного типа. К основным элементам металлоконструкции кранов относятся балки, фермы, колонны, стрелы, подкосы, стержни, опоры.

Элементы металлоконструкций подвержены воздействию большого количества разнообразных нагрузок, основные из которых следующие.

Постоянные нагрузки от веса груза, самой металлоконструкции, веса тележки, противовеса, от натяжения канатов.

а) В зависимости от скорости передвижения постоянную нагрузку определяют с учетом коэффициента $\mathbf{K_V}$ (таблица 2), зависящего от скорости передвижения по формуле: $\mathbf{P_p = K_V P}$,

Таблица 2 - Значение коэффициента K_v

V, м/мин	<60	60 - 90	90 - 180	> 180
K_V	1,0	1,1	1,2	1,3

б) При пуске или торможении механизма подъема учитывается динамическая составляющая, и нагрузка определяется по формуле:

$$\mathbf{P_G = \psi_д mg = \psi_д G},$$

где $\psi_д$ зависит от режима работы (таблица 2а)

Таблица 2а - Значение динамической составляющей

Режим работы	Легкий – Л	Средний – С	Т и ВТ
$\psi_д$	1,2	1,3	1,4

в) Инерционные нагрузки:

– при поступательном движении тележки, крана $\mathbf{P = mj = mv/t_п}$;

– при вращательном движении крана момент инерции равен:

$$\mathbf{M = J\xi}\,,$$

где J – момент инерции вращающихся масс, кгм^2;

ξ – угловое ускорение, с$^{-2}$.

Для металлоконструкций используются следующие материалы.

Углеродистые стали обыкновенного качества по ГОСТ 380-94 с гарантией механических свойств (группа А), с гарантированным химическим составом (группа Б), с гарантией механических свойств и химического состава (группа В).

Низколегированные стали с легирующими добавками имеют лучшие механические свойства (ГОСТ 19281-89 и 19282-90). Их при-

менение позволяет снизить на 20…30% массу конструкции и увеличить срок их службы.

Легированные стали 09Г2, 09Г2Д, 10ХСНД, 15ХСНД, 14Г2 и др. прочнее, но и дороже стали Ст.3. Добавки имеют следующее обозначение: Х – хром, Н – никель, С – кремний, Д – медь, Г – марганец, М – молибден, Т – титан, Ю – алюминий, Ф – ванадий, К – кобальт, Р – бор, В – вольфрам.

В последнее время металлургической промышленностью освоено производство проката из термоупрочненной углеродистой стали (ГОСТ 14637-89), которая имеет лучшие механические свойства, достигая прочности низколегированных сталей.

В целях унификации все стали, применяемые в металлоконструкциях, делят на 7 классов по гарантированным механическим свойствам. В числителе и знаменателе соответственно указывают гарантированные значения временного сопротивления и предела текучести. Например, к классу С38/23 относят сталь обыкновенной прочности, С44/29, С46/33 и С52/40 – повышенной прочности, С60/45, С70/60, С85/75 – высокой прочности. Цифры надо умножать на 10, т.е. 38/23 значит 380/230 МПа и т.д.

Металлургической промышленностью выпускают следующие виды металла.

Стали прокатные: ***а)*** *тонколистовая* S до 4 мм ГОСТ16523-70; ***б)*** *толстолистовая* S от 5 до 20 мм, шириной листов 500…1400 мм и длиной до 6 м (ГОСТ14637-89); ***в)*** *широкополосовая* S от 6 до 60 мм, шириной 200…1050 мм (ГОСТ 82-70).

Стали профильные или сортовые:

– угловая равнобокая ГОСТ 8509-72;

– угловая неравнобокая ГОСТ 8510-72;

– швеллеры ГОСТ8240-89;

– балки двутавровые ГОСТ8239-89;

– трубы стальные бесшовные холоднокатаные ГОСТ8734-85 и горячекатаные ГШОСТ 8732-70;

– трубы стальные сварные ГОСТ 3262-75;

– электросварные трубы прямоугольного сечения ГОСТ 8645-68 размером 16х32 до 80х180 мм;

– электросварные трубы квадратного сечения ГОСТ 8639 - 82;

– профили специального назначения: железнодорожные рельсы, крановые рельсы, рельсы для наземных и подвесных путей;

– круглая сталь ГОСТ 2590-88 Ø5…250мм длиной 3…10 м;

– квадратная сталь ГОСТ2591-88 размером от 5 до 200 мм;

– шестигранная сталь ГОСТ 2879-88, размер под ключ от 8 до 100 мм длиной 2…6 м.

2.4.1 Проектирование металлоконструкции пролетного типа

К ним относятся конструкции мостовых кранов, кран-балок и козловых кранов.

При работе металлоконструкции пролетного типа испытывают деформации изгиба в вертикальной плоскости от веса груза, тележки и собственного веса, в горизонтальной плоскости – от сил инерции при трогании и торможении крана с грузом.

В этих случаях проектировочный расчет сводится к определению момента сопротивления W сечения относительно соответствующих осей.

Условие прочности при изгибе в вертикальной плоскости определяется методом сравнения действующих напряжений с допускаемыми для данного материала:

$$\boldsymbol{\sigma_и \le [\sigma]_и} \quad \text{или} \quad \boldsymbol{\sigma_и = M_и/W_x \le [\sigma]_и}, \qquad (21)$$

где $\mathbf{M_и}$ **–** изгибающий момент, Нм;

W_x – момент сопротивления сечения, осевой, м^3.

Максимальный изгибающий момент определяют в середине пролета с учетом коэффициента динамичности нагрузки $\psi_д$ при подъеме груза «с подхватом», а также с учетом сил тяжести тележки $G_т$ и несущей балки $G_м$ по формуле:

$$M_и = \frac{(y_д G + G_т)L}{4} + \frac{G_м L^2}{8}, \qquad (22)$$

где L – длина пролета, м.

В предварительных расчетах силу тяжести тележки принимают по весу тележек аналогичных кранов или по приближенной формуле: $\boldsymbol{G_т = (0,1…0,2)\ Qg}$ – с канатной тягой, $\boldsymbol{G_т = (0,2…0,4)\ Qg}$ – с приводными колесами (здесь **Q** – грузоподъемность крана, кг; **g** – ускорение свободного падения, м/с^2).

Сила тяжести моста $\mathbf{G_м = qLg}$, (здесь q – погонная масса балки, кг/м; L – пролет моста, м; g – ускорение свободного падения, м/с^2).

Момент сопротивления сечения осевой в середине пролета составит:

$$W_x = \frac{M_u}{y_s[s]} = \frac{(\frac{(y_д G + G_m)L}{4} + \frac{G_м L^2}{8}}{y_s[s]}, \qquad (23)$$

где ψ_σ – коэффициент снижения допускаемых напряжений для балок, не имеющих вспомогательных элементов, обеспечивающих устойчивость в горизонтальной плоскости, зависит от длины свободного участка L, м (рисунок 2 и таблица 3).

Таблица 3 - Значение коэффициента снижения допускаемых напряжений

L ,м	3	4	5	6	7	8	9	>10
ψ_σ	0,91	0,89	0,82	0,71	0,64	0,54	0,48	0,44

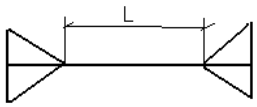


Рисунок 2- Схема балки

По моменту сопротивления W_x выбирают номер профиля балки, например, двутавр или проектируют сварную составную балку. При значительных пролетах несущую балку усиливают дополнительным листом или швеллером со стороны зоны сжатия. Высота сплошных одностенных балок **h = (1/14…1/17) L**, балок коробчатого сечения **h=(1/15…1/20) L** , ширина балки **B = (1/2…1/3) h**.

При механическом приводе передвижения и большой длине свободного участка L несущую балку необходимо проверить и с учетом изгиба в горизонтальной плоскости от действия инерционных нагрузок при пуске и торможении по формуле:

$$\boldsymbol{\sigma = M_x/W_x + M_y/W_y \le [\sigma],}$$

где $M_x = \frac{(G+G_m)L}{4} + \frac{G_м L^2}{8}$,

здесь ψ_σ не учитывается, так как груз уже поднят.

M_y – момент от сил инерции всех движущихся масс при пуске или торможении, т.е.:

$$M_y = \frac{(m_г + m_т + m_м + m_{пр})LV_k}{4t_m}.$$

Независимо от прочности несущую балку следует проверять на жесткость во избежание сильных вибраций и колебаний во время работы. Жесткость балки оценивается по прогибу в середине пролета при номинальной нагрузке:

$$f = \frac{M_x L^2}{10EJ_x} \le [f], \qquad (24)$$

где M_x – изгибающий момент в вертикальной плоскости Н·мм; (только от сил тяжести груза и тележки $M_x = (G_г+G_т)L/4$);

L – длина балки, мм;

E – модуль сдвига , Н/мм^2 (E=2,1 10^5 Н/мм^2);

J_x – момент инерции сечения осевой, мм^4;

[f] – допустимое значение прогиба, мм ([f]$\le$L/400 – для мостовых кранов с ручным приводом; ([f]$\le$L/500 – для кран-балок; ([f]$\le$L/700 – для мостов с механическим приводом.

2.4.2 Проектирование металлоконструкции консольного типа

Металлоконструкции консольного типа (стреловые краны) выполняют из стержней стандартного профиля или одиночного трубчатого профиля.

Металлоконструкции консольного типа рассчитывают с использованием метода независимости действия сил.

Консольные краны могут быть постоянного или переменного вылета. Нагрузки на элементы металлоконструкции определяют, как правило, при максимальном вылете стрелы. При этом детали металлоконструкции могут испытывать деформации растяжения, сжатия, изгиба, кручения в отдельных случаях.

В процессе проектирования сначала:

– подбирают профиль проката нужного сечения по изгибу;

– рассчитывают элементы металлоконструкции на прочность, обычно расчет выполняют по сжатому наиболее нагруженному стержню, исходя из условия устойчивости (гибкости) стержня.

Гибкость (устойчивость) стержня определяется по следующей формуле:

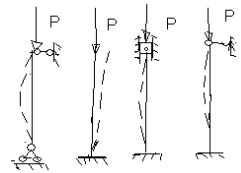
$$l = \frac{m\mathbf{l}}{r_{\min}} \le [l], \qquad (25)$$

где μ – коэффициент, учитывающий способ заделки стержня (рисунок 3);

ℓ – расчетная длина сжатого стержня, мм;

r_{min} – минимальный радиус сечения стержня, мм;

[λ] – допустимая гибкость стержня, [λ] =120.



μ=1 μ=2 μ=0,5 μ=0,75

Рисунок 3- Способы заделки стержней

В общем случае минимальный радиус инерции определяется из формулы:

$$r_{\min} = \sqrt{\frac{J}{A}} \ ,$$

где J – минимальный момент инерции сечения стержня,мм^4;

A – площадь сечения, мм^2.

При проектировочном расчете сжатого стержня металлоконструкции задаются допустимым значением [λ] гибкости, по компоновке металлоконструкции определяют длину ℓ стержня и по формуле гибкости (25), учитывая μ способ заделки стержня, вычисляют минимальный радиус r_{min} инерции сечения стержня, определяют r_{min} по формуле:

$$r_{\min} = \frac{m\mathbf{l}}{[\,l\,]}.$$

По вычисленному значению r_{min} выбирают из сортамента соответствующий номер профиля и тип профиля. Из таблицы сортамента выписывают значения r_{min}, геометрические размеры, площадь сечения.

Затем проверяют данный стержень на прочность по формуле:

$$s_{сж} = \frac{F}{A} \le j\,[s\,], \qquad (26)$$

где F – сила сжатия стержня, Н;

A – площадь сечения стержня, мм^2;

j – коэффициент снижения допускаемого напряжения при сжатии, зависит от гибкости стержня $l = \frac{m\mathbf{l}}{r_{\min}}$ и предела текучести стали $\sigma_т$, определяется по таблице 4

Таблица 4 - Значение коэффициента снижения j напряжения

Гибкость стержня λ	Предел текучести стали $\sigma_т$, МПа			
	240	280	320	440
10	0, 987	0,985	0,984	0,981
20	0,962	0,959	0,955	0,946
40	0,894	0,883	0, 873	0,846
60	0,805	0,785	0,766	0,696

80	0,686	0,641	0,602	0,501
100	0,542	0,493	0,448	0,335
120	0,419	0,336	0,321	0,237
140	0,315	0,272	0,240	0,178
160	0,244	0,212	0,187	0,139
180	0,196	0,170	0,150	0,112
200	0,161	0,140	0,124	0,093

В случае большой недогрузки или перегрузки необходимо скорректировать сечение стержня, изменить номер профиля и повторить расчет.

Для улучшения устойчивости за счет применения дополнительного стержня уменьшают длину свободного участка и тем самым уменьшают гибкость стержня, при этом увеличивается коэффициент j снижения допускаемого напряжения.

Стержни, испытывающие деформации изгиба, проверяют на прочность по формуле: $\boldsymbol{\sigma_и = M_и/W_x \le [\sigma]_и}$.

При одновременно действующем изгибе и сжатии проверяют стержень с учетом гибкости по формуле:

$$s = \frac{M_и}{W_x} + \frac{F_{сж}}{j\,A} \le [s\,],$$

[σ] для Ст 3 равно 160 МПа.

При использовании составных сечений стержней (швеллер, пластины, два уголка, четыре уголка, два швеллера и две пластины) сложной формы их геометрические параметры разбивают на элементы и определяют площади этих элементов, моменты инерции, координаты главных осей методами, изложенными в сопротивлении материалов.

Момент сопротивления общего сечения вычисляют по формуле:

$$W_x = \frac{J_x}{y_{\max}} \ ,$$

где J_x – момент инерции общего сечения относительно главной оси X;

y_{max} – максимальное удаление точки сечения от главной оси X.

В зависимости от типа крана и вида нагружений расчет поворотного крана ведут различными способами.

2.5 Расчет открытых передач

Под открытыми передачами понимаются передачи, которые расположены между электродвигателем и редуктором (ременная) или после редуктора (цепная или зубчатая: прямозубая, косозубая, коническая). Такие передачи используются в механизмах передвижения и механизме поворота.

Расчеты ременной, цепной и зубчатых прямозубых, косозубых и конических достаточно подробно изложены в лекциях, учебниках [2, 3, 7, 8].

3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВАЛОВ И ОСЕЙ

Цель расчета – разработать конструкции валов и осей, на которых жестко закреплены зубчатые колеса, шкивы, звездочки и др. Валы передают крутящий момент, оси крутящего момента не передают. Основными критериями работоспособности валов являются прочность и жесткость.

Проектирование валов ведется в следующей последовательности.

– Определяется ориентировочный диаметр вала исходя из передаваемого крутящего момента T, определенного в кинематическом разделе. Поскольку длина вала и напряжения от изгиба пока неизвестны, расчет диаметра ведется из условия прочности на кручение при пониженных допускаемых напряжениях. Диаметр вала принимается в большую сторону с цифрой, оканчивающейся на 0 или 5 (под внутренний диаметр подшипника).

– Разрабатывается эскизная компоновка конструкции вала с размещенными на нем элементами (подшипниками, колесами, шестернями, звездочками и т.п.) с целью определения линейных размеров и координат приложения сил. Эскиз выполняется на миллиметровой бумаге в масштабе 1:1.

– Силы, действующие в зубчатом зацеплении, приводят к геометрической оси вала, используя при этом аксиомы из теоретической механики (о параллельном переносе силы в другую точку и об условии равновесия тела при приложении к нему двух равных и противоположно направленных сил).

Поскольку силы действуют на вал в двух плоскостях, определяют реакции в опорах в горизонтальной и вертикальной плоскостях, строят

эпюры изгибающих моментов в каждой плоскости, затем находят результирующий изгибающий момент (это было изучено в сопротивлении материалов).

Определяется эквивалентный момент от результирующего изгибающего момента и крутящего момента в наиболее опасном сечении вала.

Снова определяется диаметр вала по эквивалентному моменту: если шестерня на валу соединяется посредством шпоночного соединения, то диаметр вала увеличивают на 10 % от значения, полученного по формуле (шпоночный паз на валу существенно ослабляет вал).

– Разрабатывается конструкция вала с учетов разных посадочных диаметров и других элементов на миллиметровой бумаге в масштабе 1:1.

– Проверяются валы на статическую прочность с учетом кратковременных перегрузок (например, пусковых).

– Проводится проверочный расчет валов на сопротивление усталости, поскольку на валах появились концентраторы напряжений (шпоночные пазы, галтели, проточки и т.д.).

– Проводится оценка надежности валов.

– Проводится проверочный расчет валов на жесткость.

4 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОДШИПНИКОВЫХ УЗЛОВ

Цель расчета – подобрать подшипники для валов, проверить их долговечность, степень надежности, спроектировать опорные конструкции.

Порядок проектирования подшипниковых узлов следующий.

1. Приводятся необходимые данные из предыдущих разделов: радиальные нагрузки F_{r1} и F_{r2} на первой и второй опорах, суммарная осевая нагрузка $F_{a\sum}$ на валу, частота вращения n, мин$^{-1}$ вала, диаметр d вала, расстояние ℓ между опорами, температура нагрева t^0 C.

2. Задаются типом подшипников по конструктивным соображениям или по рекомендациям в зависимости от отношения $F_{a\sum}/ F_{r\ max}$ (таблица 5). По этому признаку подходит несколько типов подшипников, можно начинать с шарикоподшипника радиального однорядного

(ШПРО). Выписываются значения динамической грузоподъемности С и статической C_0 грузоподъемности.

Таблица 5 - Рекомендации по выбору подшипников

Тип подшипника	$\frac{F_a}{F_r}=0$	$0<\frac{F_a}{F_r}\le 0{,}35$	$0{,}35<\frac{F_a}{F_r}\le 1$	$1<\frac{F_a}{F_r}\le 2{,}5$	$\frac{F_a}{F_r}>2{,}5$
Шариковый радиальный однорядный	X	X	---	---	---
Роликоподшипник конический однорядный типа 7000	X	X	X	X	X
Роликоподшипник конический однорядный типа 27000	---	X	X	X	X
Шарикоподшипник радиально-упорный однорядный типа 36200	---	X	X	X	---
Шарикоподшипник радиально-упорный однорядный типа 46000	---	---	X	X	X
Шарикоподшипник радиально-упорный однорядный типа 66400	---	---	---	X	X
Роликоподшипник радиальный однорядный	X	---	---	---	---
Шарикоподшипник радиальный сферический	X	X	---	---	---
Роликоподшипник радиальный сферический	X	X	---	---	---
Упорный шарикоподшипник однорядный	---	---	---	---	X
Упорный шарикоподшипник двухрядный	---	---	---	---	X
Быстроходный шарикоподшипник радиально-упорный типа 176000	X	X	X	X	X
Быстроходный шарикоподшипник радиально-упорный типа 126000	X	X	X	X	X
Быстроходный шарикоподшипник радиально-упорный типа 116000	X	X	X	X	X

3. В зависимости от соотношения нагрузок принимается схема подшипниковых узлов: схема с фиксирующей и плавающей опорами, схема «в распор», схема «в растяжку».

4. Определяется эквивалентная нагрузка P_1 и P_2 на опорах подшипников по формуле:

$$P_i = (XVF_{ri} + YF_{ai})K_Б K_T, \qquad (27)$$

где X и У – коэффициенты радиальной и осевой нагрузок;

V – коэффициент вращения (при вращении внутреннего кольца V=1, при вращении наружного кольца V=1,2);

F_{ri} – радиальная нагрузка на первой или второй опорах, Н;

F_{ai} – осевая нагрузка на первой или второй опорах, Н;

$K_Б$ – коэффициент безопасности, принимается по рекомендациям в зависимости от характера нагрузки ($K_Б$=1…3);

K_T – температурный коэффициент (K_T=1 при $t \le 105^o$ С и K_T=(108·0,4t)/150 при t= (105…250°) С).

Как определяются коэффициенты X и У?

Таблица 6 - Данные для определения коэффициентов X и У

Тип подшипника	α^o, град.	F_a/C_o	$(F_a/VF_r)\le e$		$(F_a/VF_r)\ge e$		e
			X	У	X	У	
Радиальный шариковый однорядный (ШПРО)	0	0,014	1	0	0,56	2,30	0,19
		0,028				1,99	0,22
		0,056				1,71	0,26
		0,084				1,55	0,28
		0,110				1,45	0,30
		0,170				1,31	0,34
		0,280				1,15	0,38
		0,420				1,04	0,42
		0,560				1,00	0,44

Радиально-упорный шариковый однорядный (ШРУО)	12	0,014 0,029 0,057 0,086 0,110 0,170 0,290 0,430 0,570	1	0	0,45	1,81 1,62 1,46 1,34 1,22 1,13 1,14 1,01 1,00	0,30 0,34 0,37 0,41 0,45 0,48 0,52 0,54 0,54
	26 36	--- ---	1 1	0 0	0,41 0,37	0,87 0,66	0,68 0,95
РПКО	$10\text{-}18^0$	---	1	0	0,4	0,4ctgα	1,5tgα
РПРС	$9\text{-}13^0$	---	1	0,45ctgα	0,67	0,67ctgα	1,5tgα
ШПРС	$0\text{-}13^0$	---	1	3,65*	0,65	5,63*	0,17
*Даны осредненные значения для подшипников типа 1000, более подробно см. в каталоге на ШПРС							

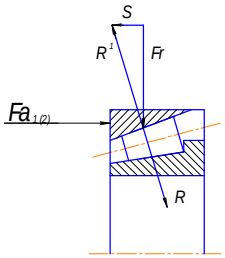


Рисунок 4 - Схема сил

Для шариковых подшипников радиальных однорядных (ШПРО) определяется отношение суммарной осевой нагрузки к статической грузоподъемности подшипника ($F_{a\Sigma}/C_o$) и по таблице 8, по указанному отношению, определяется ***e***, затем определяется отношение F_a/VF_{ri} и сравнивается с ***e*** и в соответствии с соотношениями:

$$\frac{F_a}{VF_{ri}} \le e \quad , \frac{F_a}{VF_{ri}} \ge e , \qquad (28)$$

определяются коэффициенты X и У.

Для радиальных подшипников однорядных $F_{a\Sigma}=F_{a1}$ или $F_{a\Sigma}=F_{a2}$.

Для шариковых радиально-упорных (ШРУО) с углом $\alpha=12^0$ – тип 36000 коэффициенты $\mathbf{e_1}$ и $\mathbf{e_2}$ определяются по формуле:

$$\lg e_i = \frac{\lg(\frac{F_r}{C_o}) - 1,44}{4,73} . \qquad (29)$$

Затем определяются осевые составляющие $\mathbf{F_{a1}}$ **и** $\mathbf{F_{a2}}$ на опорах подшипников из условия:

$$\mathbf{F_{a1} \ge S_1 = e_1 F_{r1}} \quad \textbf{и} \quad \mathbf{F_{a2} \ge S_2 = e_2 F_{r2}},$$

где $\mathbf{F_{a1}}$ **и** $\mathbf{F_{a2}}$ – осевые силы, создаваемые крышками для предотвращения сдвигания наружных колец подшипника, Н;

S_1 и S_2 – составляющие от реакции подшипника (рисунок 4), стремящиеся сдвинуть наружные кольца относительно тел качения, Н;

$\mathbf{e_1}$ и $\mathbf{e_2}$ – коэффициенты распределения осевой нагрузки (осевого нагружения).

Расчетные осевые нагрузки определяются в зависимости от сил F_{r1}, F_{r2} и $F_{a\Sigma}$ и способа осевой фиксации: «в распор» или «в растяжку».

Определяются значения сил $\mathbf{F_{a1}}$ **и** $\mathbf{F_{a2}}$ из условия нераздвигания наружных колец подшипников, а это будет при $\mathbf{F_{a1} \ge S_1}$ **и** $\mathbf{F_{a2} \ge S_2}$.

Значения сил $\mathbf{F_{a1}}$ **и** $\mathbf{F_{a2}}$ определяются из условия равновесия всех осевых сил на ось X вала (условие равновесия сил, раздел «Теоретическая механика. Статика»), т.е.:

$$\mathbf{F_{a1} - F_{a2} - F_{a\Sigma} = 0}. \qquad (30)$$

Знак при суммарной осевой силе $\mathbf{F_{a\Sigma}}$ зависит от направления этой силы относительно направления координатной оси X (может быть и плюс, и минус).

В общем случае $\mathbf{F_{a1}}$ не равна $\mathbf{F_{a2}}$, поэтому решается уравнение относительно силы $\mathbf{F_{a1}}$, затем **и** $\mathbf{F_{a2}}$ по условию нераздвигания колец ($\mathbf{F_{a1(2)}=S_{1(2)}}$) , для чего сначала принимается $\mathbf{F_{a1}=S_1}$, подставляется в уравнение $\mathbf{F_{a1} - F_{a2} - F_{a\Sigma}=0}$ и определяется $\mathbf{F_{a2}=S_1 - F_{a\Sigma}}$.

Если $\mathbf{F_{a2}=S_1 - F_{a\Sigma} \ge S_2}$, то условие соблюдено. Если $\mathbf{F_{a2}=S_1 - F_{a\Sigma} < S_2}$, то выполняется вторая подстановка $\mathbf{F_{a2}=S_2}$ и из уравнения $\mathbf{F_{a1} - S_2 - F_{a\Sigma}=0}$ определяется $\mathbf{F_{a1} = S_2 + F_{a\Sigma}}$, при этом должно быть условие $\mathbf{F_{a1} \ge S_1}$.

После определения осевых сил $\mathbf{F_{a1}}$ и $\mathbf{F_{a2}}$ находится отношение $\mathbf{F_{a1}/VF_{r1}}$ и сравнивается с коэффициентом **e**, определяются коэффициенты X и У для первой опоры. То же самое проделывается со второй опорой, т.е. находится отношение $\mathbf{F_{a2}/VF_{r2}}$, сравнивается с коэффициентом e и определяются коэффициенты X и У для второй опоры.

Далее определяется эквивалентная нагрузка на каждой из опор по формуле (27):

$$P_i = (XVF_{ri} + YF_{ai})K_Б K_T$$

и по большему значению ведется дальнейший расчет подшипникового узла.

Если задана циклограмма нагрузок, то эквивалентная нагрузка будет определяться следующим образом:

$$P_э = P_{1(2)} \sqrt[3]{y_1^3 x_1 + y_2^3 x_2 + y_3^3 x_3} , \qquad (31)$$

где x и y – значения по оси x и y составляющих циклограммы.

5. Определяется долговечность с 90%-ной степенью надежности по формуле:

$$L_{h90} = \frac{10^6}{60n}\left(\frac{C}{P_э}\right)^p, \qquad (32)$$

где L_{h90} – ресурс подшипника, час;

n – частота вращения вала, мин$^{-1}$;

C – динамическая грузоподъемность, Н;

$P_э$ – эквивалентная нагрузка на подшипник, Н;

P – показатель степени (p = 3 для шарикоподшипников, p =10/3 для роликоподшипников).

6. Определяется коэффициент $\mathbf{a_1}$ надежности подшипника по формуле:

$$a_1 = \frac{L_{hs}}{L_{h90}a_2a_3}, \qquad (33)$$

где L_{hs} – заданный ресурс подшипника, час;

L_{h90} – ресурс подшипника, час (номинальная долговечность с 90 % степенью надежности);

a_2 – коэффициент материала, учитывающий его структуру, чистоту и твердость;

a_3 – коэффициент режима смазки.

Для подшипников общего машиностроения величины коэффициентов a_2 и a_3 принимаются в соответствии с [1]:

– для шарикоподшипников (кроме сферических) a_2=0,9; a_3=0,9;
– для роликоподшипников цилиндрических и ШПРС a_2=0,8; a_3=0,8;
– для роликоподшипников конических a_2=0,8; a_3=0,9;
– для РПРС a_2=0,6; a_3=0,7.

Заданный ресурс L_{hs} зависит от типа машины и особенностей работы узла, для которого подбирается подшипник. Для общего машиностроения величина L_{hs} приведена в таблице 7.

Для курсового проектирования L_{hs} можно принимать (10000…15000)ч, т.е. ресурс подшипника должен быть не менее срока службы зубчатых передач.

Таблица 7 - Ресурс работы подшипников

Машины, оборудование и условия их эксплуатации	L_{hs} , час
– Машины для кратковременной или периодической работы: бытовое оборудование, строительные или монтажные краны и машины, тракторы	3000…8000
– Машины того же назначения, что и в первом случае, но с повышенными требованиями к надежности: подъемники и краны для штучных грузов, автомобили, сельхозтехника	8000…12000
– Машины для односменной работы, эксплуатируемые не всегда с полной нагрузкой: редукторы, авиадвигатели	10000…25000
– Машины для односменной работы, работающие с полной нагрузкой: станки, печатные и текстильные машины, воздуходувки	20000…30000
– Машины для круглосуточной работы: приводы прокатного оборудования, компрессоры, энергетическое оборудование	40000…50000
– Наиболее ответственные круглосуточно эксплуатируемые машины и агрегаты: Трубопрокатные станы, приводы судового оборудования, энергетические машины, шахтные насосы и оборудование	60000…100000

Коэффициент надежности можно определить и по другой формуле:

$$a_1 = \left(\frac{\lg S}{\lg 0,9}\right)^{1/K}, \qquad (34)$$

где S – вероятность безотказной работы подшипника;

K – коэффициент (K=1,1 -для шарикоподшипников; K = 1,5 – для роликоподшипников).

7. Определяется степень надежности (вероятность безотказной работы) по формуле:

$$S = 0,9^{(a_1^K)}. \qquad (35)$$

Вероятность S должна быть больше 0,9.

Справочные материалы приведены в лекциях, учебниках [2, 3, 4, 7].

5 ПРОЕКТИРОВАНИЕ СВАРНЫХ И ЛИТЫХ РАМ

Сварные рамы или литые плиты предназначены для установки на них электродвигателя с редуктором и других элементов, а также крепления рамы привода к опорной части устройства (фундаменту, металлоконструкции устройства и т.п.).

Соединяемые элементы (электродвигатель, редуктор, ременная передача, открытая передача) должны располагаться на раме с возможностью регулировки их относительного положения: соосности и перекоса соединяемых валов электродвигателя и редуктора, расположения шкивов (звездочек) ременной или цепной передач в одной плоскости, возможности натяжения ремня или цепи, регулировки открытой передачи.

В каких случаях изготавливают сварную или литую рамы?

При единичном и мелкосерийном производстве, а также отсутствии литейного оборудования изготавливают сварную раму из листового и профильного проката (швеллеры, двутавры, тавры, уголки и т.п.).

При серийном выпуске экономически выгодно плиты изготавливать в виде отливок из серого чугуна.

Конструкция и габариты рамы зависят от типа и размеров редуктора и электродвигателя.

Сначала вычерчивают фронтальную проекцию привода, начиная с муфты в разрезе. Сварные рамы или литые плиты предназначены для установки на них электродвигателя с редуктором и других элементов, а также крепления рамы привода к опорной части устройства (фундаменту, металлоконструкции устройства и т.п.).

Соединяемые элементы (электродвигатель, редуктор, ременная передача, открытая передача) должны располагаться на раме с возможностью регулировки их относительного положения: соосности и перекоса соединяемых валов электродвигателя и редуктора, расположения шкивов (звездочек) ременной или цепной передач, по возможности, в одной плоскости. С одной полумуфтой соединяют вал электродвигателя, а с другой – вал редуктора. Особое внимание надо обратить на расстояние между торцами полумуфт, которое, например, для упругой втулочно-пальцевой муфты (МУВП) равно 2…5 мм. Для других типов муфт в справочниках приводится свой размер зазора.

Зазор необходим для возможного относительного движения полумуфт при компенсации несоосности валов и перекосе. Если зазора не будет, то муфта будет работать как жесткая и будет догружать

подшипники валов нагрузкой от несоосности и перекоса, создавать вибрационные колебания привода, станины и опорной части и снижать ресурс подшипников, валов и других элементов привода.

Если зазор будет большим, то пальцы муфты будут передавать момент частью их длины, что приведет к увеличению изгибающего момента и к уменьшению их усталостной прочности и к ускоренному разрушению.

Затем к муфте в масштабе подрисовывают контуры электродвигателя и редуктора. Из чертежа определяется разность высот опорных поверхностей рамы (разность опорных поверхностей электродвигателя и редуктора).

Под главным видом (если позволяет масштаб) размещают вид сверху; вид сверху можно располагать и на другом листе. На виде сверху проводят осевые линии вала электродвигателя и соосно расположенного с ним входного вала редуктора. Затем изображают координаты отверстий в лапах электродвигателя и редуктора, последние берут из каталога электродвигателей и чертежа спроектированного редуктора.

Для опорных поверхностей электродвигателя и редуктора на раме размещают платики в виде пластин, размеры которых определяют по размерам опорных поверхностей присоединяемых деталей с припуском 5…10 мм.

После этого определяют основные размеры рамы в плане, ширину и длину, а также высоту **H**, равную приближенно 0,09…0,11 длины рамы.

По величине H подбирают больший ближайший размер профиля, например, швеллера. Верхнюю полку швеллера обычно используют для размещения и крепления электродвигателя и редуктора, а нижнюю - для соединения рамы привода с опорной частью устройства (фундаментом и т.п.).

При этом ширина полки должна быть достаточной для размещения на ней крепежных деталей. Ширина полки связана с диаметром болта соотношением:

$$b = 2{,}25d + (10\ldots12) \text{ мм},$$

где b – ширина полки швеллера, мм;

d – диаметр болта, мм.

Если электродвигатель соединен с редуктором ременной передачей, то соблюдать расположение оси вала электродвигателя и редуктора на одной высоте необязательно. В этом случае определение габаритов рамы целесообразно начинать с вычерчивания вида сверху.

Изображается контур электродвигателя, намечаются точки его крепления и к валу подрисовывается ведущий шкив ременной передачи, размеры шкива берутся из расчета ременной передачи.

Затем на межосевом расстоянии для горизонтальной передачи или горизонтальной проекции для передачи под углом, проводится ось входного вала редуктора. Вычерчивается ведомый шкив так, чтобы его торец и торец ведущего шкива находились в одной вертикальной плоскости. Далее вычерчивается входной вал и контуры редуктора, размеры которого берутся со сборочного чертежа. После этого вычерчиваются контуры рамы и определяются размеры длины, ширины и высоты. Затем над видом сверху изображается фронтальная проекция привода.

Изготавливают рамы (плиты) литьем из серого чугуна марок СЧ-12 и СЧ-32. Основные размеры плиты (длина, ширина, высота, разность высот опорных поверхностей) для приводов, у которых вал электродвигателя соединен с валом редуктора муфтой, определяются так же, как и при конструировании сварной рамы. Толщину стенки δ плиты, отвечающую требованиям технологии литья и необходимой жесткости плиты, рекомендуется определять по таблице 8, в зависимости от параметра N.

Таблица 8 - Рекомендуемая толщина стенки

N, м	0,75	1,0	1,5	1,8
δ, мм	8	10	12	14

Параметр N определяется по выражению:

$$N = (2L+B+H)/3,$$

где L – длина плиты, м;

B – ширина плиты, м;

H – высота плиты, м.

Опорная поверхность плиты имеет по периметру фланец шириной (2,5…3,5)δ и толщиной 1,5 δ (δ – толщина стенки).

Крепление электродвигателя и редуктора к плите обычно осуществляется шпильками, толщина стенки под шпильками усиливается приливами.

6 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ СБОРОЧНЫХ ЧЕРТЕЖЕЙ

Прежде чем приступить к выполнению сборочного чертежа редуктора, рамы и привода, необходимо внимательно ознакомиться с ГОСТ 2.109-73 «Основные требования к чертежам» : без осмысливания положений ГОСТа начинать графические работы – пустая трата времени. Кроме этого, в процессе выполнения проекта потребуются знания и соблюдение требований стандартов ЕСКД «Общие правила выполнения чертежей», начиная с ГОСТ 2.301-68 и заканчивая ГОСТ 2.320-82.

Сборочный чертеж – это документ, содержащий изображение изделия и другие данные, необходимые для сборки, контроля сборки и изготовления(в случае отсутствия чертежей соединяемых непокупных изделий).

Сборочный чертеж должен содержать необходимые сведения для осуществления прогрессивной технологии сборки и производства спроектированного изделия. Достигается это посредством применения разрезов и сечений (особенно необходимых в местах соединений деталей и сборочных единиц), дополнительных видов, разрезов и сечений, а в некоторых случаях и схем, указаний по требованию сборки (в виде условных обозначений на чертеже по ГОСТ 2.308-79 или в виде технических требований по ГОСТ 2.316-68 – предпочтительнее).

В соответствии с ГОСТ 2.109-73 сборочный чертеж должен содержать:

а) изображение сборочной единицы, дающее представление о расположении и взаимной связи составных частей, соединяемых по данному чертежу и обеспечивающее возможность осуществления сборки и контроля сборочной единицы.

Допускается на сборочных чертежах помещать дополнительные схематические изображения соединения и расположения составных частей изделия;

б) размеры, предельные отклонения и другие параметры и требования, которые должны быть выполнены или проконтролированы по данному сборочному чертежу.

Допускается указывать в качестве справочных размеры деталей, определяющие характер сопряжения;

в) указания о характере сопряжения и методах его осуществления, если точность сопряжения обеспечивается не заданными пре-

дельными отклонениями размеров, а подбором, пригонкой и т.п., а также указания о выполнении неразъемных соединений (сварных, паяных и др.);

г) номера позиций составных частей, входящих в изделие и собираемых по данному чертежу;

д) габаритные размеры изделия;

е) установочные, присоединительные и другие необходимые справочные размеры;

ж) техническую характеристику изделия (при необходимости);

з) координаты центра масс (при необходимости).

Допускается на разрезах изображать нерассеченными составные части изделий, на которые оформлены самостоятельные сборочные чертежи, а также вычерчивать только контурное очертание составных частей изделий, которые широко применяют в производстве (типовые, покупные).

На сборочном чертеже допускается не показывать:

а) фаски, скругления, проточки, углубления, выступы, накатки, насечки, оплетки и другие мелкие элементы;

б) зазоры между стержнем и отверстием;

в) крышки, щиты, кожухи, перегородки и т.п., если необходимо показать закрытые ими составные части изделия. При этом над изображением делают соответствующую надпись, например: «Кожух поз.5 не показан»;

г) видимые составные части изделий или их элементы, расположенные за сеткой, а также частично закрытые впереди расположенными составными частями;

д) надписи на табличках, фирменных планках, шкалах и других подобных деталях , изображая только их контур.

Крепежные детали изображают так же упрощенно, согласно ГОСТ 2.315-68 «Изображения упрощенные и условные крепежных деталей».

Содержание технических требований и правила их оформления выполняются в соответствии с ГОСТ 2.316-68.

Технические требования излагают, группируя вместе однородные и близкие по своему характеру требования, по возможности, в следующей последовательности:

а) размеры, предельные отклонения размеров, формы взаимного расположения поверхностей, массы и т.п.;

б) требования к качеству поверхностей, указания об их отделке, покрытии;

в) зазоры, расположение отдельных элементов конструкции;

г) требования, предъявляемые к настройке и регулированию изделия;

д) другие требования к качеству изделий, например, бесшумность, виброустойчивость, самоторможение и т.д.;

е) условия и методы испытаний;

ж) указания о маркировании и клеймении;

з) правила транспортирования и хранения;

и) особые условия эксплуатации;

к) ссылки на другие документы, содержащие технические требования, распространяющиеся на данное изделие, но не приведенные на чертеже.

Пункты технических требований должны иметь сквозную нумерацию. Каждый пункт технических требований записывают с новой строки. Заголовок «Технические требования» не пишут, если нет технической характеристики изделия.

В случае, если необходимо указать техническую характеристику изделия, ее размещают отдельно от технических требований с самостоятельной нумерацией пунктов на свободном поле чертежа под заголовком «Техническая характеристика». При этом над техническими требованиями помещают заголовок «Технические требования». Оба заголовка не подчеркивают.

Текстовую часть технических требований помещают над основной надписью, между текстовой частью и основной надписью не допускается помещать изображения, таблицы и т.п.

При выполнении сборочного чертежа на двух и более листах текстовую часть помещают только на первом листе независимо от того, на каких листах находятся изображения, к которым относятся указания, приведенные в текстовой части.

Для обозначения на чертежах изображений (видов, разрезов, сечений), поверхностей, размеров и других элементов изделия применяют прописные буквы русского алфавита, за исключением букв Й,О,Х,Ъ,Ы,Ь.

Буквенные обозначения присваивают в алфавитном порядке без повторения и, как правило, без пропусков, независимо от количества листов чертежа. Предпочтительно обозначать сначала изображения.

В случае недостатка букв применяют цифровую индексацию, например: А, $А_1$,$А_2$, Б-Б, $Б_1$ –$Б_1$.

Размер шрифта буквенных обозначений должен быть больше размера цифр размерных чисел, применяемых на том же чертеже, приблизительно в два раза.

Если на чертеже отыскание дополнительных изображений затруднено вследствие большой насыщенности чертежа или выполнения его на двух и более листах, то дополнительные изображения отмечают с указанием номеров листов или обозначений зон, на которых эти изображения помещены.

При выполнении сборочного чертежа, как правило, используются дополнительные изображения, виды, разрезы, сечения, которые должны выполняться в соответствии с ГОСТ 2.305-68.

При этом следует обратить внимание на расположение разрезов фронтальной или профильной плоскостями. Этим изображениям, как правило, придают положение, соответствующее принятому для данного предмета на главном изображении чертежа.

Также необходимо сохранять положение, принятое для данного предмета на главном изображении, дополнительным видам и разрезам, не совпадающим с основными плоскостями проекций и расположенным в проекционной связи с соответствующим изображением. В этом случае положение видов и разрезов поворачивают и к обозначению вида добавляют графический знак . При необходимости указывают угол поворота.

Следует обратить внимание на правильность использования линий в строгом соответствии с ГОСТ 2.303-68.

При выполнении чертежей возникает необходимость в показе пограничных деталей (обстановка), не относящихся к проектируемому изделию, например, фундамент, стена помещения и т.п. Все элементы обстановки следует выполнять тонкими сплошными линиями.

Крайние положения механизма или его элементов выполняют тонкими штрихпунктирными линиями с двумя точками.

Линии-выноски позиций и полки выполняют также тонкими линиями. Линию-выноску, пересекающую контур изображения, следует заканчивать точкой. Линию-выноску, отводимую от линии видимого контура, изображенного основной линией, заканчивают стрелкой.

При выполнении сборочного чертежа необходимо обращать внимание на ряд существенных моментов, знание или незнание которых резко меняет смысл сборочного чертежа и выполнение тех или иных

действий по сборке и контролю сборки. Желательно придерживаться определенной последовательности работы по сборочным чертежам.

После выполнения сборочного чертежа в тонких линиях ***приступают к составлению и написанию технических требований к сборочным операциям***. На какие моменты и пункты здесь следует обратить внимание?

В требованиях на сборку устройства должны быть указаны и соблюдены те условия, которые влияют на его работу и зависят от правильности сборки. В этом случае необходимо указать и средства, с помощью которых достигается то или иное условие сборки с обязательным перечислением номеров позиций деталей, элементов и т.д.

Например, осевой люфт в подшипниках входного вала 0,08…0,10 мм и выходного вала 0,11…0,12 мм обеспечить винтами поз.12. Пятно контакта по длине зуба 60 % ± 10 %, по высоте зуба 70 % ± 10 % обеспечить прокладками поз. 19 и перестановкой прокладок поз.31.

В сборочном чертеже привода при соединении вала электродвигателя с валом редуктора муфтой должно быть записано расположение валов относительно друг друга, т.е. допуск соосности и перекоса. Цифровые показатели будут зависеть от типа выбранной муфты, от ее компенсационной возможности – эти данные обычно приводятся в характеристике муфт. Так, например, глухая втулочная муфта вообще не имеет возможности компенсировать несоосность и перекос валов и требует очень точного и трудоемкого монтажа. Упругая втулочно-пальцевая муфта, в зависимости от ее типоразмера может компенсировать несоосность в пределах 0,2…0,6 мм, а перекос до 1^0 30’. Большую возможность в этом плане имеет торовая муфта, компенсирующая несоосность до 5 мм, а перекос до 2^0.

Если в устройстве имеются передачи: ременная, цепная и т.п., то необходимо указывать на три существенных условия сборки – указание на величину натяжения цепи, ремня или ленты (в этом случае желательно показать схему, поясняющую натяжение), а также на расположение шкивов или звездочек в одной плоскости (в противном случае будет соскакивать ремень или цепь и ускоряться их износ) и на параллельность осей шкивов или звездочек.

Следует особо остановиться на размерах, характерных для сборочного чертежа. Это хотя и простой вопрос, но не совсем четко воспринимается и усваивается студентами.

В соответствии с ГОСТ 2.307-68 размеры разделяются на исполнительные и справочные. Размеры, не подлежащие выполнению по данному чертежу и указываемые для большего удобства пользования

чертежом, называются ***справочными***. Эти размеры на чертеже отмечают знаком(*), а в технических требованиях записывают: « *) Размеры для справок». Если же все размеры на чертеже справочные, их знаком *) не отмечают, а в технических требованиях записывают: «Размеры для справок».

Разобраться в размерах (исполнительный или справочный) весьма просто. Если по сборочному чертежу производится сборка деталей или сборочных единиц без дополнительной обработки (пригонка, сверление, нарезание резьбы, сварка и т.д.), т.е. детали и сборочные единицы были уже изготовлены и на эту сборку поступили, естественно, с выполненными размерами, то эти размеры будут справочными. К ним относятся установочные, присоединительные, габаритные, перенесенные с чертежей деталей и являющиеся суммой размеров нескольких деталей.

К размерам исполнительным (без звездочки) будут относиться те размеры, которые должны быть выполнены или проконтролированы по данному сборочному чертежу. Сюда, например, относятся: размеры между торцами полумуфт, размер отверстия штифта и координаты его для фиксации соединяемых деталей или сборочных единиц (электродвигатель и редуктор на раме), другие размеры для обязательного исполнения.

Какова цель разделения размеров на справочные и исполнительные? Поскольку чертеж изобилует множеством размеров, то при сборке изделия исполнителю необходимо сразу обратить внимание на те размеры, которые он должен выполнить или проконтролировать для нормальной работы изделия.

Если бы все размеры были без пометки звездочкой, то невозможно было бы определить нужные размеры для исполнения по данному сборочному чертежу. Очень простое и умное решение вопроса – размер со звездочкой не исполняется, без звездочки – выполняется.

Определенные трудности у студентов возникают и при разбивке изделия на составные части: сборочные единицы, детали, стандартные и прочие изделия, материалы.

При проектировании изделий, в том числе редуктора и привода, в их состав будут ***входить покупные изделия: стандартные и прочие, которые в спецификации входят в раздел «Стандартные и прочие». На эти изделия конструкторская документация не составляется.*** К стандартным изделиям относятся: болты, гайки, шайбы, подшипники качения, крышки подшипников, масленки, шпонки, клиновые ремни, муфты, электродвигатели и т.п.

К прочим относятся те изделия, на которые еще нет ГОСТа, но они выпускаются предприятиями по техническим условиям (ТУ), нормалям и т.д. и выставляются на продажу.

При составлении спецификации по эскизному варианту проекта все элементы изделия разделяют ***на две большие группы***: вышеназванные стандартные и прочие (***еще раз отметим, что на них конструкторская документация не составляется, эти изделия покупаются в торговых точках снабженцем***) и вторая группа – ***сборочные единицы и детали***, которые никем не изготавливаются и их, естественно, купить нельзя. На эти изделия необходимо разработать рабочие чертежи (стоят дорого), найти завод, который по чертежам изготовит указанные изделия (тоже обойдется дорого).

Итак, исключая стандартные и прочие изделия, производят разбивку устройства в первую очередь на сборочные единицы, добиваясь простоты компоновочной схемы этих единиц. Разбивку на сборочные единицы производят для того, чтобы упростить и удешевить процесс сборки как самой сборочной единицы, так и изделия в целом, повысить производительность сборки и качество изделий, облегчить обслуживание и ремонт.

Каждая из выделенных сборочных единиц должна представлять собой самостоятельное изделие, допускающее независимую сборку, контроль и испытание, при этом соединяться сборочная единица с другими элементами должна простейшими средствами: болтами, муфтами и т.п.

К деталям будут относиться те детали, которые не вошли ни в одну из выделенных сборочных единиц, но участвуют в процессе сборки сборочных единиц, стандартных и прочих изделий. В некоторых случаях деталей может и не быть, т.е. сборка осуществляется только сборочными единицами, стандартными и прочими изделиями.

Каждая выделенная сборочная единица, стандартные и прочие изделия, а также детали, непосредственно участвующие в сборке, нумеруются в соответствии с номерами позиций, указанными в спецификации.

Таким образом, ***наличие на чертеже позиции указывает на причастность данного элемента к сборке.***

Следует напомнить, что позициями обозначены покупные изделия, сборочные единицы, детали, крепежные элементы и т.п. Хотя они и не равнозначны по составу (например, электродвигатель состоит из десятка деталей, а шпонка – всего кусочек металла), но являются участниками сборки на равных правах. При этом не надо забывать о

том, что обозначенный позицией элемент сборки должен соединяться с другими элементами, обозначенными также номерами позиций. Соединение элементов необходимо показывать и где это необходимо – указывать на контроль соединения.

Размер шрифта номеров позиций должен быть на один-два номера больше, чем размер шрифта, принятого для размерных чисел на том же чертеже.

Часто допускаются характерные ошибки по составу (смыслу) позиций, например, обозначают позицией одну деталь, находящуюся в окружении других деталей, которые позициями не обозначены. В качестве примера такой ошибки можно привести обозначение номера позиции подшипника качения, а вал, крышка с винтами крепления позициями не обозначены. В данном случае подшипник находится как бы вне контакта с валом и крышкой, что противоречит смыслу. Здесь вал, крышка с винтами также должны быть обозначены номерами позиций, поскольку они являются участниками сборки и находятся в непосредственном контакте с подшипником.

Следует помнить о том, что выполняемый сборочный чертеж редуктора является и исходной информацией (базой) для дальнейшей конструкторской работы – выполнению рабочих чертежей, т.е. по данному сборочному чертежу будут выполняться сборочные чертежи и детали, отмеченные в спецификации. По этой причине необходимо дать всю информацию для дальнейшего проектирования, выразив ее в разрезах, видах, сечениях, размерах и т.п.

О посадках

При простановке размеров сопряжений типовыми и стандартными элементами деталей посадку следует назначать с учетом предельных отклонений этих элементов. Например, предельные отклонения диаметров концов валов электродвигателей, выпускаемых в России при диаметре до 200 мм выполняются с отклонениями **к6**. Следовательно, если необходимо соединить вал электродвигателя с полумуфтой, то характер соединения определяется ***диаметром отверстия*** полумуфты в зависимости от характера работы устройства. При спокойной работе устройства обычно отверстие полумуфты выполняется по Н7 и на чертеже проставляется размер **Н7/к6**.

То же самое относится и к ***посадкам подшипников качения***.

Поля допусков, посадки и другие технические требования для соединения с подшипниками качения изложены в ГОСТ 3325-85. Поскольку подшипники качения являются готовыми комплектующими изделиями, их присоединительные размеры стандартизированы, удо-

влетворяют условию полной взаимозаменяемости и не подлежат дополнительной обработке. При этом соединение наружных колец подшипников ***с корпусом*** выполняется ***в системе вала***, а ***внутренних*** колец с валом – ***в системе отверстия***.

В системе допусков подшипников имеется отличие от принятой в машиностроении системы допусков: ***поле допуска на диаметр отверстия внутреннего кольца подшипника расположено не вверх от нулевой линии (не «в плюс»), а вниз (в «минус»)***. Такое расположение поля допуска гарантирует посадку с натягом в соединениях внутреннего кольца с валами, имеющими поля допусков **«к», «m», «n».**

Поле допуска на диаметр наружного кольца расположено как обычно – «в минус» или «в тело детали», т.е. так же как и в обычной системе допусков.

Основное отклонение поля допуска для среднего диаметра отверстия подшипника обозначается L, а основное отклонение поля допуска для среднего наружного диаметра – ℓ. Соответственно L0, L6, L5, L4, L2 и ℓ0, ℓ6, ℓ5, ℓ4, ℓ2 – обозначение полей допусков для среднего диаметра отверстия и среднего наружного диаметра по классам точности подшипника.

Условное обозначение посадок подшипников на чертежах проставляется в виде дроби, в числителе которой условно обозначается поле допуска отверстия, а в знаменателе – поле допуска вала.

Например, для соединения внутреннего кольца с валом:

$$\varnothing 45\frac{L6}{k6}, \quad \varnothing 30\frac{L0}{k6};$$

для соединения наружного кольца с корпусом:

$$\varnothing 110\frac{H7}{\mathbf{l}0}, \quad \varnothing 120\frac{H7}{\mathbf{l}6}.$$

О посадках полумуфт, шкивов, звездочек, манжетных уплотнений, распорных втулок и колец.

Полумуфты на цилиндрических концах валов соединяются по переходным посадкам, обеспечивающим достаточно надежное центрирование и простоту сборки. При постоянном направлении вращения и малых касательных напряжениях ($\tau \leq 15$ МПа) рекомендуется использовать посадки $\frac{H7}{k6}\left(\frac{H7}{m6}\right)$. Последняя (в скобках) не входит в число предпочтительных посадок, рекомендуемых ГОСТ 25347-82.

При реверсивной работе и при сильно нагруженных валах (τ >15 МПа), а также соединении неподвижных полумуфт в кулачковых муфтах применяют посадку $\frac{H7}{n6}$.

Для посадки шкивов, звездочек цепных передач, зубчатых колес открытых передач на цилиндрических концах валов используют переходные посадки $\frac{H7}{k6}$ *и* $\frac{H7}{js6}$.

Для распорных втулок используют посадки $\frac{H7}{h6}$ *и* $\frac{H8}{h7}$, обеспечивающие перемещение их по посадочным поверхностям и центрирование, исключающее возникновение дисбаланса, для распорных колец – $\frac{H8}{h8}$.

Посадки манжетных уплотнений должны обеспечивать небольшой гарантированный зазор $\frac{H8}{f7}$ *или* $\frac{H7}{f7}$.

Посадки шпоночных соединений

Характер соединения призматической шпонки с пазами вала и втулки осуществляется полем допуска на ширину пазов при постоянном поле допуска **h9** ширины шпонки. Это позволяет изготавливать шпонки из калиброванного материала вне зависимости от посадок.

Различают три вида шпоночных соединений с призматическими шпонками:

– ***свободное***, с гарантированным зазором для соединений с направляющими и скользящими шпонками;

– ***нормальное***, для неподвижных соединений при серийном и массовом производстве;

– ***плотное***, для неподвижных соединений с напрессовкой для обеспечения надежной работы соединения при реверсивных и ударных нагрузках.

Рекомендуемые поля допусков на ширину пазов приведены в табл.9.

Таблица 9 - Рекомендуемые поля допусков на ширину пазов

Вид соединения	Предельные отклонения размеров			Назначение
	шпонки	паза вала	паза ступицы	
Свободное	h9	N9, H9	D10	Для направляющих шпонок
		D10	N9, H9	Для скользящих шпонок
Нормальное		N9	J_S9, D10	Для неподвижных соединений при спокойном нагружении
Плотное		P9	P9, J_S9	Для неподвижных соединений при ударном нагружении

Отклонения на остальные размеры шпоночного соединения: на высоту шпонки по **h11**, на длину шпонки по **h14**, на длину шпоночных пазов вала и втулки по **H15**, на глубину шпоночных пазов вала t_1 втулки t_2, в зависимости от высоты шпонки (в таблице ГОСТ 23360-78, фрагмент которой приведен в табл.10 данного пособия).

Таблица 10 - Отклонения глубины шпоночных пазов вала и втулки

Высота шпонки h, мм	От 2 до 6	От 6 до 18	От 18 до 50
Отклонение глубины пазов t_1 и t_2, мм	+0,1 0,0	+0,2 0,0	+0,3 0,0

Посадки зубчатых колес

В зубчатых передачах для обеспечения необходимого центрирования зубчатого колеса на валу и благоприятных условий для работы

шпоночного соединения необходимо выбирать поле допуска, гарантирующее наличие натяга.

При сборке колес с валом вне корпуса редуктора рекомендуется :

– для цилиндрических прямозубых колес $\frac{H7}{p6}\left(\frac{H7}{r6}\right)$;

– для цилиндрических косозубых колес $\frac{P7}{\kappa 6}\left(\frac{P7}{\kappa 6}\right)$;

– для конических колес $\frac{H7}{s6}\left(\frac{H7}{t6}\right)$.

Для коробок передач, не имеющих плоскости разъема по осям валов, сборка деталей внутри корпуса затруднена, поэтому применяют переходные посадки $\frac{H7}{k6}\left(\frac{H7}{m6}\right)$.

Посадки с большим натягом, приведенные в скобках, используются для колес реверсивных передач.

Рекомендации для выбора полей допусков соединений с зубчатыми колесами приведены в таблице 11.

При конструировании устройства необходимо обеспечить высокое качество проектируемого изделия, характеризующееся рядом свойств и показателей. Первое важное свойство изделия – прочность. Следует помнить, что ни один элемент конструкции не должен выполняться без достаточных прочностных обоснований – расчетов.

Рядом с прочностью стоит понятие «равнопрочность», означающее, что все детали машины должны, по возможности, иметь одинаковую «наработку на отказ».

Третьим важным свойством конструкции является жесткость, которая может быть достигнута разными приемами: добавлением ребер и поясов жесткости и плавными их переходами, применением пустотелых или оболочковых конструкций деталей, блокировкой деформаций поперечными и диагональными связями, рациональным расположением опор и узлов жесткости, заменой изгибных напряжений растяжением и т.д.

Таблица 11 - Рекомендуемые посадки при установке зубчатых и червячных колес на валы и оси

Посадки	Условия, определяющие выбор посадки	Область применения	Способ сборки и разборки
$\frac{H8}{s7}, \frac{H7}{s6}$	Колеса тяжело нагруженные и работающие с ударными нагрузками или при частоте вращения n>1800 мин$^{-1}$	В тихоходных ступенях редукторов со шпонкой, в коробках передач грузовых автомобилей	Под прессом как с нагревом, так и без нагрева
$\frac{H7}{p6}, \frac{H7}{r6}$	Для прочных соединений при незначительных ударных нагрузок и вибраций. Фиксация от осевых сил не требуется	Втулки муфт на валах редукторов, шестерни передней бабки токарных станков	Под прессом (без нагрева)
$\frac{H8}{n7}, \frac{H7}{m6}$	Точное центрирование при ударных нагрузках и вибрациях при редких съемов колес. Все переходные посадки для зубчатых колес, воспринимающих осевые нагрузки, требуют дополнительных креплений	Шестерни на валах ковочных машин, камнедробилок, вибрационных устройств. Конические шестерни и колеса редукторов	Под прессом, съемниками и молотками, сборка и разборка требуют значительных усилий

$\frac{H7}{k6}, \frac{H7}{js6}, \frac{H8}{k6}$	При частых съемах колес и при неудобной разборке в труднодоступных местах машины	Посадка конических и цилиндрических зубчатых колес редукторов при спокойной работе. Посадка сменных шестерен	Под прессом, съемниками, деревянными ручниками. Сборка и разборка требуют незначительных усилий
$\frac{H7}{h6}, \frac{H8}{h8}, \frac{H8}{h9}, \frac{H9}{h8}$	Для хорошей соосности у часто снимаемых колес H7/h6, при невысоких требованиях к соосности H8/h9; H9/h8	Для сменных шестерен на валах металлорежущих станков	Вручную
$\frac{H7}{f7}, \frac{H8}{f9}, \frac{H8}{e9}$	Перемещение шестерни от руки вдоль вала. Шестерни, свободно вращающиеся на валах, и шестерни, включаемые муфтами	Посадки свободно вращающихся шестерен со средней скоростью H7/f7, со значительной скоростью H8/f9, H8/e9	Вручную

Не менее важные свойства устройств – надежность, т.е. безотказная работа в течение заданного срока службы и долговечность, т.к. преждевременный износ даже одной детали снижает долговечность всей машины.

Кроме перечисленных выше свойств, в конструкцию изделия должны быть заложены удобства ремонта, объединенные одним термином – «ремонтопригодность».

В Единой системе конструкторской документации (ЕСКД) имеются ГОСТы 2.601-68 …2.604-68, которые относятся к ремонту и эксплуатации изделий. Эти ГОСТы требуют, чтобы при проектировании закладывалась высокая ремонтопригодность конструкции. Это значит, что надо разрабатывать такие изделия, которые были бы приспособлены к техническому обслуживанию и восстановлению с минимальными затратами труда и материалов.

Важный показатель конструкции – художественный облик изделия, техническая эстетика. Техническая эстетика за последние годы сложилась как новая отрасль знания, накопила опыт и сформулировала свои законы, обязательные для конструкторов.

Для оценки эстетических качеств проектируемых изделий при конструировании можно использовать ряд контрольных вопросов:

– правильно ли в композиционном отношении распределена и уравновешена вся масса изделия (машины, устройства)? Правильны ли переходы между отдельными объемами, не слишком ли расчлененной получилась общая форма изделия?

– имеет ли изделие спокойный уравновешенный контур (контурные линии)?

– соответствуют ли радиусы закругления углов и ребер величине соответствующих тел и их положению на изделии? Обеспечено ли единообразие закруглений (унифицированы ли их размеры)?

– не слишком ли много различных элементов на поверхности изделия?

– нет ли у изделия узких швов, канавок, углов, где легко будут задерживаться загрязнения, что затруднит содержание его в чистоте?

– будет ли общий внешний вид изделия гармонировать с его окружением, в котором оно будет установлено?

В конструкции изделия должны быть заложены требования охраны труда, в первую очередь требования Госгортехнадзора и рекомендации эргономики.

Аспекты техники безопасности можно учесть сопоставлением своей конструкции с рядом вопросов:

– обладает ли спроектированное изделие достаточной устойчивостью против опрокидывания?

– нет ли на внешних поверхностях изделия выступающих острых ребер и углов, о которые мог бы пораниться оператор, обслуживающий изделие?

– учтена ли возможность надежного захвата при транспортировке подъемным устройством или вручную?

– достаточно ли надежно закрыты все опасные движущиеся части машины (зубчатые колеса, цепи, ремни и т.п.)?

– обеспечена ли своевременная и четкая сигнализация о достижении опасной границы работы?

– обеспечена ли безопасность подхода к рабочему посту машины и уход с этого поста?

– обеспечена ли безопасность загрузки материала в машину и выгрузка из нее?

– обеспечены ли мероприятия по уменьшению шума и вибрации?

– оснащено ли изделие необходимыми предохранительными устройствами?

С целью выполнения чертежей с меньшим количеством ошибок рекомендуется сделать самопроверку.

Самопроверку предлагается производить в рекомендованном ниже порядке:

– достаточно ли ясно представлена конструкция на чертеже? Нет ли надобности в дополнительных разрезах, сечениях, видах?

– не загромождают ли чертежи лишние проекции и изображения?

– проверить стыковочные, кинематические и другие размерные связи частей конструкции, правильность графического изображения изделия;

– использованы ли при разработке конструкции все возможности применения стандартных и нормализованных элементов?

– все ли необходимые технические требования отражены в записях?

– проверить правильность простановки размеров (выявить лишние, повторяющиеся и недостающие);

– проверить возможность легкой сборки и разборки сборочных единиц без повреждения деталей; удобство проведения операций сборки (шплинтовка, штифтовка, крепление, регулирование и т.п.);

– соблюдены ли правила техники безопасности?

– проверить надежность смазки конструкции;

– проверить технологичность исполнения деталей, по возможности, самым дешевым способом;

– проверить наличие устройств для строповки и транспортировки (ушки, рым-болты и т.п.);

–проверить правильность выбранных посадок сопряженных частей;

– проверить правильность использования линий на чертежах.

Ошибки, распространенные в сборочных чертежах

При выполнении сборочного чертежа привода и редуктора студентами наиболее часто допускаются следующие ошибки:

– в основной надписи в графе «Наименование изделия» не пишется присвоенный этому документу шифр СБ в развернутом виде, т.е. «Сборочный чертеж», причем писать необходимо шрифтом меньшего размера, чем шрифт надписи изделия;

– нельзя сокращать слово «Масштаб»;

– технические требования расположены не на месте (слишком высоко и далеко от рамки основной надписи);

– не все моменты сборки изделия отражены в технических требованиях (натяжение цепей, ремней, расположение шкивов и звездочек относительно друг друга, расположение соединенных валов и т.п.);

– не показаны параметры для контроля сборки составных элементов изделия;

– пункты технических требований не нумеруются;

– элементы изделия изображены не в масштабе и не в соответствии с действующими стандартами на эти элементы (валы электродвигателей, шпонки и т.д.);

– непонимание смысла сборочного чертежа (нет ясности, где и сколько делать разрезов, видов и т.д.), нет полной информации по составу выделенных сборочных единиц (невозможно будет изобразить сборочной чертеж сборочной единицы и разработать чертежи ее деталей);

– в обозначении разрезов использованы буквы латинского алфавита, а также использована одна буква и в виде и в разрезе;

– высота номера позиции и высота цифр размеров одинаковы, тогда как высота первых должна быть на размер больше;

– нет разделения размеров на исполнительные и справочные;

– нет проекционной связи между изображениями первого и второго листов;

– нет габаритных и присоединительных размеров изделия;

– пункты технической характеристики не нумеруются;

– не все посадки сопряженных деталей показаны.

7 ОФОРМЛЕНИЕ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ

Текстовые документы можно разделить на две группы, в которых оформление листов отличается друг от друга.

К первой группе относятся документы на изделия машиностроения, приборостроения и строительства (конструкторские):

– спецификации;
– ведомости спецификаций (ВС);
– ведомости ссылочных документов (ВД);
– ведомости покупных изделий (ВП);
– ведомости разрешения применения покупных изделий (ВИ);
– ведомости держателей подлинников (ДП);
– ведомости технического предложения (ПТ);
– ведомости эскизного проекта (ЭП);
– ведомости технического проекта (ТП);
– пояснительная записка (ПЗ);
– программы и методики испытаний (ПМ);
– таблицы (ТБ);
– расчеты (РР);
– инструкции (И);
– документы прочие (Д).

Ко второй группе относятся документы, не относящиеся к изделиям машиностроения, т.е. не конструкторские. Сюда относятся тексты домашних работ студентов, рефераты, тексты разделов дипломных работ и проектов, не относящиеся к конструкторской разработке, статьи и т.п.

Кроме этого, текстовые документы можно разделить на ***документы, имеющие сплошной текст*** (расчеты, пояснительные записки, инструкции, статьи, диссертации и т.п.) и ***документы***, ***в которых текст разбит на графы*** (спецификации, ведомости, таблицы и т.п.).

Подлинники текстовых документов выполняют одним из следующих способов:

– рукописным – чертежным шрифтом по ГОСТ 2.304-81 с высотой букв и цифр не менее 2,5 мм. Цифры и буквы необходимо писать четко черной тушью (студенческие работы допускается выполнять шариковой ручкой с ***пастой только черного цвета***);

– машинописным, по ГОСТ 13.1.002. Шрифт пишущей_машинки должен быть четким, высотой не менее 2,5 мм, лента только черного цвета (полужирная);

– с применением печатающих и графических устройств вывода ЭВМ (ГОСТ 2.004-88);

– на магнитных носителях данных (ГОСТ 28388-89).

Вписывать в текстовые документы, изготовленные машинописным способом, отдельные слова, формулы, «условные знаки», а также выполнять иллюстрации следует чернилами, **пастой или тушью только черного цвета**.

Опечатки, описки и графические неточности, обнаруженные в процессе выполнения документа, допускается исправлять подчисткой или закрашиванием белой краской и нанесением на том же месте исправленного текста (графики) машинописным способом или черными чернилами, пастой или тушью рукописным способом.

Повреждение листов текстовых документов, помарки и следы не полностью удаленного прежнего текста (графики) не допускается.

Текстовые документы как первой, так и второй групп выполняют на бумаге формата А4 (210 х 297 мм).

Листы текстовых документов первой группы (конструкторские) должны иметь рамку, левая сторона которой расположена от края листа на 20 мм, верхняя, нижняя, правая стороны рамки расположены от краев листа на 5 мм.

Текстовые документы второй группы (не конструкторские) рамки на листах не имеют (домашние работы, рефераты, научные статьи, разделы дипломных работ и проектов, кроме конструкторской части).

Расстояние от рамки формы до границ текста вначале и в конце строк не менее 3 мм.

Расстояние от верхней или нижней строки текста до верхней или нижней рамки должно быть не менее 10 мм.

Абзацы в тексте начинают отступом, равным пяти ударам пишущей машинки или 15-17 мм.

Текстовые документы без рамки должны иметь следующие размеры полей: левое – 25 мм, правое – 10 мм, верхнее и нижнее – по 20 мм. Расположение текста от условных границ полей такое же, как и в первой группе.

Лист «Содержание» (третий лист после титульного листа текстовых документов и титульного листа пояснительной записки) текста с рамкой должен иметь основную надпись по форме 2, последующие листы – с основной надписью по форме 2а, в соответствии с ГОСТ 2.104-68.

В основной надписи по форме 2 (рисунок 5) в графах (номера граф показаны в скобках) указывают:

– в графе 1 – наименование документа с расшифровкой кода обозначения (например, «***Редуктор червячный» – Пояснительная записка***);

– в графе 2 – обозначение документа (например, «***Курсовой проект РД.123.00.00.ПЗ,*** Дипломный проект МГП.00.00.ПЗ»;

– в графе 4 – литеру, присвоенную данному документу (например, «У» – учебный);

Основная надпись по форме 2 *(первый или заглавный лист)*

<table>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td colspan="4" rowspan="2">(2)</td></tr>
<tr><td>(14)</td><td>(15)</td><td>(16)</td><td>(17)</td><td>(18)</td></tr>
<tr><td>Изм.</td><td>Лист</td><td>№док.</td><td>Подп.</td><td>Дата</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">Разраб.</td><td></td><td></td><td></td><td rowspan="4">(1)</td><td>Лит.</td><td>Лист</td><td>Литов</td></tr>
<tr><td colspan="2">Пров.</td><td></td><td></td><td></td><td>(4)</td><td>(7)</td><td>(8)</td></tr>
<tr><td colspan="2">(10)</td><td>(11)</td><td>(12)</td><td>(13)</td><td colspan="3" rowspan="3">(9)</td></tr>
<tr><td colspan="2">Н. контр.</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">Утв.</td><td></td><td></td><td></td></tr>
</table>

Рисунок 5- Графы основной надписи

– в графе 7 – порядковый номер листа (***на документах, состоящих из одного листа, графу не проставляют);***

– в графе 8 – общее количество листов документа (графу заполняют только на первом листе);

– в графе 9 – наименование предприятия, выпускающего документ (в нашем случае – университет, кафедра, группа; например, КГАСУ, кафедра ДСМ, группа 203);

– в графе 10 – характер работы, выполняемой лицом, подписывающим документ: разработал, проверил, нормоконтроль, утвердил; свободная строка заполняется по усмотрению кафедры – зав. каф., консультант);

– в графе 11 – фамилии лиц, подписавших документ;

– в графе 12 – подписи лиц, фамилии которых указаны в графе 11;

– в графе 13 – дату подписания документа;

– графы 14, 15, 16, 17, 18 – в студенческих работах не заполняют.

Основная надпись по форме 2а (*последующие листы)*

<table>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td rowspan="3">(2)</td><td>Лист</td></tr>
<tr><td>(14)</td><td>(15)</td><td>(16)</td><td>(17)</td><td>(18)</td><td rowspan="2">(7)</td></tr>
<tr><td>Изм</td><td>Лист</td><td>№докум.</td><td>Подп.</td><td>Дата</td></tr>
</table>

Рисунок 6 - Графы формы 2а

В основной надписи по форме 2а (рисунок 6) графы 2 и 7 заполняют аналогично таковым формы 2 рисунка 5, т.е. указывают обозначение документа и порядковый номер листа документа.

В курсовом проекте обязательно будут пояснительная записка и спецификации. Если пояснительная записка и спецификации **подшиты в одну папку**, то первым листом будет титульный лист с наименованием «***Текстовые документы к курсовому проекту*** …». Вторым листом будет «***Пояснительная записка к курсовому проекту*** …». Титульный лист не нумеруется. Третьим листом будет «Содержание» с основной надписью по форме 2 (в графе 7 формы 2 проставляется цифра 3 – номер листа, далее в форме 2а в графе 7 – последующие номера листов записки).

Титульные листы выполняются на листе формата А4, на них указывают:

– поле 1 – наименование ведомства, в систему которого входит университет (Министерство образования и науки Российской Федерации, Казанский государственный архитектурно-строительный университет, кафедра «Дорожно-строительные машины»);

– поле 2 – наименование документа и тема (например, текстовые документы (пояснительная записка) к курсовому проекту по деталям машин, тема « Редуктор двухступенчатый»);

– поле 3 – обозначение документа (например, РД.148.00.00.ПЗ);

– поле 4 – должность разработчиков и руководителей, их подписи. Справа от каждой подписи проставляют фамилии лиц, подписавших документ и дату подписи;

– поле 5 – наименование города, где расположен университет (без указания «г»), ниже – год выполнения документа (без указания слова «год»).

Пример заполнения титульного листа текстовых документов (пояснительная записка и спецификация) показан на рисунке 7, пояснительной записки – на рисунке 8.

Ошибки, допускаемые студентами по данному разделу, сводятся к следующему.

1. ***Текст документа выполняется пастой не черного цвета.***
2. ***Буквы текста пишутся далеко не чертежным шрифтом, разобрать смысл текста не всегда удается.***

3. Не соблюдено соотношение между прописными и строчными буквами (прописные в несколько раз больше положенного соотношения, если строчные буквы имеют высоту 2,5 мм, то прописные должны иметь высоту 3,5 мм).

4. Основные надписи формы 2 и 2а вообще отсутствуют.

5. Основная надпись формы 2 выполнена не на первом листе (третий лист после титульных листов) текста, а на другом.

6. Отсутствует рамка на страницах конструкторского текста.

7. Перенос слов в тексте титульного листа.

8. Не указана нумерация страниц в основной надписи.

9. В графе 1 основной надписи не дается расшифровка кода документа, т.е. не пишут после наименования документа «Пояснительная записка».

10. В графе 2 не присваивается код документа (например, не указывают ПЗ).

11. Наименование документа на титульном листе, в основной надписи, спецификации и сборочном чертеже различны, в том числе и по порядку слов. Первым словом должно быть имя существительное, затем определение, например, «Консольный кран», должно быть «Кран консольный».

12. Размер шрифта на титульном листе на полях 1-5 весьма различен (отличие в 3-4 раза).

.

Пример оформления титульного листа для пояснительной записки и спецификации, объединенных в один документ

Министерство образования и науки Российской Федерации
Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Поле 1 ***Кафедра «Дорожно-строительные машины»***

Поле 2

ТЕКСТОВЫЕ ДОКУМЕНТЫ
К КУРСОВОМУ ПРОЕКТУ ПО
ГРУЗОПОДЪЕНМНЫМ МАШИНАМ

Тема: КРАН СТРЕЛОВЫЙ ПОВОРОТНЫЙ

Поле 3

КСП.124.00.00.ПЗ
КСП.124.00.00

Поле 4

Разработал студент 1321 гр.	Умаров В.П.
Руководитель, доцент	Колычев И.Р.
Зав. кафедрой, доцент	Кукушкин В.П.

Поле 5

КАЗАНЬ
2014

Рисунок 7- Образец титульного листа текстовых документов

Пример оформления титульного листа пояснительной записки

Министерство образования и науки Российской Федерации
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Кафедра «Дорожно-строительные машины»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
к курсовому проекту по грузоподъемным машинам

Тема: Кран стреловый поворотный
КСП.124.00.00. ПЗ

Разработал студент 1321 гр. Умаров В.П.
Руководитель, доцент Колычев И.Р.
Зав. кафедрой, доцент Кукушкин В.П.

КАЗАНЬ
2014

Рисунок 8 - Титульный лист пояснительной записки

Пояснительная записка к курсовым работам, проектам, к конструкторской части дипломных проектов (работ) должна в общем случае включать следующие разделы.

Введение (с указанием цели работы, оценки состояния решаемой задачи, на основании каких документов ведется разработка, показывается актуальность и практическая значимость темы). Введение номера не имеет.

1. Наименование и область применения проектируемого изделия.

2. Техническая характеристика.

3. Описание и обоснование выбранной конструкции с указанием, какие части заимствованы из ранее разработанных изделий.

4. Расчеты, подтверждающие работоспособность и надежность конструкции.

5. Разработка устройств и мероприятий, обеспечивающих безопасную эксплуатацию проектируемого изделия.

6. Заключение, с оценкой экономической эффективности и уровнем унификации.

7. Список использованной литературы.

В зависимости от особенностей курсового проекта (работы), дипломных проектов (работ) отдельные разделы допускается объединять или исключать, а также вводить новые разделы.

При написании пояснительной записки студенты сталкиваются с двумя основными видами проектирования: выбором типовых (покупных) разработок (изделий) и расчетом вновь создаваемых. Каждое из них имеет свои особенности.

Если приходится **выбирать готовое (покупное) изделие** (стандартное, прочее), то выбор (а не расчет) производится по следующей схеме.

1. Приводятся необходимые параметры, по которым производится выбор готового изделия.

2. Указывается марка, тип выбранного изделия.

3. Приводится характеристика выбранного изделия.

4. Дается заключение о соответствии изделия требуемым параметрам.

Данная схема позволяет видеть характеристики изделия, которые необходимо иметь для работы, и те характеристики, которые может обеспечить выбранное изделие.

Если же производится **расчет изделия** (при отсутствии покупного или при неудовлетворении его заданным параметрам), то он должен содержать:

– ***задачу расчета*** (с указанием, что требуется определить при расчете);

– эскиз или схему рассчитываемого изделия;

– данные для расчета;

– ***условия расчета*** (что принимается или что назначается исполнителем);

– расчет;

– заключение.

Эскиз или схему допускается вычерчивать в произвольном масштабе, с соблюдением соответствующих стандартов, обеспечивающих четкое представление о рассчитываемом изделии.

Как видно из приведенных пунктов, схема дает ясный ход решения, исключающего двоякое толкование или необходимость додумывать какие–то элементы расчета.

Распространенные ошибки данного раздела следующие.

1. Не все разделы представлены в записке (часто отсутствует техническая характеристика изделия, разработка устройств и мероприятий, обеспечивающие безопасную работу проектируемого изделия и др.).

2. Безграмотно производится подбор покупных изделий. Не приводятся ни параметры, по которым выбирается изделие, ни параметры выбранного изделия. Поэтому невозможно заключить, соответствует ли покупное изделие требуемым параметрам.

3. Неверно проводится расчет изделия. Как правило, не указывают цель (задачу) расчета, не приводятся данные для расчета и условия расчета и нет заключения по расчету.

4. Нет поясняющего текста к расчету, а сразу приведена формула, без указания, из какого источника она взята.

5. Не приводятся эскиз или схема к расчету. А если и приведены, то выполнены с грубыми нарушениями ГОСТ, рисунок не пронумерован и не имеет подрисуночной подписи.

7.1 Оформление текста

Текст документа при необходимости разделяют на разделы и подразделы. При большом объеме текста (диссертация и т.п.) документы разделяют на части, а части, на книги. Каждую часть и книгу комплектуют отдельно, им присваивают наименование и порядковый номер документа.

Листы документа нумеруют в пределах каждой части, каждую часть начинают на листах с основной надписью по ГОСТ 2.104-68.

Разделы должны иметь порядковые номера в пределах всего документа, обозначенные **арабскими цифрами без точки и записанные с абзацного отступа.** Подразделы должны иметь нумерацию в пределах каждого раздела. Номер подраздела состоит из номера раздела и подраздела, разделенных точкой. **В конце номера подраздела точка не ставится**. Раздел, как и подраздел, могут состоять из одного или нескольких пунктов.

Если документ не имеет подразделов, то нумерация пунктов в нем должна быть в пределах каждого раздела, и номер пункта должен состоять из номеров раздела и пункта, разделенных точкой. В конце номера пункта точка не ставится, *например:*

1 РАСЧЕТЫ

1.1 Расчет цилиндрической передачи
1.2 Расчет червячной передачи
1.3 Расчет вала быстроходной передачи

2 ИССЛЕДОВАНИЕ РЕДУКТОРА

2.1 Общие положения
2.2 Исследование КПД редуктора

Если документ имеет подразделы, то нумерация пунктов должна быть в пределах подраздела и номер пункта должен состоять из номеров раздела, подраздела, разделенных точками, *например:*

3 РАСЧЕТ ВАЛОВ РЕДУКТОРА

3.1 Расчет быстроходного вала
3.1.1 Расчет вала на выносливость
3.1.2 Расчет вала на жесткость

Пункты при необходимости могут быть разбиты на подпункты, которые должны иметь порядковую нумерацию в пределах каждого пункта, например:

3.1.2.1 Расчет вала на изгиб
3.1.2.2 Расчет вала на колебания

Внутри пунктов или подпунктов могут быть перечисления, которые могут записываться одним из двух способов: ***посредством дефиса или строчных букв,*** после которых ставятся скобки. Если перечисление идет внутри пункта перечисления, то ***оно записывается арабскими цифрами, после которых ставится скобка, а запись производится с абзацного отступа***, *например:*

3.2.1.1 Приборы для визуально-оптического контроля

Приборы для визуально-оптического контроля могут быть использованы для обнаружения следующих повреждений:
– крупных трещин;
– мелких трещин;
а) механических дефектов поверхностей;
б) коррозийных повреждений:
1) на поверхности деталей;
2) внутри изделий;
в) абразивных износов.

Каждый пункт, подпункт и позиции в перечислении записывают с абзацного отступа.

Разделы и подразделы должны иметь заголовки (в именительном падеже), которые четко и кратко отражают содержание разделов. Заголовок в пунктах и подпунктах не обязателен.

Заголовки раздела следует писать с прописной буквы без точки в конце, не подчеркивая. (Но в тексте самого ГОСТа заголовки разделов напечатаны прописными буквами, что противоречит написанному – верить тексту? [15]). Заголовки подразделов начинают с прописной буквы, далее строчными. В конце заголовка точка не ставится. Перенос слов в заголовках не допускается. Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой.

Каждый раздел документа рекомендуется начинать с нового листа (страницы).

Расстояние между заголовком и текстом должно быть 15 мм или 3 интервала при выполнении машинописным способом. Расстояние между заголовками раздела и подраздела – 2 интервала при машинописном способе или 8 мм – при ручном.

Содержание. В тексте документа (части, книги) большого объема на первом (заглавном) листе и, при необходимости, на последующих листах помещают содержание (после титульного листа), включающее номера и наименование разделов, подразделов с указанием номеров страниц.

Если документ разбит на части (книги), то в каждой из них должно быть свое содержание. При этом в первой части помещают содержание всего документа с указанием номеров частей, в последующих – только содержание соответствующей части. Допускается в первой части вместо содержания последующих частей указывать только их наименования.

Слово «Содержание» записывают в виде заголовка (симметрично тексту) с прописной буквы. Наименование, включенное в содержание, записывают строчными буквами, начиная с прописной буквы.

В конце текстового документа приводят список литературы, который включают в содержание документа.

7.2 Оформление формул

В формулах в качестве символов следует применять обозначения, установленные соответствующими государственными стандартами. Пояснения символов и числовых коэффициентов, входящих в формулу, если они не пояснены ранее в тексте, должны быть приведены непосредственно под формулой. ***Формулу размещают в середине строки.*** *После формулы ставится запятая, затем в крайнем правом положении на строке (около 15 мм от границы рамки) ставится в круглых скобках номер формулы.* ***Между запятой и номером нельзя производить никакие записи***. Пояснения каждого символа следует давать с новой строки в той последовательности, в которой символы приведены в формуле. Если правая часть формулы является дробью, то сначала поясняют обозначения величин, помещенных в числителе, в том же порядке, что и в формуле, а затем – в знаменателе. Первая строка пояснения должна начинаться со слова ***«где» без запятой или двоеточия после него***. В конце каждой расшифровки ставят *точку с запятой*, а в конце последней – *точку*. Обозначения физических величин в каждой расшифровке отделяют запятой от текста расшифровки.

После расшифровки формулы подставляют числовые значения.

Например:

Размеры скребка определяются по формуле (312), с.241 [15] :

$$h = \frac{1}{60}\sqrt{\frac{Q}{cky\,g\,v}}, \qquad (1)$$

где h *– высота скребка, м;*

Q *– подача скребкового конвейера, т/ч;*

c *– коэффициент, учитывающий влияние угла подъема транспортера (по табл.49 из* [15] *при легкосыпучем грузе и угле наклона* 20^0*, коэффициент* $c = 0{,}65$*);*

k *– коэффициент соотношения ширины* B *и высоты* h *скребка (для сплошных скребков* $k = B/h = 2\ldots4$*);*

ψ *– коэффициент заполнения (по табл.49 из* [15], $\psi = 0{,}5$*);*

γ *– плотность груза (насыпная плотность), т/м*^{3}*;*

v *– скорость транспортирования груза, м/с.*

$$h = \frac{1}{60}\sqrt{\frac{30}{0{,}65\cdot3\cdot0{,}5\cdot0{,}7\cdot1{,}0}} = 0{,}1 \quad м = 100 \quad мм.$$

Исходя из принятого $к = 3$ *и найденного значения* $h = 100$ *мм, определяется ширина скребка* $B = kh = 3\cdot100 = 300$ *мм.*

Размеры скребка уточняют по ГОСТ 7116-64, размеры соответствуют данному ГОСТу и остаются равными принятым значениям.

Нумерация формул. Формулы, за исключением формул, помещаемых в приложении, должны ***нумероваться сквозной нумерацией арабскими цифрами***, которые записывают на уровне формулы в крайнем правом положении (около 15 мм от границы рамки) в круглых скобках. Номер, не умещающийся в строке формулы, располагается на следующей строке ниже формулы так же, в крайнем правом положении. Номер при переносе формулы ставится на уровне последней строки. Номер формулы-дроби помещают на середине основной горизонтальной черты формулы.

Небольшим формулам в одной строке, составляющим единую группу, присваивают один номер.

Нумерацию группы формул, расположенных на отдельных строках, ставят справа от этой группы в фигурных скобках (*парантез)*, охватывающими по высоте все формулы. Острие парантеза находится в середине группы формул по высоте и обращено в сторону номера, помещаемого в скобке против острия в правом крае полосы.

Например:

$$\left.\begin{aligned} x &= \sin a + tg d, \\ y &= 2\arccos b, \\ z &= 10\sin 2j. \end{aligned}\right\} \qquad (2)$$

При отсутствии парантеза номер также помещают против середины группы формул.

Формулы – разновидности приведенной ранее основной формулы – допускается нумеровать арабской цифрой и прямой строчной буквой русского алфавита, набираемого слитно с цифрой. *Например*, (14а), (14б), (14с).

Допускается нумерация формул в пределах раздела. В этом случае номер формулы состоит из номера раздела и порядкового номера формулы, разделенных точкой, *например*, (3.1).

Ссылки *на номера формул в тексте*. При ссылке на какую-либо формулу ее номер ставят точно в той же графической форме, что и после формулы, т.е. арабскими цифрами в круглых скобках. *Например: в формуле (2.7)*. Употреблять номера без определяющих слов в тексте не рекомендуется. *Например:*

Рекомендуется:	***Не рекомендуется:***
Из формулы (3.4) следует…	*Из (3.4) следует…*

Если ссылка на номер формулы находится внутри выражения, заключенного в круглые скобки, то их рекомендуется заменять квадратными скобками. *Например: Используя выражение для определения импульса [см. формулу (12.3)], имеем…*

Пунктуация в тексте с формулами. Формула включается в предложение как ***его равноправный элемент***. Поэтому в конце формул и в тексте перед ними знаки препинания ставят в соответствии с правилами пунктуации.

Двоеточие перед формулой ставят лишь в тех случаях, когда оно необходимо по правилам пунктуации.

а) В тексте перед формулой содержится обобщающее слово.

б) Этого требует построение текста, предшествующего формуле. *Например: а) В результате получаем следующее соотношение:* $\sin\beta \le \cos\alpha + tg\psi$.

в) Производную n-го порядка можно выразить через производные первого, второго,…,(n-1)-го порядков: $y^{(n)} = j\ (x, y, y', y'', ..., y^{(n-1)}$.

Формулы, следующие одна за другой и не разделенные текстом, разделяют запятой, знаки препинания при парантезе ставят внутри парантеза. После таких громоздких выражений, как определители и матрицы, допускается знаки препинания не ставить.

Ошибки, допускаемые студентами в данном разделе:

– расчеты не сопровождаются эскизами, схемами и другими иллюстрациями, поэтому трудно проследить за правильностью расчета;

– неверно записываются наименования подразделов и пунктов, т.е. заголовок одновременно означает и выполняемое действие (например, пишут «3.1.1 Выбираем материал», надо писать «3.1.1 Выбор материала» и с новой строки текст о выборе материала);

– между заголовком и текстом нет интервала в 15 мм;

– нет ссылки на источник, откуда заимствована формула;

– неверно производятся действия с формулами: нет обозначения размерностей символов, нет последовательности в экспликации символов формулы, не в нужном месте проставляется номер формулы, т.е. не в 15 мм от правой границы рамки; между формулой и номером формулы делается ссылка на литературный источник, после формулы дается размерность определяемого формулой символа, нет ссылки на выбор коэффициентов формулы, после формулы пишется знак равенства и производится подстановка числовых значений;

– после заголовка пункта или подпункта дается ссылка на литературный источник;

– ссылка на литературный источник расположена не в тексте, а оторвана от текста (тогда как ссылка входит в состав предложения как слово);

– текст записки записывается не в 5 мм от левой границы рамки и не в 3 мм от правой границы рамки, а на значительно большем расстоянии;

– текст пишется неразборчивым, трудночитаемым шрифтом;

– нет исходных данных для выбора покупных изделий и их характеристик, поэтому трудно установить их достоверность;

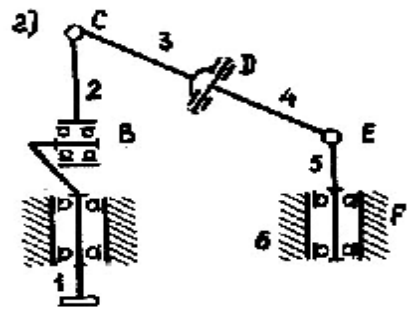
– не все элементы редуктора подтверждены расчетами;

– нет заключения с оценкой уровня унификации;

– в список использованной литературы вводятся не изданные печатным способом материалы, например, лекции.

7.3 Оформление иллюстраций

Для пояснения излагаемого текста широко используются иллюстрации: фотографии, технические рисунки, чертежи, схемы, графики, диаграммы и номограммы. Количество и вид иллюстраций должно быть достаточным для лучшего восприятия содержания материала. В любом случае следует использовать лишь такие иллюстрации, которые обогащают содержание материала, помогают читателю лучше, полнее, глубже воспринимать содержание текста.



1 – ведущий кривошип, 2 – звено промежуточное, 3,4 – шатуны, 5 – ведомый кривошип, 6 – стойка.

Рисунок 9 – Схема шестизвенного пространственного механизма

Иллюстрации могут быть расположены либо в основном тексте документа (ближе к поясняемому тексту), либо в конце, за текстом. Иллюстрации должны быть выполнены в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД и СПДС. Допускается выполнение чертежей, графиков, диаграмм, схем посредством использования компьютерной печати.

Иллюстрации, за исключением иллюстраций приложений, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией. В обозначении рисунка пишется (без сокращения «Рис.») слово ***«Рисунок 1»***. Допускается нумеровать иллюстрации в пределах раздела. В этом случае номер иллюстрации состоит из номера раздела и порядкового номера иллюстрации, разделенных точкой. *Например* ***– Рисунок 1.1.***

При ссылках на иллюстрации следует писать «***… в соответствии с рисунком 3***» при сквозной нумерации и ***«… в соответствии с рисунком 3.1»*** при нумерации в пределах раздела.

Иллюстрации, при необходимости, могут иметь наименование и пояснительные данные (подрисуночный текст). Слово «***Ри-***

сунок» и его наименование помещают после пояснительных данных. Все это располагают следующим образом: ***Иллюстрации*** (*Схема–Рисунок–Эскиз**), затем пояснительные данные, далее номер, через тире – наименование рисунка. Иллюстрации, при необходимости, могут иметь наименование и пояснительные данные (подрисуночный текст***). Слово «***Рисунок***» и его наименование помещают после пояснительных данных.

Пример оформления показан на рисунке 9, где пояснительные сведения (экспликация) расположены между графикой рисунка и его номером с наименованием.

Если в тексте документа имеется иллюстрация, на которой изображены составные части изделия, то на этой иллюстрации должны быть указаны номера позиций этих составных частей в пределах данной иллюстрации, которые располагают в возрастающем порядке, за исключением повторяющихся позиций, а для электро- и радиоэлементов – позиционные обозначения, установленные в схемах данного изделия. Исключения составляют электро- и радиоэлементы, являющиеся органами регулировки или настройки, для которых (кроме номера позиции) дополнительно указывают в подрисуночном тексте назначение каждой регулировки и настройки, позиционное обозначение и надписи на соответствующей планке или панели.

Допускается при необходимости номер, присвоенный составной части изделия на иллюстрации, сохранять в пределах документа.

Для схем расположения элементов конструкций и архитектурно-строительных чертежей зданий (сооружений) указывают марки элементов.

При ссылке в тексте на отдельные элементы деталей (отверстия, пазы, канавки, буртики и др.) их обозначают прописными буквами русского алфавита. Указанные данные наносят на иллюстрациях согласно ГОСТ 2.109 –73 ЕСКД.

На приводимых в документе электрических схемах около каждого элемента указывают его позиционное обозначение, установленное соответствующими стандартами, и при необходимости, номинальное значение величины.

Иллюстрации каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения. *Например – Рисунок А.3.*

7.4 Оформление таблиц

Таблицы применяют для лучшей наглядности и удобства сравнения показателей. Название таблицы должно отражать ее содержание, быть точным, кратким. Название следует помещать над таблицей. Слово «Таблица» указывают слева над первой частью таблицы, затем пишут номер, далее тире и название таблицы.

Таблица 12 – Сведения о количестве студентов

Номер группы	Факультет	Курс	Количество студентов
213	К 432	4	23
204	К 432	3	21

При переносе части таблицы на ту же или другие страницы название помещают только над первой частью таблицы.

Таблицы, за исключением таблиц приложений, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией.

Таблицы каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения. Если в документе одна таблица, она должна быть обозначена «Таблица 1» или «Таблица В.1», если она приведена в приложении В.

Допускается нумеровать таблицы в пределах раздела. В этом случае номер таблицы состоит из номера раздела и порядкового номера таблицы, разделенных точкой.

На все таблицы документа должны быть приведены ссылки в тексте документа, при ссылке следует писать слово «таблица» с указанием ее номера.

Заголовки граф и строк таблицы следует писать с прописной буква, а подзаголовки граф – со строчной буквы, если они составляют одно предложение с заголовком, или с прописной буквы, если они имеют самостоятельное значение. В конце заголовков и подзаголовков таблиц точки не ставят. Заголовки и подзаголовки граф указывают в единственном числе.

Таблицы слева, справа и снизу, как правило, ограничивают линиями.

Разделять заголовки и подзаголовки боковика и граф диагональными линиями не допускается.

Горизонтальные и вертикальные линии, разграничивающие строки таблицы, допускается не проводить, если их отсутствие не затрудняет пользование таблицей.

Заголовки граф, как правило, записывают параллельно строкам таблицы. При необходимости допускается перпендикулярное расположение заголовков граф.

Головка таблицы должна быть отделена линией от остальной части таблицы.

Высота строк таблицы должна быть не менее 8 мм.

Таблицу в зависимости от ее размера помещают под текстом, в котором впервые дана ссылка на нее, или на следующей странице, а при необходимости – в приложении к документу. Допускается помещать таблицу вдоль длинной стороны листа документа.

Если строки или графы таблицы выходят за формат страницы, ее делят на части, помещая одну часть под другой или рядом, при этом в каждой части таблицы повторяют ее головку и боковик. При делении таблицы на части допускается ее головку или боковик заменять соответственно номером граф и строк. При этом нумеруют арабскими цифрами графы и (или) строки первой части таблицы.

Слово «Таблица» указывают один раз слева над первой частью таблицы, над другими частями пишут слова «Продолжение таблицы» или «Окончание таблицы» с указанием номера и заголовка таблицы.

Если в конце страницы таблица прерывается и ее продолжение будет на следующей странице, в первой части таблицы нижнюю горизонтальную линию, ограничивающую таблицу, не проводят.

Графу «Номер по порядку» в таблицу включать не допускается. Нумерация граф таблицы арабскими цифрами допускается в тех случаях, когда в тексте документа имеются ссылки на них, при делении таблицы на части, а также при переносе части таблицы на следующую страницу в соответствии с рисунком.

Таблица 13 – Параметры запорного вентиля

Размеры в миллиметрах

Условный проход D_y	D	L	L_1	L_2	Масса, кг,не более
1	2	3	4	5	6
50	160	130	525	600	160
80		210			170

8 О СПЕЦИФИКАЦИЯХ

В соответствии с ГОСТ 2.102-68 основным конструкторским документом для детали является ***чертеж детали***, для сборочных единиц, комплексов и комплектов – ***спецификация***.

Спецификация определяет состав сборочной единицы, комплекса и комплекта и ***необходима для изготовления, комплектования и планирования запуска их в производство***.

Спецификацию составляют на отдельных листах на каждую сборочную единицу, комплекс и комплект на формах 1 и 1а (форма спецификации – заглавный лист и последующие листы, см. пример на рисунке 1).

В спецификацию вносят составные части, входящие в специфицируемое изделие, а также конструкторские документы, относящиеся к этому изделию и к его неспецифицируемым составным частям.

Спецификация в общем случае ***состоит из разделов***, которые располагают в следующей последовательности:

– документация;
– комплексы;
– сборочные единицы;
– детали;
– стандартные изделия;
– прочие изделия;
– материалы;
– комплекты.

Наличие тех или иных разделов определяется составом специфицируемого изделия. В курсовом проекте по Деталям машин и основам конструирования разделы «Комплексы» и «Комплекты» исключаются по причине их отсутствия. В дальнейшем тексте развернутые сведения, касающиеся разделов «Комплексы» и «Комплекты» упоминаться не будут.

Наименование каждого раздела указывают в виде заголовка в графе «Наименование» и подчеркивают.

Допускается объединять разделы «Стандартные изделия» и «Прочие изделия» под наименованием «Прочие изделия». Запись изделий в этом случае производят в соответствии с требованиями, относящимися к разделу «Прочие изделия».

В раздел «Документация» вносят документы, составляющие основной комплект конструкторских документов специфицируемого

изделия, кроме его спецификации, ведомости эксплуатационных документов и ведомости документов для ремонта, а также документы основного комплекта записываемых в спецификацию неспецифицируемых составных частей (деталей), кроме их рабочих чертежей.

Документы внутри раздела записывают в следующей последовательности:

– документы на специфицируемое изделие;

– документы на неспецифицируемые составные части.

В курсовом проекте ***в раздел «Документация» входят пояснительная записка и сборочный чертеж.***

Следует указать на ключевые понятия, связанные с составлением разделов спецификации, так как многие студенты не совсем осознанно их составляют.

При проектировании изделий стремятся к меньшей стоимости всего объема работ, поэтому после эскизной проработки при составлении спецификации необходимо разделить элементы изделия (по сборочному чертежу) на две группы. ***Одну группу составляют покупные изделия***: электродвигатели, муфты, подшипники, болты, гайки, шайбы, шплинты, корпуса и крышки подшипников, цепи, клиновые ремни и т.д. (на эти изделия имеются ГОСТы), в эту группу входят и покупные изделия, изготовленные по техническим условиям, нормалям. ***На эти изделия чертежи не изготавливаются***, эти изделия будут входить в разделы Стандартные и Прочие изделия (эти изделия будут приобретаться снабженцем в торговых центрах).

Был бы идеальным вариант сборки только из покупных изделий, так как не надо разрабатывать рабочую конструкторскую документацию, стоимость которой весьма высока. Однако это практически осуществить не удается.

Другую группу составляют изделия, которые приобрести нельзя, поскольку они никем не изготавливаются. Следовательно, эти изделия необходимо изготавливать самим, для чего необходимо разработать рабочую конструкторскую документацию (стоит дорого) и искать завод, который по чертежам изготовит изделия.

Итак, в раздел «Сборочные единицы» включаются те сборочные единицы, на которые необходимо разработать сборочные чертежи и чертежи деталей с последующим изготовлением в металле.

В курсовом проекте по Грузоподъемным машинам к сборочным единицам, например, будут отнесены сварная металлоконструкция, барабан, кабина, противовес, опора нижняя и верхняя и т.д.

Следует отметить, что на каждую выделенную сборочную единицу разрабатывают сборочный чертеж, чертежи входящих в нее деталей и составляют спецификацию.

Документы в каждой части раздела записывают в следующем порядке: «Комплексы», «Сборочные единицы» и «Детали»; в них вносят комплексы, сборочные единицы и детали, непосредственно входящие в специфицируемое изделие. Запись указанных изделий рекомендуется производить в алфавитном порядке сочетания букв кодов организаций-разработчиков. В пределах этих кодов – в порядке возрастания классификационной характеристики, при одинаковой классификационной характеристике – по возрастанию порядкового регистрационного номера .

Выписка из классификатора Государственных стандартов

Группы

Б22	Масла индустриальные	621.892. 2/8
Б26	Масла трансмиссионные и для грубых механизмов	621.892.2 093/094
Б31	Смазки универсальные	621.892.09
Б33	Смазки автотракторные	621.892.097
В22	Сортовой и фасонный прокат	669.14-42
В23	Листы и полосы	669.14-41
В42	Рельсы.Накладки.Подкладки.Костыли	625.143.1/5
В62	Трубы стальные и соединительные части к ним: трубы стальные	621.643.23
	соединения	621.642.21
В71	Проволока стальная низкоуглеродистая	669.15-194-426
В75	Канаты стальные	669.14/15-427.4
В76	Сетки металлические	621.778.8
Г11	Детали и узлы общие для различных машин и механизмов	621.81
Г14	Соединения шпоночные, шлицевые и клиновые	621.886
Г15	Передачи зубчатые и фрикционные	621.833
	Приводы трансмиссии	621.83/85
Г16	Подшипники	621.822
Г26	Технологическая оснастка и механическое оборудование для сварочных работ	621.791.009
Г31	Болты	621.882.6
Г32	Винты. Шпильки. Винты	621.882.2

	Шпильки	621.886
Г33	Гайки	621.882.3
Г34	Заклепки	621.884
Г36	Шайбы, шплинты	
	Шайбы	621.882.4
	Шплинты	621.885
Г37	Штифты	621.886
Г38	Прочие промышленные метизы	621.88
Г86	Подъемно-транспортное оборудование	621.86/87
Г91	Общие детали, узлы и приспособления сельскохозяйственных машин	631.3.02
Д22	Грузовые автомобили и автотракторные повозки	
	Автомобили грузовые	629.114.4
	Автотракторные повозки	629.114.3
Д24	Автотракторные двигатели и детали к ним	621.431.73
Д71	Ящики деревянные	674.6
Д72	Бочки и барабаны деревянные	674.4
Д78	Контейнеры деревянные	674.6
Д82	Бочки и барабаны металлические	672.34.621.798.133
Д88	Контейнеры металлические	621.798.1 621.869
Е42	Кабели и провода силовые и контрольные	621.315.2
Е61	Электродвигатели	621.313.13/14
К22	Лифты м строительные подъемники	69.026.6 69.057.7
Л15	Удобрения	631.8
Л18	Пигменты и краски	667.622
Л24	Лаки и эмали	
	Лаки	667.7
	Эмали	666.29
Л25	Органические растворители, олифы, грунтовки	
	Растворители	661.7.062
	Олифы	667.621.52
	Грунтовки	667.638.2
С12	Зерно	633.1
С43	Корнеплоды и клубнеплоды	635.1/2

Запись в пределах обозначения изделия производят в последовательности, в которой они перечислены в ГОСТ 2.102-68 в таблице 3, где приведена номенклатура конструкторских документов, разрабатываемых на изделия в зависимости от стадии разработки (из-за громоздкости таблица здесь не приводится).

Эксплуатационные и ремонтные документы записывают в той последовательности, в которой они перечислены в ГОСТ 2.601-95 и ГОСТ 2.602-95.

В раздел «Детали» включают те детали, участвующие в сборке изделия, которые не вошли ни в одну из выделенных сборочных единиц или покупных изделий.

Например, по сборочному чертежу привода на раму устанавливают электродвигатель и редуктор, валы которых соединены муфтой (других изделий в сборке нет). При таких условиях деталей, участвующих в сборке, нет, следовательно, этот раздел будет отсутствовать.

Если же имеются прокладки (как правило, для регулировки соосности валов электродвигателя и редуктора), а также защитный кожух муфты, то они должны быть обозначены позициями и будут входить в раздел «Детали».

В раздел «Стандартные изделия» записывают ***покупные изделия***, примененные по стандартам:

– межгосударственным;

– государственным;

– отраслевым;

– ***предприятий*** (для вспомогательного производства, инициативных разработок или если их применение установлено договором на разработку изделия).

В пределах каждой категории стандартов запись рекомендуется производить по группам изделий, объединенных по их функциональному назначению (например, подшипники, крепежные изделия, электротехнические изделия и т.п.) : в пределах каждой группы – в алфавитном порядке наименований изделий, в пределах каждого наименования – в порядке возрастания обозначений стандартов, а в пределах каждого обозначения стандарта – в порядке возрастания основных параметров или размеров изделия.

В разделе «Прочие изделия» отражают ***покупные изделия***, примененные по техническим условиям (эти изделия еще не имеют ГОСТ). Запись изделий рекомендуется производить по группам, объединенным по их функциональному назначению; в пределах каждой группы – в алфавитном порядке наименований изделий, а в пределах каждого наименования – в порядке возрастания основных параметров или размеров изделия.

В раздел «Материалы» вносят все материалы, непосредственно входящие в специфицируемое изделие и те, которые в сборке участ-

вуют не в виде готовых деталей, например, электроды, проволока, смазочные материалы и т.п.

Материалы рекомендуется записывать по видам в следующей последовательности:

– *металлы черные;*
– *металлы магнитоэлектрические и ферромагнитные;*
– *металлы цветные, благородные и редкие;*
– *кабели, провода и шнуры;*
– *пластмассы и пресс-материалы;*
– *бумажные и текстильные материалы;*
– *лесоматериалы;*
– *резиновые и кожевенные материалы;*
– *минеральные, керамические и стеклянные материалы;*
– *лаки, краски, нефтепродукты и химикаты;*
– *прочие материалы.*

В пределах каждого вида материала рекомендуется записывать в алфавитном порядке наименования, а в пределах каждого наименования – по возрастанию размеров или других технических параметров.

В раздел «Материалы» не записывают материалы, необходимое количество которых не может быть определено конструктором по размерам элементов изделия и вследствие этого устанавливается технологом. К таким материалам относят, например: лаки, краски, клей, смазки, замазки, припои, электроды. Указание о применении таких материалов дают в технических требованиях на поле чертежа.

Графы спецификаций заполняют следующим образом:

– в графе ***«Формат»*** указывают форматы документов, обозначения которых записывают в графе «Обозначение». Если документ выполнен на нескольких листах различных форматов, то в графе «Формат» проставляют «звездочку» со скобкой, а в графе «Примечание» перечисляют все форматы в порядке их увеличения.

Для документов, записанных в разделе «Стандартные изделия», «Прочие изделия» и «Материалы», графу «Формат» не заполняют.

Для деталей, на которые не выпущены чертежи, в графе «Формат» указывают – БЧ.

Для документов, изданных типографским, литографическим и подобными способами на форматах, предусмотренных соответствующими государственными стандартами для типографских изданий, в графе «Формат» ставят прочерк;

– в графе ***«Зона»*** указывают обозначение зоны, в которой находится номер позиции записываемой составной части (при разбивке поля чертежа на зоны по ГОСТ 2.104-68).

Если имеются повторяющиеся номера позиций, то в спецификации в графе «Зона» проставляют «звездочку» со скобкой, а в графе «Примечание» указывают все зоны;

– в графе ***«Позиция»*** указывают порядковые номера составных частей, непосредственно входящих в специфицируемое изделие, в последовательности записи их в спецификации. Для разделов «Документация», «Комплекты» графу «Позиция» не заполняют;

– ***в графе «Обозначение» указывают***:

в разделе ***«Документация»*** – обозначение записываемых документов;

в разделе «Комплексы», ***«Сборочные единицы», «Детали»,*** «Комплекты» – обозначение основных конструкторских документов на записываемые в эти разделы изделия. Для деталей, на которые не выпущены чертежи – присвоенное им обозначение.

В разделах «Стандартные изделия», «Прочие изделия» и «Материалы» ***графу «Обозначение» не заполняют***. Если для изготовления стандартного изделия выпущена конструкторская документация, в графе «Обозначение» указывают обозначение выпущенного основного конструкторского документа.

В курсовых проектах принята следующая система обозначений.

Документация (Пример): сборочный чертеж – **ПЛК.125.00.00.СБ**, пояснительная записка – **ПЛК.125.00.00.ПЗ**.

Первые три буквы – начальные буквы названия привода (Привод ленточного конвейера (ПЛК)), следующие три цифры – номер (тип) задания и вариант, (125)12 тип, 5 вариант, две пары нулей (00.00.) – цифровое обозначение первичных документов; СБ и ПЗ – шифры документов (СБ – сборочный чертеж, ПЗ – пояснительная записка).

Основные сборочные единицы обозначаются: **ПЛК.125.01.00; ПЛК.125.02.00; ПЛК.125.03.00** *и так возможно обозначать до девяноста девяти сборочных единиц* **- ПЛК.125.99.00** .

Если каждая из сборочных единиц, в свою очередь, включает ряд сборочных единиц, а последующие также имеют в составе сборочные единицы, то их обозначение следующее, например, для первой:

ПЛК.125.01.01.00; ПЛК.125.01.01.01.00; ПЛК.125.01.01.01.01.00; ***для второй***: ПЛК.125.02.01.00; ПЛК.125.02.01.01.00;

ПЛК.125.02.01.01.01.00 и так ***до последней сборочной единицы,*** имеющей в составе только детали.

Детали в основной сборке обозначаются: **ПЛК.125.00.01**
ПЛК.125.00.02 **и так далее.**

Детали, в первой сборочной единице: **ПЛК.125.01.01**
ПЛК.125.01.02
ПЛК.125.01.03 и так далее.

Напомним, деление сборочной единицы на составляющие осуществляется до сборочной единицы, состоящей только из деталей.

– в графе «Наименование» указывают:

в разделе «Документация» для документов, входящих в основной комплект документов специфицируемого изделия и составляемых на данное изделие, - только наименование документов, например: «Сборочный чертеж», «Габаритный чертеж», «Технические условия». Для документов на неспецифицированные составные части – наименование изделия и наименование документов;

в разделах спецификации «Комплексы», «***Сборочные единицы», «Детали***», «Комплекты» – наименования изделий в соответствии с основной надписью на основных конструкторских документах этих изделий. Для деталей, на которые не выпущены чертежи, указывают наименование, материал и другие данные, необходимые для изготовления;

в разделе «***Стандартные изделия***» – наименования и обозначения изделий в соответствии со стандартами на эти изделия;

в разделе «***Прочие изделия***» – наименования и условные обозначения изделий в соответствии с документами на их поставку с указанием обозначений этих документов.

Если изделие применено по документу, содержащему ссылку на другой (общий) документ (например, на общие технические условия), то в графе «Наименование» записывают только обозначение первого документа, (общий документ не указывают);

В разделе «Материалы» – обозначения материалов, установленные в стандартах или технических условиях на эти материалы.

Для записи ряда изделий и материалов, отличающихся размерами и другими данными и примененных по одному и тому же документу (и записываемых в спецификацию за обозначением этого же документа), допускается общую часть наименования этих изделий или материалов с обозначением указанного документа записывать на каждом листе спецификации один раз в виде общего наименования (заголовка). Под общим наименованием записывают для каждого из указанных изделий и материалов только их параметры и размеры.

Примечание. Указанным упрощением не допускается пользоваться, если основные параметры или размеры изделия обозначают только одним числом или буквой. Для подобных случаев запись производят следующим образом:

Шайбы ГОСТ 18123-82
Шайба 3
Шайба 4 и т. д.

– в графе «Количество» указывают:

для составных частей изделия, записываемых в спецификацию, количество их на одно специфицируемое изделие;

в разделе «***Материалы»*** – общее количество материалов на одно специфицируемое изделие с указанием единиц измерения. Допускается единицы измерения записывать в графе «Примечание» в непосредственной близости от графы «Количество».

В разделе «Документация» графу не заполняют.

– В графе «Примечание» указывают дополнительные сведения для планирования и организации производства, а также другие сведения, относящиеся к записанным в спецификацию изделиям, материалам и документам, например, для деталей, на которые не выпущены чертежи – массу.

Для документов, выпущенных на двух и более листах различных форматов, указывают обозначение форматов, перед перечислением которых проставляют знак «звездочка», например, *) А4, А3.

В соответствии с ГОСТ 2.105-95. Общие требования к текстовым документам, раздел 5 – Требования к текстовым документам, содержащим текст, разбитый на графы (спецификации, ведомости, таблицы и т.п.), ***заголовки*** (документация, сборочные единицы, детали, стандартные изделия и т.д.) ***подчеркивают и оставляют снизу свободную строку и выше – не менее одной свободной строки***.

После каждого раздела спецификации допускается оставлять несколько свободных строк для дополнительных записей (в зависимости от стадии разработки, объема записей и т.п.). Допускается резервировать и номера позиций, которые проставляют в спецификацию при заполнении резервных строк.

Пример составления спецификации основной сборочной единицы показан на рисунке 10, а составляющей – на рисунке 11.

Допускается совмещение спецификации со сборочным чертежом при условии их размещения на листе формата А4 (ГОСТ 2.301-68). При этом ее располагают над основной надписью и заполняют в том же порядке и по той же форме, что и спецификацию, выполненную на отдельных листах.

Для изделий вспомогательного производства и единичного производства разового изготовления допускается совмещение спецификации со сборочным чертежом на листах любого формата, установленного ГОСТ 2.301-68. Правила выполнения и обращения таких совмещенных документов устанавливают в отраслевых стандартах. Совмещенному документу присваивают обозначение основного конструкторского документа. Основную надпись выполняют по ГОСТ 2.104-68 (форма 1).

Для изделий, разрабатываемых по заказам Министерства обороны, совмещение спецификации со сборочным чертежом на любых форматах, кроме А4, не допускается.

В курсовом проекте по Грузоподъемным машинам «***Ведомости спецификаций***», «***Ведомости ссылочных документов», «Ведомости покупных изделий»*** не составляют. Указанные документы необходимы для объемных изделий, состоящих из десятков и сотен сборочных единиц.

.

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол-во	Примечание
				Документация		
А1			ПЛК.125.00.00.СБ	Сборочный чертеж		
А4			ПЛК.125.00.00.ПЗ	Пояснительная записка		
				Сборочные единицы		
А1			ПЛК.125.01.00	Редуктор червячный	1	
А2			ПЛК.125.02.00	Рама сварная	1	
				(и так далее)		
				Детали		
А4		7	ПЛК.125.00.01	Прокладка	8	
А4		8	ПЛК.125.00.02	Кожух защитный	1	
				(и так далее)		
				Стандартные изделия		
		12		Эл. двигатель 4А90L	1	
				ГОСТ 19523-81		
		13		Муфта 250-40-2	1	
				ГОСТ 21424-93		
		14		Болт М16-6g х 50.58	8	
				ГОСТ 7798-70		
		15		Гайка М16-6Н.5	8	
				ГОСТ 5915-70		

Изм	Лист	№док.	Подп.	Дата	**Курсовой проект ПЛК.125.00.00**		
Разработал		Павлов		2010	ПРИВОД ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА	Лит	Лист	Листов
Проверил		Яхин				У	1	2
						КГАСУ, Кафедра ДСМ Группа 271		
Н.контр.								
Утвердил								

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол-во	Примечание
		16		Шайба 16 65Г	8	
				Гост 6402-70		
		17		Шплинт 4 х 25.05.6	8	
				ГОСТ 397-79		
		18		Винт М10-6g х 60.68	4	
				ГОСТ 11738-84		
		19		Штифт конический	4	
				ГОСТ 9464-79		
				и так далее		
				Прочие изделия		
		23		Кольцо 90 х100	4	
				МИ 5396 -64		
				(и т.д.)		
				Материалы		
		26		Проволока	1м	
				ГОСТ 3282-74		
				(и т. д.)		

					Курсовой проект ПЛК.125.00.00	**Лист**
Изм	Лист	№док.	Подп.	Дата		**2**

Рисунок 10 - Образец спецификации основного сборочного чертежа

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол-во	Приме - чание
				Документация		
А1			ПЛК.125.01.00.СБ	Сборочный чертеж		
				Сборочные единицы		
А2		1	ПЛК.125.01.01.00	Вал ведущий	1	
А2		2	ПЛК.125.01.02.00	Вал промежуточный	1	
				(и так далее)		
				Детали		
А2		6	ПЛК.125.01.01	Корпус	1	
А4		7	ПЛК.125.01.02	Крышка	1	
А4		8	ПЛК.125.01.03	Стакан	2	
А4		9	ПЛК. 125. 01. 04	Прокладка	8	
				(и так далее)		
				Стандартные изделия		
		12		Подшипник конический	2	
				7211А ГОСТ 27365-87		
		13		Подшипник шариковый	4	
				304 ГОСТ 8338-75		
		14		Подшипник шариковый	4	
				408 ГОСТ 8338-75		
		15		БолтМ12-6g х 50.58	8	
				ГОСТ 7798-70		

					Курсовой проект ПЛК.125.01.00		
Изм	Лист	№док.	Подп.	Дата			
Разработал		Павлов		2010	**РЕДУКТОР ЧЕРВЯЧНЫЙ**	Лит	Лист	Листов
Проверил		Яхин				У	1	2
						КГАСУ, Кафедра ДСМ Группа 271		
Н.контр.								
Утвердил								

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол-во	Примечание
		16		Гайка М12-6Н.5	8	
				Гост 5918-73		
		17		Шайба12.65Г.09.10	8	
				ГОСТ 6402-70		
		18		Манжета 1-40 х 60-3	2	
				ГОСТ 8752-79		
		19		Штифт конический	2	
				ГОСТ 9464-79		
				и так далее		
				Прочие изделия		
		23		Кольцо войлочное 30	4	
				(и т.д.)		
				Материалы		
		25		Масло И-Г-С-220	2л	
				ТУ 38 101413-78		
				(и т. д.)		

						Лист
					Курсовой проект ПЛК.125.01.00	
Изм	Лист	№док.	Подп.	Дата		2

Рисунок 11- Образец спецификации составных сборочных единиц

Ошибки, допускаемые студентами в оформлении спецификации

– Спецификации присваивают шифр пояснительной записки, например, ПЛК.125.00.00.ПЗ, тогда как спецификация не имеет шифра, т.е. ПЛК.125.00.00.

– В обозначении сборочных единиц в разделе «Сборочные единицы» пишут шифр СБ, например, ПЛК.125.01.СБ. Шифр СБ пишут для сборочных единиц только в разделе «Документация».

– После каждого раздела не оставляют свободные (резервные) строчки и резервные номера позиций. Они необходимы для случая уточнения состава конструкции и введения дополнительных сборочных единиц и деталей.

Необходимо оставлять свободные строчки и вверху перед каждым разделом.

– В раздел «Сборочные единицы» включают электродвигатели, муфты и другие покупные изделия, которые должны быть в разделах «Стандартные изделия» и «Прочие изделия».

– В обозначении сборочных единиц в разделах указывают по три цифры, например, ПЛК.125.000.000. Это излишне, так как 999 сборочных единиц и деталей в курсовом проекте никогда быть не может. Достаточно двух цифр, так как они могут охватить 99 сборочных единиц и 99 деталей.

– На первом листе спецификации используют основную надпись не по форме 2, а другие – например, форму 1, предназначенную для первых листов сборочных единиц и чертежей деталей, или форму 2а, используемую для последующих листов чертежей, пояснительных записок и спецификаций.

9 ОФОРМЛЕНИЕ ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

В текстовых документах, как правило, приводятся сведения об использованных источниках, оформлять которые необходимо с учетом ГОСТов.

При оформлении документа (книги, статьи, изобретения, отчета и т.д.) придерживаются следующего. Если у документа ***один, два*** или ***три автора***, ***то перед заглавием пишется только первый из них***, после фамилии запятая, далее инициалы. В сведениях об ответственности (после заглавия за косой чертой) записываются все авторы: один, два или три – в той форме, как в документе, как правило, инициалы перед фамилией.

Если у документа более трех авторов, он описывается по заглавию, и все авторы пишутся только в сведениях об ответственности. При необходимости количество авторов сокращают, при этом в сведениях об ответственности приводят не более четырех фамилий авторов. Если авторов более четырех, приводят фамилии трех с добавлением слов «и др.».

С конца 80-х годов в книгах появилось обозначение индивидуального номера книги (ISBN). С 01.07.2004 это обозначение в описании является обязательным.

В качестве иллюстрации оформления ниже приведены примеры библиографических описаний различных источников по ГОСТ 7.1-2003.

Следует обратить внимание – с 01.01.2009 введен ГОСТ Р 7.05-2008, Библиографическая запись, Библиографическое описание. Основные положения.

В качестве иллюстрации оформления ниже приведены примеры библиографических описаний различных источников.

Книги одного, двух, трех авторов

Коренман, И.К. Фотометрический синтез: Методы определения органических соединений / И.К. Коренман. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Химия, 1975. – 359 с.

Энтелис, С.Г. Кинетика реакций в жидкой фазе: Количественный учет влияния среды / С.Г Энтелис, Р.П. Тигер. – М.: Химия, 1973. – 416 с.

Киямов, И.М. Физическая химия неводных растворов / И.М. Киямов, А.Т.Кожух, Ю.Р. Тарасюк. – Л.: Химия. Ленингр. отд-ние, 1973. – 376 с.

Flanaut, J. Les elements des terries rarest / J. Flanaut. – Paris: Masson, 1969. – 165 p.

Книги четырех и более авторов, а также сборники статей

Комплексные соединения в аналитической химии: Теория и практика применения / Ф. Умланд, А. Янсен, Д. Тиринг, Г. Вюнш.– М.: Мир, 1975.–531 с.

Обеспечение качества результатов химического анализа / Н. Буйгаш, Н.М. Кузьмин, Л.Лейстнер и др. – М.: Наука, 1993. – 165 с.

Аналитическая химия и экстракционные процессы: Сб. ст. / Отв. Ред. А.Т. Пилиненко, Б.И. Набиванец. – Киев: Наукова думка, 1970. – 119 с.

Ниразолоны в аналитической химии: Тез. докл. конф., Пермь, 24–27 июня 1980. – Пермь: ПГУ, 1980. – 118 с.

Статьи из журналов и газет

Чалков, Н.Я. Химико-спектральный анализ методов высокой чистоты / Н.Я. Чалков // Завод. лаб. – 1980. – Т. 46, № 9. – с. 813-814.

Козлов, Н.С. Синтез и свойства фторосодержащих ароматических азометинов / Н.С.Козлов, Л.Ф. Гладченко // Изв. АН БССР. Сер. хим. науки. – 1981.– № 1. – с. 86-88.

Марчак, Т.В. Сорбционно-фотометрическое определение микроколичеств никеля / Т.В. Марчак, Г.Д. Брыкина, Т.А. Белявская // Журн. аналит. химии.–1981.– Т.36, № 3. – с. 513–517.

Иванов, Н. Стальной зажим: ЕС пытается ограничить поставки металла из России / Николай Иванов // Коммерсант. –2001. – 4 дек. – с. 8.

Определение водорода в магнии, цирконии, натрии и литии на установке С2532 / Е.Д. Маликова, В.П. Велюханов, Л.С. Махинова, Л.Л. Кунин // Журн. физ. химии.– 1980. – Т. 54, вып. 11. – с. 2846–2848.

Mukai, K. Determination of phosphorus in hypereutectic aluminum-silicon alloys / K. Mukai // Talanta. – 1972.–Vol. 19, № 4. –p. 489–495.

Статья из продолжающегося издания

Живописцев, В.И. Комплексные соединения тория с диантимприлметаном / В.П. Живописцев, Л.П. Пятосин // Ученые зап. // Перм. ун-т. – 1970. – Ж207. – с. 184-191.

Статьи из периодических сборников

Маркович, Дж. Ассоциация солей длинноцепочечных третичных аминов в углеводородах / Дж. Маркович, А. Кертес // Химия экстракции: Докл. междунар. конф., Гетеборг, Швеция, 27 авг.–1 сент. 1966. – М.,1971.–с. 223–231.

Любомилова, Г.В. Определение алюминия в тантало-ниобиевых минералах / Г.В. Любомилова, А.Д. Миллер // Новые методические исследования по анализу редкометалльных минералов, руд и горных пород.– М.,1970.– с. 90–93.

Диссертация

Ганюхина, Т.Г. Модификация свойств ПВХ в процессе синтеза: Дисс…канд. хим. наук: 02.00.06 Т.Г. Ганюхина.– Н.Новгород, 1999. – 109 с.

Автореферат диссертации

Балашова, Т.В. Синтез, строение и свойства бинирдильных комплексов редкоземельных элементов: Автореф. Дис … канд. хим. наук: 02.00.08 / Т.В.Балашова.– Н.Новгород, 2001.– 21 с.

Депонированные научные работы

Крылов, А.В. Гетерофазная кристаллизация бромида серебра / А.В. Крылов, В.В. Бабкин; Редкол. «Журн. Прикладной химии». – Л.:, 1982. – 11 с.– Деп. в ВИНИТИ 24.03.1982; № 1286-82.

Кузнецов, Ю.С. Измененеие скорости звука в холодильных расплавах / Ю.С. Кузнецов; Моск. хим.-технол. ин-т. – М.,1982. 10 с. – Деп. в ВИНИТИ 27.05.1982; № 2641.

Патентные документы

А.с. 1007970 СССР, МКИ[1] В 03 С 7/12. А 22 С 17/04. Устройство для разделения многокомпонентного сырья / Б.С. Бабакин, Э.И. Каухчешвили, (СССР).– № 3599960 / 28–13; Заявлено 02.06.1985; Опубл. 30.10.1985, Бюлл. № 28. – 2 с.

Патент 4194039 США, МКИ[3] В 32 в 7/12. В 32 В 27/8. Multi-layer polvolefin shrink film / W.B/ Muelier; W.R. Grage &Co.– № 896963; Заявлено 17.04.1978; Опубл. 18.03.1980. – 3 с.

Заявка 54-151681 Япония, МКИ[2] В 29 D 23/18. Способ изготовления гибких трубок / Йосиаки Инаба; К.к. Тое Касэй.– № 53-69874; Заявлено 12.06.1978; Опубл. 21.12.1979. – 4 с.

Примечание – *Обязательны только подчеркнутые элементы.*

Стандарт

ГОСТ 10749.1-80. Спирт этиловый технический. Методы анализа.– Взамен ГОСТ 10749-72; введ. 01.01.1982 до 01.01.1987.– М.: Изд-во стандартов, 1981.– 4 с.

Примечание – Обязательны только подчеркнутые элементы

Отчет о НИР

Проведение испытания теплотехнических свойств камеры КХС-2-12-ВЗ: Отчет о НИР (промежуточ.) / Всесоюз. заоч. ин-т пищ. промсти (ВЗИПП); Рук. В.М. Шавра. – ОЦО 102ТЗ; №ГР 80057238; Инв. №Б119699. – М., 1981.– 90 с.

Основные положения ГОСТ Р 7.05-2008

Следует отметить, что ГОСТ Р 7.05-2008 не отменяет ГОСТ 7.1-2003, он вносит некоторые добавления к различным библиографическим ссылкам: внутритекстовым, подстрочным, затекстовым, повторным, комплексным, ссылкам на электронные ресурсы, ссылкам на архивные документы.

В пункте 4.5 ГОСТ Р 7.05-2008 отмечено: «По составу элементов библиографическая ссылка может быть ***полной или краткой*** в зависимости от вида ссылки, ее назначения, наличия библиографической информации в тексте документа».

В пункте 4.5.1 изложено: ***полную ссылку, содержащую совокупность библиографических сведений о документе, предназначенную для общей характеристики, идентификации и поиска документа – объекта ссылки, составляют по ГОСТ 7.1, ГОСТ 7.82, ГОСТ 7.80.***

В пункте 4.9 указано, что «***Независимо от назначения ссылки правила представления элементов библиографического описания, применение знаков предписанной пунктуации в ссылке осуществляются в соответствии с ГОСТ 7.1 и ГОСТ 7.82 с учетом следующих особенностей***».

– Допускается предписанный знак точку и тире, разделяющий области библиографического описания, заменять точкой.

– Сокращения отдельных слов и словосочетаний применяют для всех элементов библиографической записи, за исключением основного заглавия документа. Слова и словосочетания сокращают по ГОСТ 7.11-2004 и ГОСТ 7.12 -93.

– В области физической характеристики указывают либо общий объем документа, либо сведения о местоположении объекта ссылки в документе.

Библиографические ссылки краткие следует оформлять в соответствии с **ГОСТ Р 7.0.5-2008** [24].

10 РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Анурьев, В.И. Справочник конструктора-машиностроителя / В.И.Анурьев, в 3 т.– М.: Машиностроение, 1992.
2. Курмаз, Л.В. Детали машин. Проектирование: Справочное учебно-методическое пособие/ Л.В. Курмаз, А.Т. Скойбеда.– М.: Высш. шк.,2005.–309 с.
3. Чернавский, С.А. Проектирование механических передач. Учебно-справочное пособие/ С.А. Чернавский, Г.А. Снесарев.–М.: Машиностроение, 1984.– 560 с.
4. Дунаев, П.Ф. Детали машин. Курсовое проектирование. Учебное пособие. / П.Ф. Дунаев, О.П. Леликов.– М.: Машиностроение, 2002.–536 с.
5. ГОСТ 21354-87. Передачи зубчатые цилиндрические эвольвентные внешнего зачепления. Расчет на прочность.
6. Анфимов, М.И. Редукторы. Конструкции и расчет./ М.И. Анфимов.–М.: Машиностроение, 1972.– 283 с.
7. Дунаев, П.Ф. Конструирование узлов и деталей машин/ П.Ф. Дунаев, О.П.Леликов.– М.: Высш. шк.,2000.– 446 с.
8. Иванов, М.Н. Детали машин./ М.Н. Иванов.– М.: Высш. шк., 2000.–383 с.
9. Дунаев, П.Ф. Расчет допусков размеров./ П.Ф.Дунаев, О.П.Леликов. – М.: Машиностроение, 2001.
10. Орлов, П.И. Основы конструирования, в 3 томах./П.И. Орлов.– М.: Машиностроение, 1989. Т.1– 623 с., Т.2 – 574 с., Т.3 – 357 с.
11. Мудров, А.Г. Текстовые документы. Учебно-справочное пособие/ А.Г.Мудров.– Казань, РИЦ «Школа», 2004.–144 с.
12. Решетов, Д.Н. Детали машин. 4-е изд. перераб. и доп./ Д.Н.Решетов.– М.: Машиностроение, 1989.– 496 с.
13. Поляков, В.С. Справочник по муфтам./ В.С.Поляков, И.Д. Барбаш, О.А. Ряховский.– М.-Л.,1979.– 351 с.

14. Готовцев, А.А. Проектирование цепных передач /А.А.Готовцев, И.П.Котенок.–М.: Машиностроение, 1982.– 336 с.
15. ГОСТ 2.105-95-ЕСКД. Общие требования к текстовым документам.
16. ГОСТ 2.106-96 ЕСКД. Текстовые документы.
17. ГОСТ 7.32-2001 – Отчет о научно-исследовательской работе.
18. ГОСТ 2.101-68 – ЕСКД. Виды изделий.
19. ГОСТ 2.102-68 – ЕСКД. Виды и комплектность конструкторских документов.
20. ГОСТ 2.104-68 – ЕСКД. Основные надписи.
21. ГОСТ 2.201-80 – ЕСКД. Обозначение изделий и конструкторских документов.
22. ГОСТ 2.004-88 –ЕСКД. Общие требования к выполнению конструкторских и технологических документов на печатающих и графических устройствах.
23. ГОСТ 8.417-81 ГСИ. Единицы физических величин.
24. ГОСТ Р 7.05-2008. Библиографическая запись. Библиографическое описание.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(Справочное)

Международная система единиц

Потребность в измерении физических единиц возникла на ранней стадии развития техники. В разных отраслях науки и техники появлялись специфические единицы, кроме этого, отдельные государства вводили свои единицы.

Многообразие единиц физических величин на определенной ступени развития общества становится тормозом в установлении и расширении экономических, торговых и научных связей. По этой причине возникла потребность унификации единиц как внутри отдельных государств, так и в международном масштабе. Соглашение о введении единой международной системы (СИ) было принято в 1960 г.

В СССР Международная система единиц введена с 1 января 1963 года ГОСТ 9867-61 предписывал применение СИ во всех областях науки, техники и народного хозяйства, а также при преподавании.

Совокупность физических величин, связанных между собой зависимостями, называют ***системой величин***.

Физические величины, входящие в систему и условно принятые в качестве независимых от других величин системы, называются основными величинами.

Физические величины, входящие в систему и определяемые через основные величины этой системы, называются ***производными величинами***.

В Международной системе СИ принято **семь основных** и **две дополнительные** единицы. Основные единицы: **метр** (м) – единица длины, **килограмм** (кг) – единица массы, **секунда** (с) – единица времени, **Ампер** (А) – единица силы тока, **Кельвин** (К) – единица термодинамической температуры, **моль** (моль) – единица количества вещества, **кандела** (кд) – единица силы света. Дополнительные единицы: **радиан** (рад) – единица плоского угла, **стерадиан** (ср) – единица телесного угла.

Кратко охарактеризуем основные единицы и их эталоны.

1 Единица длины – метр

Метр был впервые определен как одна десятимиллионная часть четверти Парижского меридиана. Измерения части дуги этого меридиана были произведены при установлении Метрической системы мер комиссией ученых, созданной Парижской Академией наук. На основе этих измерений был изготовлен прототип метра (**метр Архива**), утвержденный Национальным собранием Франции в 1799 г.

Однако позднее выяснилось, что при повторных измерениях метр не может быть точно воспроизведен из-за неизбежных ошибок, допускаемых при измерениях, а также из-за отсутствия точных данных о фигуре Земли.

Поэтому пришлось отказаться от «естественного» эталона и был изготовлен из платино-иридиевого сплава стержень длиной 102 см, на концах которого на специально отполированных участках нанесены по три поперечных и два продольных штриха. Расстояние между осями средних штрихов было принято за 1 м.

Однако и этот эталон метра не удовлетворителен в двух отношениях. Во-первых, штриховой эталон метра является искусственным и в случае утраты не может быть воспроизведен. Во-вторых, это определение не обеспечило необходимой точности. Ширина штрихов составляла 10 мкм и при сличении эталона с прототипом неизбежно допускалась абсолютная погрешность не менее 0,1 мкм.

Поэтому было решено отказаться от штрихового эталона метра и связать единицу длины с какой-нибудь «естественной» мерой, взятой из природы. Удобной для этих целей оказалась длина электромагнитной волны.

В результате многочисленных исследований было найдено, что наилучшим образом всем требованиям удовлетворяет **оранжевая линия в спектре криптона-86 (^{88}Kr)**, которая соответствует переходу между уровнями $2p_{10}$ и $5d_5$.

В связи с этим в 1960 г. на X1 Генеральной конференции по мерам и весам было дано определение:

«Метр равен длине 1 650 763,73 длин волн в вакууме излучения, соответствующего переходу между уровнями $2p_{10}$ и $5d_5$ атома криптона – 86».

Криптоновый эталон в сравнении со штриховым повышает точность воспроизведения метра на один порядок (примерно в 10 раз).

В настоящее время в метрологии поставлена задача создать на основе лазера новый эталон длины, который значительно повысил бы точность воспроизведения метра.

2 Единица массы – килограмм

«Килограмм равен массе международного прототипа килограмма».

При установлении Метрической системы мер за единицу массы, названную килограммом, впервые была принята ***масса одного кубического дециметра чистой воды при 4^0C***.

Произведенные в X1X в. более точные измерения показали, что масса 1 дм^3 воды на 0,028 г меньше массы прототипа «килограмма Архива». Поэтому Международной комиссией по эталонам метрической системы в 1872 г. было решено не связывать единицу массы с массой 1 дм^3 воды, а принять массу прототипа «килограмма Архива» - **платино-иридиевые эталоны ки-**

лограмма. Один из них был принят за Международный прототип килограмма. Остальные эталоны были распределены между государствами. Россия получила платино-иридиевый прототип килограмма №12.

В 1954 г. сличение эталона № 12 с эталоном Международного бюро мер и весов показало, что масса прототипа № 12 равна 1,000 000 085 кг.

Пока точность прототипа более или менее удовлетворяет требованиям современной науки и техники. Однако в дальнейшем может возникнуть потребность производить сличение эталонов с более высокой точностью. Кроме того, эталон килограмма может быть утрачен. Поэтому ведутся исследования по установлению связи единицы массы с атомными константами, в частности с массой нейтрона. Цель этих работ – получить «естественный» воспроизводимый эталон единицы массы, который обеспечивал бы высокую точность.

3 Единица времени – секунда

Секунда была первоначально определена как интервал времени, равный 1/86400 части средних солнечных суток. «Среднее солнце»- это воображаемая точка, которая обходит небесный свод, двигаясь равномерно по небесному экватору за такой же промежуток времени, что и истинное Солнце, движущееся неравномерно по эклиптике.

Однако такое определение секунды обладает существенным недостатком. Как показали наблюдения, суточное вращение Земли вокруг своей оси, на котором основано определение средних солнечных суток, подвержено колебаниям, закономерности которых пока еще не установлены и учету не поддаются.

Известно, что за последнюю треть Х1Х в. продолжительность суток увеличилась на 0,007 с и за первую треть ХХ в. – уменьшилась на 0,005 с.

По решению Международного комитета мер и весов в 1956 г. в качестве эталона времени был принят тропический год, т.е. промежуток времени между двумя последовательными прохождениями Солнца через точку весеннего равноденствия.

В 1960 г. на Х1 Генеральной конференции по мерам и весам было принято следующее определение:

«Секунда – 1/31 556 925,9747 часть тропического года для 1900 г. января в 12 часов эфемеридного времени» (эфемеридное время – это равномерно текущее время, входящее в уравнения динамики небесных тел).

Однако для повышения точности воспроизведения единицы времени и частоты Х11 Генеральная конференция по мерам и весам и Международный комитет мер и весов в 1965 г. приняли для временного применения определение секунды, основанное на атомном эталоне частоты.

«Секунда равна 9 192 631 770 периодам излучения, соответствующего переходу между двумя сверхтонкими уровнями основного состояния атома цезия-133».

Государственный первичный эталон времени и частоты содержит: а) водородные и кварцевые генераторы; б) делители частоты; в) аппаратуру для сличения частот; г) аппаратуру для приема и регистрации радиосигналов.

Государственный эталон времени и частоты позволяет воспроизводить секунду и единицу частоты – герц с погрешностью $1 \cdot 10^{-11}$.

4 Единица силы электрического тока – Ампер

«Ампер равен силе неизменяющегося тока, который при прохождении по двум параллельным прямолинейным проводникам бесконечной длины и ничтожно малой площади сечения, расположенным в вакууме на расстоянии 1 м один от другого, вызвал бы на участке проводника длиной 1 м силу взаимодействия, равную $2 \cdot 10^{-7}$ Н».

Эталонная установка для измерения сил взаимодействия проводников называется токовыми весами.

Воспроизведение, хранение и передача ампера производится посредством Государственного первичного эталона ампера России. Этот эталон состоит из двух основных частей: а) токовых весов; б) аппаратуры для передачи размера единицы.

Относительная погрешность воспроизведения единицы силы тока посредством Государственного первичного эталона ампера не превышает $1 \cdot 10^{-5}$.

5 Единица термодинамической температуры – Кельвин

В Государственном стандарте «Единицы физических величин» принято следующее определение:

«Кельвин равен 1/273,16 части термодинамической температуры тройной точки воды».

Измерение температуры производится по ***термодинамической*** и ***практическим*** температурным шкалам.

Термодинамическая температурная шкала основывается на втором начале термодинамики, в качестве реперной точки для нее взята тройная точка воды. Ей присвоена температура +273,16 К. Это температура, при которой все три фазы воды (твердая, жидкая, газообразная) находятся в равновесии. Выбор тройной точки в качестве реперной точки термодинамической шкалы объясняется тем, что погрешность воспроизведения ее значительно меньше, чем погрешность воспроизведения точек кипения воды и таяния льда.

Единица термодинамической температуры – Кельвин выбрана так, чтобы была преемственность со стоградусной шкалой Цельсия.

Измерение температуры по термодинамической шкале связано с осуществлением цикла Карно и измерением количества теплоты, получаемой телом от нагревателя и отдаваемой охладителю. Измерение температуры та-

ким образом являлось бы затруднительным. В связи с этим для практических целей на основе термодинамической шкалы ***установлена Международная практическая температурная шкала***.

Такая шкала под названием «Международная температурная шкала» была впервые введена по решению VII Генеральной конференции по мерам и весам (1927 г.). В 1968 г. Международный комитет мер и весов принял решение именовать ее «Международная практическая температурная шкала 1968 г.» (МПТШ-68).

Температура по термодинамической и Международной практической температурным шкалам может быть выражена как в Кельвинах, так и в градусах Цельсия. В соответствии с этим различают четыре температуры:

– ***термодинамическая температура Кельвина*** выражается в Кельвинах (К), обозначается символом Т;

– ***термодинамическая температура Цельсия***, выражается в градусах Цельсия (^{0}С), обозначается символом t;

– ***международная практическая температура Кельвина***, выражаемая в Кельвинах (К), обозначается символом T_{68};

– ***международная практическая температура Цельсия***, выражаемая в градусах Цельсия (^{0}С), обозначается символом t_{68}.

Для перехода от одной температуры к другой установлены соотношения:

$$t = T - T_0, \quad t_{68} = T_{68} - T_0,$$

где T_0 = 273,15 К.

6 Единица количества вещества – моль

В Государственном стандарте «Единицы физических величин» дано следующее определение:

«Моль равен количеству вещества системы, содержащей столько же структурных элементов, сколько содержится атомов в углероде – 12, массой 0,012 кг. При применении моля структурные элементы должны быть специфицированы и могут быть атомами, молекулами, ионами, электронами и другими частицами или специфицированными группами частиц».

Понятие «количество вещества» было введено в науку примерно в XV111 в. Считалось, что количество вещества не является особой самостоятельной величиной, принципиально отличной от массы. Представление о тождественности количества вещества и массы во многом опиралось на убеждение в том, что все молекулы (атомы) данного вещества во всех отношениях тождественны, что их масса постоянна и, следовательно, масса тела или системы пропорциональна числу содержащихся в них молекул.

Открытия в области физики в первой половине двадцатого столетия поколебали убеждение в тождественности массы и количества вещества.

Как известно из квантовой теории, атомы и молекулы могут пребывать в различных стационарных состояниях. Причем энергия атомов и молекул, находящихся в различных состояниях, разная.

Следовательно, массы молекул одного и того же вещества, находящихся в разных стационарных состояниях, различны и поэтому масса тела (системы) не пропорциональна числу молекул. ***Отсюда следует вывод о том, что количество вещества есть величина, принципиально отличная от массы.***

Эталон ***моля*** еще не существует. С развитием экспериментальной техники открываются возможности для определения числа частиц методами, не связанными с измерением массы. Это позволит создать эталон для хранения и воспроизведения моля.

Единица количества вещества – ***моль*** в настоящее время широко применяется. Ею пользуются в химии для расчета количества вещества, участвующего в реакциях, в молекулярной физике для определения газовых параметров при различных процессах. На основе моля образован ряд величин, выражаемых через количество вещества: молярная масса, молярный объем, молярная теплоемкость, молярная проводимость и др.

7 Единица силы света – кандела

Первоначально кандела (*от латинского сова «candela» – свеча. До 1970 г. в государственных стандартах СССР единица света именовалась свечой*) определялась как сила света стеариновой, спермацетовой или парафиновой свечи определенной массы или силы света лампы накаливания и др.

В соответствии с решением X111 Генеральной конференции по мерам и весам (1967 г.) кандела (кд) получила определение:

«***Кандела – сила света, испускаемого с площади 1/600 000 м^2 сечения полного излучателя в перпендикулярном к этому сечению направлении при температуре излучателя, равной температуре затвердевания платины при давлении 101 325 Па***».

При температуре затвердевания платины (2042 К) яркость черного излучателя В = $6\cdot10^5$ кд/м^2. Но так как сила света связана с яркостью соотношением I = BS , то после подстановки приведенных значений В и S получим:

$$I = 6\cdot10^5 \text{ кд/м}^2 \cdot 1/600\,000 \text{ м}^2 = 1 \text{ кд}.$$

Государственный первичный эталон канделы состоит: а) из полного излучателя; б) аппаратуры для нагрева и возбуждения излучателя; в) установки для передачи размера канделы вторичным эталонам.

Точность современного эталона канделы определяется относительной погрешностью $5\cdot10^{-3}$.

Дополнительные единицы

1 Единица плоского угла – радиан

Радиан равен углу между двумя радиусами окружности, длина дуги между которыми равна радиусу.

Исходя из этого определения, любой центральный угол, выраженный в радианах, может быть представлен как отношение длины дуги, на которую опирается центральный угол, к радиусу окружности $\varphi = s/R$.

Из этой формулы следует, что плоский угол имеет нулевую размерность в любой системе единиц.

Эталон плоского угла основан на том, что сумма всех центральных смежных углов многогранной призмы составляет 2π радиан (360^0). Эталон состоит из 36-гранной призмы, эталонной угломерной установки и установки для поворота многогранной призмы.

Выбор радиана в качестве единицы Международной системы нельзя признать удачным. Радиан мало пригоден для практических целей. Полный и прямой углы, постоянно встречающиеся как в теории, так и практике, выражаются в радианах иррациональными числами (2π и $\pi/2$). Поэтому на практике для измерения плоских углов пользуются внесистемной единицей – градусом и недесятичными дольными от него единицами – минутой и секундой.

2 Единица телесного угла – стерадиан

Телесным углом называют часть пространства, ограниченную конической поверхностью с замкнутой направляющей. Размер телесного угла определяется отношением площади S поверхности вырезаемой конической поверхностью на сфере с центром в вершине этой поверхности, к квадрату радиуса R сферы, т. е. $\omega = S / R^2$.

Из формулы следует, что телесный угол – величина безразмерная и ей присвоено название **стерадиан** (ср).

Стерадиан равен телесному углу с вершиной в центре сферы, вырезающему на поверхности сферы площадь, равную площади квадрата со стороной, равной по длине радиусу сферы.

Замечания, сделанные выше о радиане, относятся и к стерадиану: он не удобен для практических целей, поскольку находится в иррациональном отношении с полным телесным углом. Разделив площадь S поверхности сферы на квадрат ее радиуса R, получим выражение полного телесного угла в стерадианах

$$\omega = S / R^2 = 4\pi R^2 / R^2 = 4\pi.$$

Заключая, отметим, что основу для установления единства измерений физических величин составляют эталоны не только основных, но и производных единиц. В настоящее время разработаны и утверждены государственные первичные эталоны многих производных единиц: *плотности жидкости, давления, температурного коэффициента линейного расширения твердых тел, электрической емкости, электродвижущей силы, индуктивности и др*. Эталоны производных единиц – в большинстве своем сложные установки, описание их выходит за рамки данного пособия.

Производные единицы СИ являются когерентными (согласованными) единицами. Как правило, их образуют с помощью простейших уравнений связи между величинами (определяющих уравнений), в которых числовые коэффициенты равны единице. Например, единицу скорости образуют с помощью уравнения, определяющего скорость прямолинейно и равномерно движущейся точки:

$$v = s / t,$$

где v – скорость, s – длина пройденного пути, t – время движения точки.

В результате подстановки единиц СИ получают: v = 1 м / 1 с = 1 м/с. Следовательно, единицей скорости СИ является метр в секунду.

Большая часть производных единиц приведена в таблицах А1и А2.

Таблица А1 - Важнейшие производные единицы СИ пространства и времени

Величина		Единица		
Наименование	Размерность	***Наименование***	Обозначение	
			Международное	Русское
Площадь	L^2	квадратный метр	m^2	$м^2$
Объем, вместимость	L^3	кубический метр	m^3	$м^3$
Скорость	LT^{-1}	метр в секунду	m/s	м/с
Ускорение	LT^{-2}	метр на секунду в квадрате	m/s^2	$м/с^2$
Градиент ускорения	T^{-2}	секунда в минус второй степени	s^{-2}	$с^{-2}$
Угловая скорость	T^{-1}	радиан в секунду	rad/s	рад/с
Угловое ускорение	T^{-2}	на секунду в квадрате	rad/s^2	$рад/с^2$
Частота периодического процесса	T^{-1}	герц	Hz	Гц
Частота событий (импульсов и т.п.),				
Частота вращения, частота ударов,				
Угловая частота, круговая частота	T^{-1}	секунда в минус первой степени	s^{-1}	$с^{-1}$
Волновое число	L^{-1}	метр в минус первой степени	m^{-1}	$м^{-1}$
Коэффициент затухания	T^{-1}	секунда в минус первой степени	s^{-1}	$с^{-1}$
Коэффициент ослабления,				
Коэффициент фазы, коэффициент распространения	L^{-1}	метр в минус первой степени	m^{-1}	$м^{-1}$

Номер по порядку	Русский алфавит: Типографские шрифты: Прямой	Русский алфавит: Типографские шрифты: Курсив	Русский алфавит: Пропись	Русский алфавит: Название буквы	Латинский алфавит: Типографские шрифты: Прямой	Латинский алфавит: Типографские шрифты: Курсив	Латинский алфавит: Рукописные шрифты: Пропись	Латинский алфавит: Рукописные шрифты: Скоропись	Латинский алфавит: Название буквы	Греческий алфавит: Типографские шрифты: Прямой	Греческий алфавит: Типографские шрифты: Курсив	Греческий алфавит: Скоропись	Греческий алфавит: Название буквы
1	Аа	Аа	Аа	а	Aa	Aa	Aa	Aa	а	Αα	Αα	Αα	альфа
2	Бб	Бб	Бб	бэ	Bb	Bb	Bb	Bb	бэ	Ββ	Ββ	Ββ	бета
3	Вв	Вв	Вв	вэ	Cc	Cc	Cc	Cc	цэ	Γγ	Γγ	Γγ	гамма
4	Гг	Гг	Гг	гэ	Dd	Dd	Dd	Dd	дэ	Δδ	Δδ	Δδ	дельта
5	Дд	Дд	Дд	дэ	Ee	Ee	Ee	Ee	э	Εε	Εε	Εε	эпсилон
6	Ее	Ее	Ее	е	Ff	Ff	Ff	Ff	эф	Ζζ	Ζζ	Ζζ	дзета
7	Ёё	Ёё	Ёё	ё	Gg	Gg	Gg	Gg	гэ	Ηη	Ηη	Ηη	эта
8	Жж	Жж	Жж	жэ	Hh	Hh	Hh	Hh	хэ	Θθ	Θθ	Θθ	тэта
9	Зз	Зз	Зз	зэ	Ii	Ii	Ii	Ii	и	Ιι	Ιι	Ιι	йота
10	Ии	Ии	Ии	и	Jj	Jj	Jj	Jj	йот	Κκ	Κκ	Κκ	каппа
11	Йй	Йй	Йй	й	Kk	Kk	Kk	Kk	ка	Λλ	Λλ	Λλ	лямбда
12	Кк	Кк	Кк	ка	Ll	Ll	Ll	Ll	эль	Μμ	Μμ	Μμ	мю
13	Лл	Лл	Лл	эль	Mm	Mm	Mm	Mm	эм	Νν	Νν	Νν	ню
14	Мм	Мм	Мм	эм	Nn	Nn	Nn	Nn	эн	Ξξ	Ξξ	Ξξ	кси
15	Нн	Нн	Нн	эн	Oo	Oo	Oo	Oo	о	Οο	Οο	Οο	омикрон
16	Оо	Оо	Оо	о	Pp	Pp	Pp	Pp	пэ	Ππ	Ππ	Ππ	пи
17	Пп	Пп	Пп	пэ	Qq	Qq	Qq	Qq	ку	Ρρ	Ρρ	Ρρ	ро
18	Рр	Рр	Рр	эр	Rr	Rr	Rr	Rr	эр	Σσς	Σσ	Σσς	сигма
19	Сс	Сс	Сс	эс	Ss	Ss	Ss	Ss	эс	Ττ	Ττ	Ττ	тау
20	Тт	Тт	Тт	тэ	Tt	Tt	Tt	Tt	тэ	Υυ	Υυ	Υυ	ипсилон
21	Уу	Уу	Уу	у	Uu	Uu	Uu	Uu	у	Φφ	Φφ	Φφ	фи
22	Фф	Фф	Фф	эф	Vv	Vv	Vv	Vv	вэ	Χχ	Χχ	Χχ	хи
23	Хх	Хх	Хх	ха	Ww	Ww	Ww	Ww	дубль-вэ	Ψψ	Ψψ	Ψψ	пси
24	Цц	Цц	Цц	ца	Xx	Xx	Xx	Xx	икс	Ωω	Ωω	Ωω	омега
25	Чч	Чч	Чч	че	Yy	Yy	Yy	Yy	игрек				
26	Шш	Шш	Шш	ша	Zz	Zz	Zz	Zz	зэт				
27	Щщ	Щщ	Щщ	ща									
28	Ъъ	Ъъ	Ъъ	ер									
29	Ыы	Ыы	Ыы	еры									
30	Ьь	Ьь	Ьь	ерь									
31	Ээ	Ээ	Ээ	э									
32	Юю	Юю	Юю	ю									
33	Яя	Яя	Яя	я									

Рисунок А1- Алфавиты : русский, латинский, греческий

Номер по порядку	Французский алфавит: Типографские шрифты: Прямой	Французский алфавит: Типографские шрифты: Курсив	Французский алфавит: Рукописные шрифты: Пропись	Французский алфавит: Рукописные шрифты: Скоропись	Французский алфавит: Название буквы	Английский алфавит: Типографские шрифты: Прямой	Английский алфавит: Типографские шрифты: Курсив	Английский алфавит: Рукописные шрифты: Пропись	Английский алфавит: Рукописные шрифты: Скоропись	Английский алфавит: Название буквы	Немецкий алфавит: Антиква: Типографские шрифты: Прямой	Немецкий алфавит: Антиква: Типографские шрифты: Курсив	Немецкий алфавит: Антиква: Рукописные шрифты: Пропись	Немецкий алфавит: Антиква: Рукописные шрифты: Скоропись	Немецкий алфавит: Фрактура: Типографские шрифты	Немецкий алфавит: Фрактура: Рукописные шрифты	Немецкий алфавит: Фрактура: Название буквы
1	Aa	Aa	Aa	Aa	а	Aa	Aa	Aa	Aa	эй	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	а
2	Bb	Bb	Bb	Bb	бэ	Bb	Bb	Bb	Bb	би	Bb	Bb	Bb	Bb	Bb	Bb	бэ
3	Cc	Cc	Cc	Cc	сэ	Cc	Cc	Cc	Cc	си	Cc	Cc	Cc	Cc	Cc	Cc	цэ
4	Dd	Dd	Dd	Dd	дэ	Dd	Dd	Dd	Dd	ди	Dd	Dd	Dd	Dd	Dd	Dd	дэ
5	Ee	Ee	Ee	Ee	э	Ee	Ee	Ee	Ee	и	Ee	Ee	Ee	Ee	Ee	Ee	э
6	Ff	Ff	Ff	Ff	эф	Ff	Ff	Ff	Ff	эф	Ff	Ff	Ff	Ff	Ff	Ff	эф
7	Gg	Gg	Gg	Gg	жэ	Gg	Gg	Gg	Gg	джи	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg	гэ
8	Hh	Hh	Hh	Hh	аш	Hh	Hh	Hh	Hh	эйтш	Hh	Hh	Hh	Hh	Hh	Hh	ха
9	Ii	Ii	Ii	Ii	и	Ii	Ii	Ii	Ii	ай	Ii	Ii	Ii	Ii	Ii	Ii	и
10	Jj	Jj	Jj	Jj	жи	Jj	Jj	Jj	Jj	джей	Jj	Jj	Jj	Jj	Jj	Jj	йот
11	Kk	Kk	Kk	Kk	ка	Kk	Kk	Kk	Kk	кей	Kk	Kk	Kk	Kk	Kk	Kk	ка
12	Ll	Ll	Ll	Ll	эль	Ll	Ll	Ll	Ll	эл	Ll	Ll	Ll	Ll	Ll	Ll	эль
13	Mm	Mm	Mm	Mm	эм	Mm	Mm	Mm	Mm	эм	Mm	Mm	Mm	Mm	Mm	Mm	эм
14	Nn	Nn	Nn	Nn	эн	Nn	Nn	Nn	Nn	эн	Nn	Nn	Nn	Nn	Nn	Nn	эн
15	Oo	Oo	Oo	Oo	о	Oo	Oo	Oo	Oo	оу	Oo	Oo	Oo	Oo	Oo	Oo	о
16	Pp	Pp	Pp	Pp	пэ	Pp	Pp	Pp	Pp	пи	Pp	Pp	Pp	Pp	Pp	Pp	пэ
17	Qq	Qq	Qq	Qq	кю	Qq	Qq	Qq	Qq	кью	Qq	Qq	Qq	Qq	Qq	Qq	ку
18	Rr	Rr	Rr	Rr	эр	Rr	Rr	Rr	Rr	эр	Rr	Rr	Rr	Rr	Rr	Rr	эр
19	Ss	Ss	Ss	Ss	эс	Ss	Ss	Ss	Ss	эс	Ss	Ss	Ss	Ss	Ss	Ss	ш,эс
20	Tt	Tt	Tt	Tt	тэ	Tt	Tt	Tt	Tt	ти	Tt	Tt	Tt	Tt	Tt	Tt	тэ
21	Uu	Uu	Uu	Uu	ю	Uu	Uu	Uu	Uu	ю	Uu	Uu	Uu	Uu	Uu	Uu	у
22	Vv	Vv	Vv	Vv	вэ	Vv	Vv	Vv	Vv	си	Vv	Vv	Vv	Vv	Vv	Vv	фау
23	Ww	Ww	Ww	Ww	дубль-ва	Ww	Ww	Ww	Ww	дабл-ю	Ww	Ww	Ww	Ww	Ww	Ww	вэ
24	Xx	Xx	Xx	Xx	икс	Xx	Xx	Xx	Xx	экс	Xx	Xx	Xx	Xx	Xx	Xx	икс
25	Yy	Yy	Yy	Yy	игрек	Yy	Yy	Yy	Yy	уай	Yy	Yy	Yy	Yy	Yy	Yy	ипсилон
26	Zz	Zz	Zz	Zz	зет	Zz	Zz	Zz	Zz	зэт	Zz	Zz	Zz	Zz	Zz	Zz	цет

Рисунок А2 - Алфавиты: французский, английский, немецкий

Приложение 1. Рекомендации эргономики , применяемые

к конструкциям грузоподъемных машин

1. Рекомендации, необходимые для проектирования кабин и площадок управления. Принимаются следующие размеры фигур, мм:

рост стоя 1960
рост сидя 1060
ширина плеч 1000
ширина таза 530
ширина в локтях 780
ширина бедра 200
толщина бедра сидя 180
толщина колена согнутого 150
высота сиденья до глаз 910
высота от верха головы до глаз 150
высота ступни 330
ширина ступни 145
высота каблука 25
ширина ладони 105
толщина пальцев 25
высота сиденья от уровня пола 400
высота спинки сиденья 250
расстояние от спинки сиденья до оси педали . 935

2. Основные размеры элементов управления, мм:

длина скобы для захвата всей ладонью . . . 82
длина скобы для захвата двумя пальцами . . 42
длина рукоятки для захвата всей ладонью . . 70
диаметр рукоятки 30-45
радиус рукоятки вращения, не более . . 400
расположение оси вращения рукоятки от пола 900-1100
диаметр тягового колеса 200-1000

Элементы управления следует располагать друг от друга на расстоянии не менее: при при приведении в действие кончиками пальцев 15-25 мм, кистью рук 50-60 мм, ногой 150-240 мм. Элементы управления должны отличаться размерами, надписями и цветом, а их рукоятки должны изготавливаться из материалов с низкой теплопроводностью.

3. Средние усилия и скорости движения руки рабочего

Продолжительность работы	На рукоятке		На тяговой цепи	
	усилие,Н	скорость, м/с	усилие, Н	скорость,м/с
Непрерывная(или с короткими перерывами) в течение 6-8 часов.	80-100	0,9-1,2	120-160	0,6-0,8
Периодическая в течение 6-8 часов с частыми перерывами.	150-160	0,7-0,8	180-200	0,5-0,6
Кратковременная, продолжительностью до 5 мин.	200	0,5-0,6	300-400	0,3-0,4
Весьма кратковременная работа (рывок)	300	0,3-0,4	800	0,1-0,3

4. Параметры элементов управления

Элемент управления	Направление включения	Путь, мм	Наибольшее усилие, Н
Кнопка ручная ножная.	От себя	3 30	5 150
Рычаг при наименьшем охвате рукой,	Вправо-влево	350	10
при наибольшем охвате рукой.	Вправо-влево вперед-назад	950	100
Педаль тормоза часто действующего,	от себя	50-125	20
Редко действующего	от себя	50-125	350

11 ЗАДАНИЯ НА КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

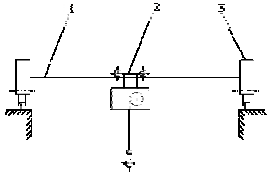
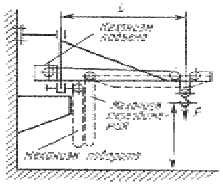


Рис.1 Схема крана-балки: 1- подкрановая балка, 2- тель электрический, 3- механизм перемещения крана-балки.

Тип 1 – Кран-балка

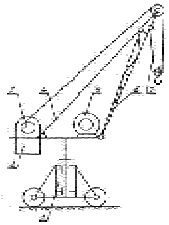
Данные для расчета	Номера вариантов									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Номинальная грузо-подъемность, т	0,9	1,9	1,3	1,1	1,2	1,3	1,5	1,8	1,9	2,0
Высота подъема крюка, м	5	5	6	6	7	7	8	8	9	9
Скорость подъема, м/мин	10	12	15	12	9	10	12	15	11	12
Режим работы	Л	С	Т	Л	С	Т	Л	С	Т	С
Длина пролета, м	5	6	7	8	7	6	6,5	6	6,5	7



Тип 2 – Кран стреловой

Данные для расчета	Номера вариантов									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Номинальная грузоподъ-емность, т	1,7	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6	2,0	1,7
Высота подъема крюка, м	5	4	6	5	6	6,5	5	6	5	6
Скорость подъема, м/мин	10	12	15	12	9	10	12	15	11	12
Режим работы	Л	С	Т	Л	С	Т	Л	С	Т	С
Длина стрелы, м	3	4	3,5	4	4,5	4	4	3,5	3	4

Тип 3 – Кран передвижной



Данные для расчета	Номера вариантов									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Номинальная грузоподъ-емность, т	0,7	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,8	2,0	2,2
Высота подъема крюка, м	3,5	5	4,6	4	5	4	4	5,3	5,5	5
Скорость подъема, м/мин	10	12	15	12	9	10	12	15	11	12
Режим работы	Л	С	Т	Л	С	Т	Л	С	Т	С
Длина стрелы, м	3	4	3,5	4	4,5	4	4,3	4	3,5	3,2

Тип 4 – Кран мостовой

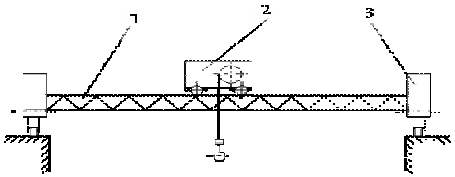


Рис.7 Схема мостового крана: 1– мост крана, 2– грузовая тележка с механизмом подъема, 3– механизм перемещения крана.

Данные для расчета	Номера вариантов									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Номинальная грузоподъ-емность, т	1,7	2,9	2,0	1,8	1,2	1,6	2,2	1,8	2,0	2,2
Высота подъема крюка, м	5	5	6	6	7	7	8	8	9	9
Скорость подъема, м/мин	10	12	15	12	9	10	12	15	11	12
Режим работы	Л	С	Т	Л	С	Т	Л	С	Т	С
Длина стрелы, м	6	7	8	6	7	8	6	7	6	7

Тип 5 – Кран поворотный стреловой (по рисунку 5)

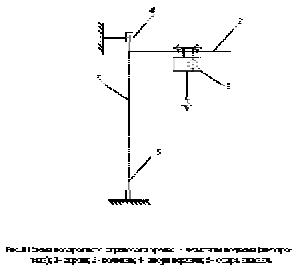


Рисунок 5

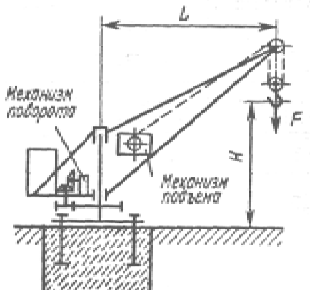


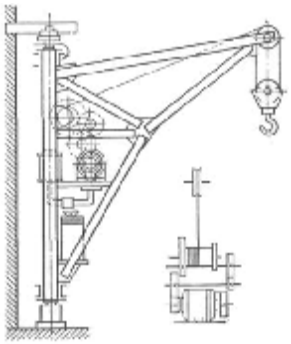
Рисунок 6

Данные для расчета	Номера вариантов									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Номинальная грузоподъемность, т	1,7	2,9	2,0	1,8	1,2	1,6	2,2	1,8	2,0	2,2
Высота подъема крюка, м	5	5	6	6	7	7	8	8	9	9
Скорость подъема, м/мин	10	12	15	12	9	10	12	15	11	12
Режим работы	Л	С	Т	Л	С	Т	Л	С	Т	С
Длина пролета, м	6	7	8	6	7	8	6	7	6	7

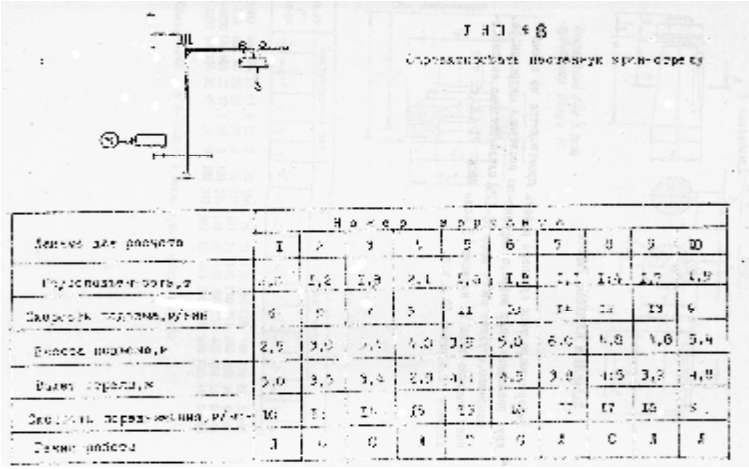
Тип 6 – Кран поворотный (по рисунку 6)

Данные для расчета	Номера вариантов									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Номинальная грузоподъемность, т	1,7	2,9	2,0	1,8	1,2	1,6	2,2	1,8	2,0	2,2
Высота подъема крюка, м	5	5	6	6	7	7	8	8	9	9
Скорость подъема, м/мин	10	12	15	12	9	10	12	15	11	12
Режим работы	Л	С	Т	Л	С	Т	Л	С	Т	С
Длина пролета, м	6	7	8	6	7	8	6	7	6	7

Тип 7 – Кран поворотный



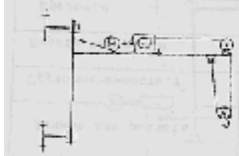
Данные для расчета	Номера вариантов									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Номинальная грузоподъемность, т	0,7	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,8	2,0	2,2
Высота подъема крюка, м	5	5	6	6	7	7	8	8	9	9
Скорость подъема, м/мин	10	12	15	12	9	10	12	15	11	12
Режим работы	Л	С	Т	Л	С	Т	Л	С	Т	С
Длина стрелы, м	3	4	5	4	5	3,5	4	4,5	3,5	3,3



ТИП №9

Спроектировать кран для обслуживания склада

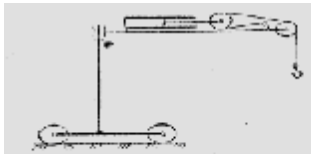
Данные для расчета	Номер варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Грузоподъемность, т	2,0	1,2	2,1	2,5	2,0	2,4	2,7	2,4	2,0	2,1
Высота подъема, м	3,0	3,4	3,5	4,0	4,2	3,7	2,9	2,6	3,8	3,7
Пролет, м	5,0	4,6	5,2	3,0	5,4	3,8	[illegible]	4,1	4,0	5,2



ТИП №10

Спроектировать консольный кран

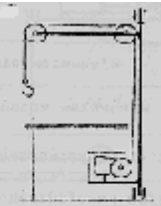
Данные для расчета	Номер варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Грузоподъемность, т	1,4	1,2	1,5	1,6	1,8	2,0	2,5	2,4	1,7	1,5
Скорость подъема, м/с	0,06	0,18	0,20	0,15	0,19	0,17	0,14	0,13	0,21	0,15
Высота колонны, м	4,0	4,5	4,9	5,0	4,6	3,9	3,7	3,[illegible]	4,0	3,[illegible]
Вылет крана, м	3,0	4,8	5,1	4,7	3,4	4,1	3,5	3,4	4,3	3,[illegible]
Режим работы	[illegible]	С	Л	С	Т	С	Т	[illegible]	С	Л



ТИП №11

Спроектировать передвижной кран

Данные для расчета	Номер варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Грузоподъемность, т	0,6	0,4	0,6	0,9	1,2	1,0	0,8	0,7	1,1	[illegible]
Высота подъема, м	2,0	2,5	2,8	3,0	3,0	2,8	3,0	2,4	2,7	2,8
Длина стрелы, м	1,9	3,0	3,3	4,0	3,2	2,9	3,3	3,4	3,8	3,0
Размеры платформы, м	[illegible]		[illegible]		[illegible]		[illegible]		[illegible]	



ТИП №12

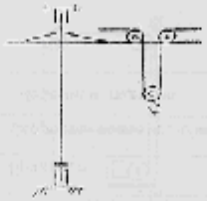
Спроектировать кран для обслуживания сборочных работ

Данные для расчета	Номер варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Грузоподъемность, т	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,3	0,4	0,2	0,5	0,6
Вылет, м	0,7	0,5	1,2	1,6	1,5	2,0	1,8	1,9	2,0	1,9
Высота подъема, м	1,5	1,8	2,0	2,2	2,0	2,3	1,9	2,4	2,2	2,4
Скорость подъема, м/мин	4	5	6	7	8	9	8	7	6	8
Режим работы	Л	С	Л	С	Т	С	Л	Т	С	Л

ТИП №13

Спроектировать козловой кран на рельсах

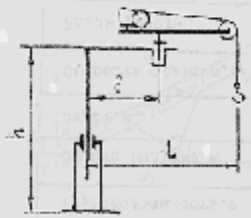
Данные для расчета	Номер варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Грузоподъемность, т	0,5	0,6	0,7	1,0	1,2	1,3	1,1	0,9	0,8	1,4
Высота подъема, м	3,5	4,0	4,1	3,0	3,2	3,7	4,4	4,1	3,9	4,2
Пролет, м	4	3	6	2	4	5	6	7	6	5
Скорость подъема, м/мин							5	6	7	8
Механизм подъема	Тип ручная			Лебедка ручная			Лебедка электрическая			



Т И П № 14

Спроектировать поворотный кран для нужд механического обслуживания

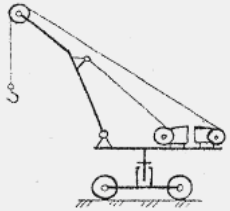
Данные для расчета	Номер варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Грузоподъемность, т	0,5	1,7	0,8	1,0	1,1	1,5	0,9	1,4	1,7	1,8
Вылет, м	3,0	3,4	3,1	3,2	2,9	2,0	2,0	2,9	3,0	2,5
Высота подъема, м	3,3	3,5	4,0	4,1	3,3	3,5	3,5	3,2	4,0	3,3
Скорость подъема, м/с	0,15	0,15	0,18	0,16	0,21	0,17	0,22	0,12	0,14	0,20
Режим работы	1	2	1	4	3	3	1	3	4	3



Т И П № 15

Спроектировать поворотный кран

Данные для расчета		Номер варианта									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Грузоподъемность, т		0,2	0,3	0,1	0,5	0,4	0,7	0,5	0,6	0,3	0,9
Скорость подъема, м/с		0,12	0,14	0,16	0,21	0,23	0,19	0,20	0,17	0,24	0,25
Режим работы		1	3	1	2	3	1	2	3	1	3
Основные размеры	h	2,2	2,3	3,0	4,5	4,9	3,1	2,8	2,7	3,0	3,1
	L	2,0	1,9	2,9	3,0	2,8	2,5	3,1	3,1	2,6	2,9
	ℓ	0,8	0,5	1,0	3,5	0,7	1,1	3,9	0,8	0,7	0,9



ТИП №16

Спроектировать передвижной поворотный кран

Данные для расчета	Номер варианта									
	I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0
Грузоподъемность, т	0,2	0,3	0,5	0,6	0,7	0,8	0,6	0,9	I,0	0,6
Высота подъема, м	3,0	2,9	3,I	3,4	3,5	3,4	3,7	3,8	3,9	3,5
Вылет, м	I,0/2,5	I,I/2,4	I,2/3,0	I,3/2,9	I,4/3,2	I,2/3,I	I,4/3,7	I,5/3,8	I,0/3,I	I,I/3,0
Скорость подъема, м/мин	5	6	7	8	9	8	I0	II	I2	9
Режим работы	Л	С	Л	С	Л	С	Т	Л	С	Л

Мудров Александр Григорьевич

Сахапов Рустем Лукманович

РАЗРАБОТКА КУРСОВОГО ПРОЕКТА ПО ГРУЗОПОДЪЕМНЫМ МАШИНАМ

Учебно-методическое пособие