



Министерство образования и науки Российской Федерации

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Д.Е. Бортяков В.С. Бурлуцкий С.А. Соколов

ГРУЗОПОДЪЕМНЫЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ МАШИН

Учебное пособие



Министерство образования и науки Российской Федерации

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Приоритетный национальный проект «Образование»
Национальный исследовательский университет

Д. Е. БОРТЯКОВ В. С. БУРЛУЦКИЙ С. А. СОКОЛОВ

ГРУЗОПОДЪЕМНЫЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ МАШИН

*Рекомендовано Учебно-методическим объединением
по университетскому политехническому образованию в качестве
учебного пособия для студентов высших учебных заведений,
обучающихся по направлению подготовки бакалавров
«Технологические машины и оборудование»*



Санкт-Петербург
2013

Рецензенты:

Доктор технических наук, профессор Санкт-Петербургского государственного политехнического университета *К. П. Манжула*

Доктор технических наук, профессор,
технический директор ООО «Палфингер Кран Рус» *С. Г. Суфтин*

Бортяков Д. Е. Грузоподъемные машины и оборудование. Проектирование грузоподъемных машин : учеб. пособие / Д. Е. Бортяков, В. С. Бурлуцкий, С. А. Соколов. — СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2013. — 86 с.

Рассмотрены требования, порядок и рекомендации по выполнению курсового проекта грузоподъемной машины. Главное внимание уделено вопросам систематизации работы, выбора рациональных методик расчета и решения конструкторских проблем, а также требованиям, предъявляемым к оформлению курсового проекта.

В систематизированном виде даны структура курсового проекта, схемы основных разновидностей грузоподъемных машин общего назначения и их механизмов, представлены правила и последовательность проектирования механизмов и узлов грузоподъемных машин. Пособие обеспечивает методическую поддержку курсового и дипломного проектирования. Расчетные методики базируются на современной методологии проектирования, учитывают нормативные требования устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных машин.

Учебное пособие предназначено для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки бакалавров «Технологические машины и оборудование». Оно может быть также использовано при обучении студентов направлений подготовки «Наземные транспортно-технологические средства», специализация «Подъемно-транспортные, строительные, дорожные средства и оборудование», а также для студентов, обучающихся по направлению «Наземные транспортно-технологические комплексы» (квалификация «бакалавр»), в системах повышения квалификации, в учреждениях дополнительного профессионального образования.

Работа выполнена в рамках реализации программы развития национального исследовательского университета «Модернизация и развитие политехнического университета как университета нового типа, интегрирующего мультидисциплинарные научные исследования и надотраслевые технологии мирового уровня с целью повышения конкурентоспособности национальной экономики».

Печатается по решению редакционно-издательского совета Санкт-Петербургского государственного политехнического университета.

© Бортяков Д. Е., Бурлуцкий В. С.,
Соколов С. А., 2013

© Санкт-Петербургский государственный
политехнический университет, 2013

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	4
1. Структура курсового проекта	7
2. Проектирование крановых механизмов	11
2.1. Компоновка механизмов	11
2.2. Последовательность расчета на стадии компоновки	12
2.3. Особенности проектирования механизмов кранов различных типов	17
3. Проектирование несущей металлической конструкции	29
3.1. Общие требования и последовательность проектирования	29
3.2. Рекомендации по проектированию конструкции	30
3.3. Технические требования к металлическим конструкциям кранов	46
3.4. Особенности проектирования металлических конструкций кранов различных типов	48
4. Технология сборки и транспортирования грузоподъемных машин	54
4.1. Общие положения.....	54
4.2. Технология сборочных работ	54
4.3. Технология транспортирования	60
Библиографический список	70
Приложения	71
Приложение 1. Правила оформления курсового проекта	72
Приложение 2. Конструктивные исполнения тормозов и их характеристики	74
Приложение 3. Адреса сайтов, на которых размещена информация производителей компонентов	79
Приложение 4. Варианты конструктивных исполнений соединения редуктора и барабана механизма подъема	80
Приложение 5. Пример компоновки грузовой тележки	82
Приложение 6. Примеры конструкции опорно-поворотной части крана, червячного редуктора механизма поворота с муфтой пре- дельного момента, упругой втулочно-пальцевой и зубчатой муфты для соединения концов валов	83

ВВЕДЕНИЕ

Целью выполнения курсового проекта является формирование у студентов общекультурных и профессиональных компетенций, сформулированных в основной образовательной программе подготовки и учебной программе дисциплины в виде знаний, умений, навыков, опыта деятельности и профессионально значимых качеств личности.

В результате выполнения курсового проекта по учебной дисциплине «Грузоподъемные машины и оборудование» студенты должны приобрести:

- знания устройства грузоподъемных машин и их механизмов;
- навыки компоновки машины в целом, проектирования механизмов и металлических конструкций с учетом специфики технологии их изготовления, транспортировки и монтажа.

При выполнении курсового проекта студент применяет также знания и умения, полученные им при изучении дисциплин «Строительная механика и металлические конструкции подъемно-транспортных, строительных и дорожных машин», «Технология производства подъемно-транспортных, строительных, дорожных средств и оборудования». Курсовой проект грузоподъемной машины имеет целью закрепление знаний и развитие указанных навыков на примере проектирования одной из типовых машин с заданными параметрами и условиями эксплуатации. В состав курсового проекта входит решение следующих задач:

- формирование общего облика машины, конфигурации металлической конструкции и размещение основных механизмов;
- проектирование механизмов грузоподъемной машины, включая обоснованный выбор комплектующих, проектирование специальных элементов и компоновку механизма в целом;
- проектирование металлической конструкции машины;

– разработка отдельных аспектов технологии изготовления или транспортировки машины или ее элементов.

Курсовой проект грузоподъемной машины является первым учебным проектом машины в целом и имеет большое значение в формировании профессиональной подготовки инженера. Он направлен на выработку у студента основных профессиональных компетенций:

– умение применять стандартные методы расчета при проектировании деталей и узлов изделий машиностроения (ПК-21);

– способность участвовать в работах по расчету и проектированию деталей и узлов машиностроительных конструкций с использованием стандартных средств автоматизированного проектирования (ПК-22).

Настоящее учебное пособие призвано способствовать развитию у студентов активного и творческого конструкторского мышления и способности самостоятельного решения возникающих инженерных задач. В пособии содержатся указания на проблемы, которые могут возникнуть при проектировании отдельных частей машины, и даны некоторые пути поиска решения этих проблем. В учебном пособии материал представлен в последовательности, соответствующей процессу проектирования машины.

Курсовой проект выполняется студентом самостоятельно, и он несет ответственность за качество и сроки его выполнения. Организационно методическую помощь по существу проекта студенту оказывают руководитель и консультанты по отдельным разделам работы, назначаемые кафедрой.

Проектирование выполняется с помощью инженерных графических программ в виде чертежей (в формате двумерной графики) или путем твердотельного моделирования с последующим переводом в чертежный формат. Расчеты производятся в среде Mathcad. Глубина проработки проектной документации примерно соответствует уровню

технического проекта механической части машины. Пояснительная записка и чертежи сдаются в бумажном и в электронном виде.

По окончании проектирования производится защита курсового проекта. Оценка качества работы студента осуществляется по следующим критериям:

- уровень общетехнической грамотности, проявляемой автором при решении поставленной задачи;
- общий уровень работы, характеризуемый качеством и сложностью технических решений и полнотой их расчетно-теоретического обоснования, уровнем использования вычислительной техники;
- качество оформления графической и текстовой частей работы, соблюдением требований стандартов ЕСКД;
- качество защиты, то есть умение доложить суть работы, обосновать и защитить принятые решения, а также ответить на вопросы членов комиссии по тематике проекта.

Учебное пособие предназначено для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки бакалавров «Технологические машины и оборудование». Оно может быть также использовано при обучении студентов направлений подготовки «Наземные транспортно-технологические средства», специализация «Подъемно-транспортные, строительные, дорожные средства и оборудование», а также для студентов, обучающихся по направлению «Наземные транспортно-технологические комплексы» (квалификация «бакалавр»), а также в системах повышения квалификации, в учреждениях дополнительного профессионального образования.

1. СТРУКТУРА КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Курсовой проект — учебная работа, содержащая решение поставленной технической задачи по учебной дисциплине, оформленная в виде конструкторских, технологических или программных проектных документов. Настоящий курсовой проект нацелен на развитие навыков и умений студентов по решению конструкторских и технологических задач, проведению инженерных расчётов и оформлению графических документов.

Тематика курсовых проектов разрабатывается преподавателями, ведущими курсовое проектирование, и утверждается заведующим кафедрой, обеспечивающим данный вид учебной работы. Тема курсового проекта может быть предложена студентом при условии обоснования им её целесообразности и соответствия содержания проекта дисциплине, по которой курсовой проект или курсовая работа выполняется.

В рамках групповой формы обучения допускается выполнение курсового проекта по одной теме несколькими студентами с определением объёма выполнения и содержания индивидуального задания для каждого студента.

Темы курсовых проектов рекомендуется базировать на фактическом материале профильных предприятий и учреждений, на научных работах сотрудников кафедры и студенческих конструкторских бюро, они также могут быть связаны с программой производственной практики студентов, а для лиц, обучающихся по очно-заочной (вечерней) и заочной формам обучения — с их непосредственной работой.

Объектом проектирования, как правило, является грузоподъемный кран общего назначения. На рис. 1.1 представлены схемы кранов, рекомендуемых в качестве заданий на проектирование. Учебный про-

ект грузоподъемной машины включает три основные части: расчет и проектирование механизмов, расчет и проектирование металлических конструкций, разработку технологии монтажа крана или сборочных работ отдельных составляющих узлов. Курсовой проект может носить конструкторскую или технологическую направленность. От тематической направленности проекта зависят структура и содержание основной части пояснительной записки.

Курсовой проект должен в общем случае содержать:

- графический материал, включающий чертежи грузоподъемной машины, ее узлов и деталей (4-5 листов формата А1);
- текстовый материал – пояснительную записку объемом 30-40 страниц машинописного текста без учета титульного листа, задания на курсовой проект, реферата, оглавления, списка использованных источников и приложений; конкретный объем пояснительной записки устанавливает руководитель проекта в зависимости от тематической направленности проекта и установленной учебным планом трудоёмкости учебной работы студента.
- электронную версию графического и текстового материала на носителе информации, прилагаемую к пояснительной записке.

Графический материал проекта отражает основные конструктивные решения и включает чертеж общего вида машины, сборочные чертежи механизмов и узлов, чертежи элементов металлической конструкции крана и рабочие чертежи двух деталей. Распределение и содержание графического материала указывает руководитель в задании.

В качестве дополнительного к основному графическому материалу могут быть отнесены распечатки слайдов презентации, подготовленные к публичной защите.

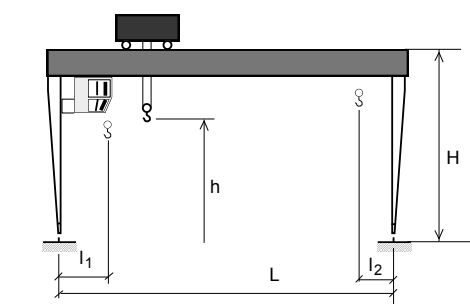
Пояснительная записка по курсовому проекту должна включать:

- титульный лист;
- задание на курсовой проект;

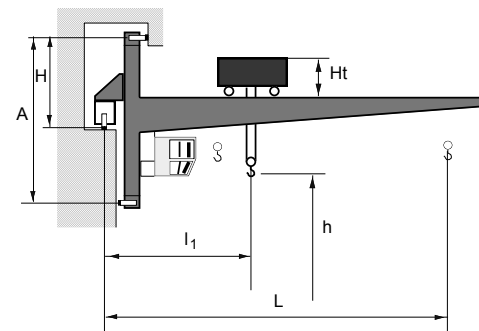
- реферат;
- оглавление;
- спецификация проекта;
- введение, в котором раскрываются актуальность и значимость темы, выполняется краткий аналитический обзор, формулируется цель;
- основную часть, структура и содержание которой зависят от тематической направленности курсового проекта;
- заключение, в котором содержатся выводы и рекомендации относительно возможностей использования материалов курсового проекта;
- список использованных источников;
- приложения, содержащие материалы иллюстративного и вспомогательного характера; самостоятельные конструкторские, технологические, программные и другие проектные документы, выполненные в ходе проектирования согласно заданию.

Правила оформления чертежей и пояснительной записки, приведены в ЕСКД. Правила формирования обозначения документов и пример оформления спецификации работы, в которой перечислены все входящие в нее материалы с соответствующими обозначениями и наименованиями, даны в Приложении 1.

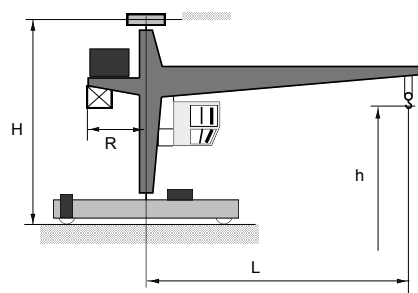
Все чертежи выполняются в электронном виде с применением доступных пакетов автоматизированного конструирования, записка — в виде электронного документа в формате редактора Word или с применением другого доступного редактора текстов. Все электронные документы после окончательной редакции распечатываются для представления к защите.



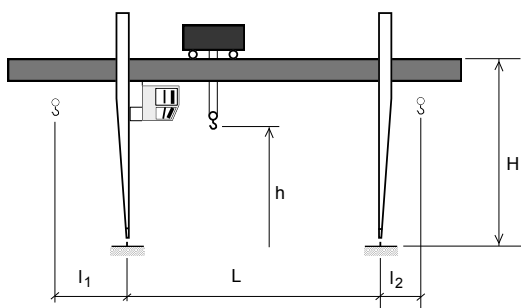
Кран козловой без консолей



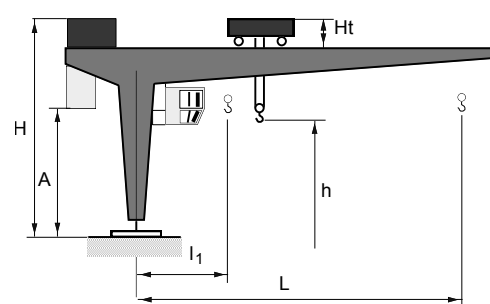
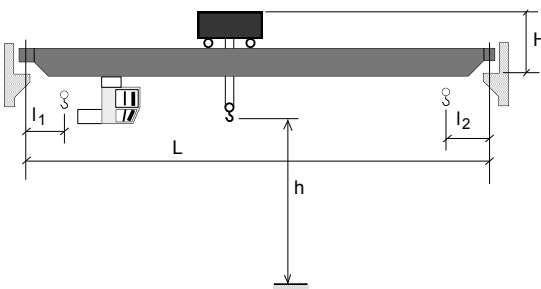
Кран консольный передвижной



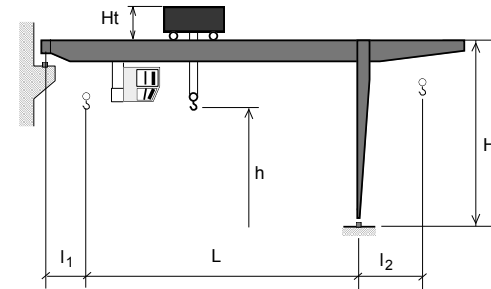
Кран консольный велосипедный



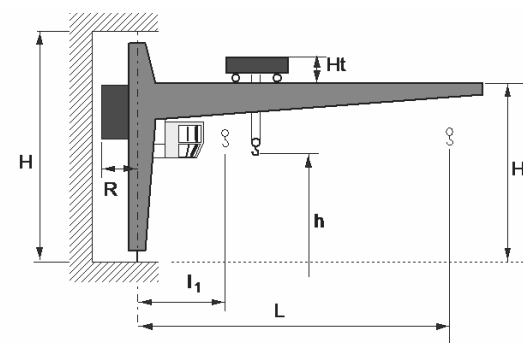
Кран козловой с консолями

Кран консольный на колонне
(молотовидный)

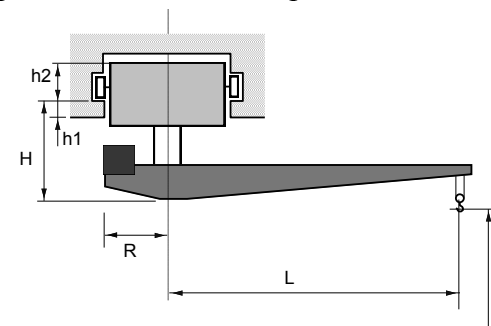
Кран мостовой



Кран полукозловой с консолью



Кран консольный поворотный настенный



Кран консольный потолочный

Рис. 1.1. Схемы грузоподъемных кранов

2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ КРАНОВЫХ МЕХАНИЗМОВ

2.1. Компоновка механизмов

Процесс проектирования крановых механизмов включает две стадии. Первая - компоновка, которая заключается в разработке компоновочных чертежей механизмов или их узлов и крана в целом на основании предварительных расчетов. Вторая стадия включает детальную проработку конструктивных решений проектируемых механизмов, полный их расчет, разработку чертежей и пояснительной записки.

Первая стадия - самая важная творческая часть инженерной работы, от которой во многом зависит качество проектных решений. Только после утверждения компоновки руководителем работы можно приступить ко второй стадии. Компоновочным называется схематический чертеж, назначение которого - установить габаритные размеры отдельных механизмов и взаимное расположение их узлов, а также увязать механизмы с металлической конструкцией крана и определить возможность их сборки-разборки, доступность для осмотра, смазки, регулировки и т. д. При этом намечаются конструктивные решения, как отдельных механизмов, так и крана в целом. На стадии компоновки предварительные расчеты выполняются в минимальном объеме, указанном в п. 2.2. В необходимых случаях делается несколько вариантов компоновки, каждый из которых сопровождается необходимыми расчетами. Для дальнейшей разработки сохраняется наиболее удачный вариант компоновки и его расчетное обоснование. На этом варианте компоновки целесообразно нанести все размеры, которые в дальнейшем будут необходимы для разработки чертежей.

Компоновочные чертежи выполняются параллельно с предварительными расчетами строго в масштабе. В зависимости от габаритных

размеров изделия обычно устанавливается масштаб для механизмов в сборе 1:4, 1:5, 1:10, для разрезов и узлов - 1:2, 1:2,5, 1:4, 1:5, а для общего вида крана 1:25, 1:40, 1:50, 1:75, 1:100. При выполнении компоновки, выбирая из каталогов комплектующие изделия, рекомендуется сразу выписывать все габаритные и привязочные размеры и их характеристики. На компоновочном чертеже можно делать упрощения в изображении узлов. Двигатели, муфты, редукторы, барабаны, тормоза, зубчатые колеса изображаются прямоугольниками, окружностями или габаритными контурами. Болты, крепящие узлы друг к другу или к опорам, указываются осевыми линиями.

На чертежах узлов проставляются все размеры, в пояснительной записке представляются расчеты, подтверждающие выбранные размеры деталей, из которых состоят представленные узлы. На чертежах деталей указываются допуски и посадки, допустимые отклонения от взаимного расположения поверхностей, их шероховатости, материал, из которого изготовлена данная деталь.

Допускается использование стандартных изображений с применением электронных библиотек из пакетов автоматизированного конструирования (Компас, Solid Works, Pro Engineer и другие).

2.2. Последовательность расчета на стадии компоновки

Расчет механизма подъема

Расчет механизма подъема на стадии компоновки рекомендуется выполнять в следующем порядке.

1) Выбор типа и кратности полиспаста, расчет и выбор каната, определение размеров барабана и блоков ([6], п. V.4.).

Для кранов мостового типа с тележками обязательно применение сдвоенных полиспастов (лучше четной кратности), для кранов стрелового типа желательно использовать простые полиспасты. Выбор каната производится по величине разрывного усилия каната в целом F_0 :

$$F_0 \geq S_{max} Z_P,$$

где S_{max} - наибольшее натяжение ветви каната; Z_P - минимальный коэффициент использования каната (минимальный коэффициент запаса прочности каната), принимаемый по данным табл. 2.1.

Минимальный диаметр барабанов D_B , блоков $D_{БЛ}$ и уравнительных блоков $D_{У.БЛ}$, огибаемых стальными канатами, определяется по формулам:

$$D_B \geq h_1 d_K, \quad D_{БЛ} \geq h_2 d_K, \quad D_{У.БЛ} \geq h_3 d_K,$$

где d_K - диаметр каната; h_1, h_2, h_3 - коэффициенты выбора диаметров соответственно барабана, блока и уравнительного блока, определяемые по данным табл. 2.1.

2) Определение КПД механизма, потребной статической мощности и выбор двигателя ([5], п.П.3., П.4; [6], п.V.3., V.5., VI.5).

3) Определение числа оборотов барабана и передаточного числа механизма подъема ([6], п.VI.5).

Т а б л и ц а 2.1

**Нормативные значения коэффициентов для выбора
параметров канатной системы**

Группа классификации (режима работы) механизма по		Z_P для канатов		Коэффициенты выбора диаметров		
ИСО 4301/1	ГОСТ 25835	подвижных	неподвижных	h_1	h_2	h_3
M1	1M	3,15	2,5	11,2	12,5	11,2
M2	1M	3,35	2,5	12,5	14,0	12,5
M3	1M	3,55	3,0	14,0	16,0	12,5
M4	2M	4,0	3,5	16,0	18,0	14,0
M5	3M	4,5	4,0	18,0	20,0	14,0
M6	4M	5,6	4,5	20,0	22,4	16,0
M7	5M	7,1	5,0	22,4	25,0	16,0
M8	6M	9,0	5,0	25,0	28,0	18,0

4) Выбор схемы механизма, редуктора, муфт и типа соединения барабана с редуктором. При расчете необходимо добиться, чтобы действительная скорость подъема груза не отличалась от заданной более чем на 5% ([6], п.V.1., V.2., VI.3). В случае, если заданная скорость подъема груза отличается от расчетной, производится корректировка диаметра барабана.

5) Определение потребного тормозного момента, выбор тормоза (тормозов) и места его (их) установки ([6], п.V.6., VI.5).

Конструктивные исполнения тормозов и их характеристики представлены в приложении 2.

6) Определение времен разгона и торможения механизма подъема ([6], п.VI.5).

Расчет механизма передвижения

Расчет механизма передвижения рекомендуется выполнять в следующей последовательности.

1) Предварительное определение масс тележки или крана (производится по справочным данным об осуществленных конструкциях или по приближенным формулам в табл. 2.2), наветренных площадей ([5], п.I.7).

2) Выбор количества и диаметра ходовых колес и их расчет на контактную долговечность ([6], п.V.8). Здесь формулу (V.2.36) для расчета полного числа оборотов колеса за срок службы рекомендуется читать как:

$$N_C = 3600 \frac{V_C}{\pi D} T_{\text{маш}},$$

где D – диаметр колеса, м; V_C – усредненная скорость передвижения колеса, м/с; $T_{\text{маш}}$ – машинное время работы колеса в часах за срок его службы.

3) Выбор схемы механизма, определение его КПД, сопротивления передвижению, потребных статической и пусковой мощностей двигателя, выбор двигателя (двигателей) ([5], п.П.3, П.4; [6], п.V.3, V.5, VI.6, VI.8).

Т а б л и ц а 2.2

**Формулы для предварительного определения
масс кранов и крановых тележек**

Наименование объекта	Формулы
Настенно-поворотные краны: с тележкой с постоянным вылетом	$m_K = 2,0 + 0,15 Q R_{\max}$ $m_K = 1,5 + 0,04 Q R$
Поворотные краны на колонне: стреловые без противовеса с тележкой (поворотная часть без противовеса)	$m_K = 3,0 + 0,07 Q R_{\max}$ $m_{ПЧ} = 3,0 + 0,2 Q R_{\max}$
Велосипедные краны без противовеса общая масса поворотная часть крана	$m_K = 0,4 + 0,3 Q R$ $m_{ПЧ} = 3,0 + 0,07 Q R$
Мостовые краны (без тележки) с пролетом не более 30 м и грузоподъемностью, т: до 5 от 5 до 15 от 16 до 20 от 30 до 40 (пролет не более 20 м)	$m_K = 3,5 + 0,07 Q L_K$ $m_K = 2,0 + 0,06 Q L_K$ $m_K = 1,2 + 0,05 Q L_K$ $m_K = 6,5 + 0,03 Q L_K$
Консольные краны	$m_K = 4,0 + 0,25 Q R_{\max}$
Козловые краны без консолей	$m_K = 10 + 0,01 Q L_K$
Крановые тележки: с колесным приводом передвижения с передвижением от канатной тяги	$m_T = 1,5 + 0,2 Q$ $m_T = 0,45 + 0,07 Q$
Условные обозначения: m_K , $m_{ПЧ}$, m_T - соответственно массы крана, его поворотной части и тележки, Q - грузоподъемность крана, т; R - вылет стрелы, м; L_K - пролет крана, м.	

4) Определение числа оборотов приводных колес (или тягового барабана) и передаточного числа механизма передвижения ([6], п.VI.8).

5) Выбор редукторов, муфт, расчет дополнительных передач. Если действительное передаточное число редуктора отличается от расчетного, определяется действительная скорость передвижения тележки (крана) (действительное передаточное число не должно отличаться от расчетного более чем на 5%) ([6], V.1, V.2, V.3), в противном случае производится корректировка диаметров колес.

6) Определение потребного тормозного момента, выбор тормоза (тормозов) и места его (их) установки ([6], п.V.6, VI.8).

Конструктивные исполнения тормозов и их характеристики даны в прил. 2.

7) Определение времени разгона тележки (крана) с грузом, проверки отсутствия буксования при разгоне для порожней тележки (крана) и перегрузочной способности двигателя ([6], п.VI.8).

8) Проверка отсутствия юза при торможении порожней тележки (крана) ([6], п.VI.8).

Проверка буксования и юза производится только для механизмов с приводными колесами.

Расчет механизма вращения

Расчет механизма вращения рекомендуется выполнять в следующем порядке.

1) Предварительное определение массы поворотной части крана (табл.2.2) и положение ее центра масс, наветренной площади крана и груза ([5], п.I.7).

2) Определение массы противовеса и координаты его центра масс, величин опорных реакций ([6], п.VI.9).

3) Выбор типа опорно-поворотного устройства и основных размеров опорных частей ([6], п.VI.9).

4) Определения сопротивлений вращению крана, потребных среднеквадратичной и пусковой мощностей двигателя, выбор двигателя ([5], п.II.3, II.4; [6], п.VI.11).

5) Определение передаточного числа механизма вращения, выбор схемы механизма, разбивка передаточного отношения между частями схемы, выбор (или расчет) редукторов, передач и соединительных муфт ([6], п.V.I, V.2, V.3, VI.10, VI.11).

6) Определение момента муфты предельного момента, выбор типа и расчет всех ее элементов ([6], рис. V.2.38, V.2.39, п.VI.11).

7) Определение потребного тормозного момента, выбор тормоза и места его установки ([6], п.V.6, VI.11).

8) Определение времени разгона механизма и проверка двигателя на перегрузочную способность ([6], п.VI.11).

9) Проверка времени торможения крана ([6], п.VI.11).

Адреса некоторых сайтов производителей, на которых можно найти технические характеристики и размеры двигателей, редукторов, тормозов и пр. приведены в Приложении 3.

2.3. Особенности проектирования механизмов кранов различных типов

2.3.1. Краны мостового типа

Основные схемы механизмов подъема (лебедок) крюковых кранов приведены на рис.VI.2.1. в [6]. В сопряжении барабана с редуктором наиболее часто используется шарнирное соединение, (рис. VI.2.1, *а, д*), в котором поперечная сила передается через сферический подшипник, а вращающий момент - через зубчатое зацепление ([6], рис. V.2.13, *а*, табл. V.2.14). Расчетная схема выходного вала редуктора и оси барабана в этом случае приведена на рис. 2.2, *а*. Варианты конструктивных исполнений данных соединений, в качестве примера, приведены в Приложении 4.

Соединение двухопорного барабана и редуктора двухвенцовой зубчатой муфтой ([6], рис. VI.2.1, *в*) может быть целесообразно,

например, при маленьком диаметре барабана, когда зубчатая муфта на выходном валу редуктора больше диаметра барабана.

Возможен вариант использования современных роликовых муфт, представленный на рис. П.6.5 Приложения 6.

Также, может быть использовано конструктивное решение соединения мотор-редуктора непосредственно с барабаном (расчетная схема валов редуктора и барабана приведена на рис. 2.2, б).

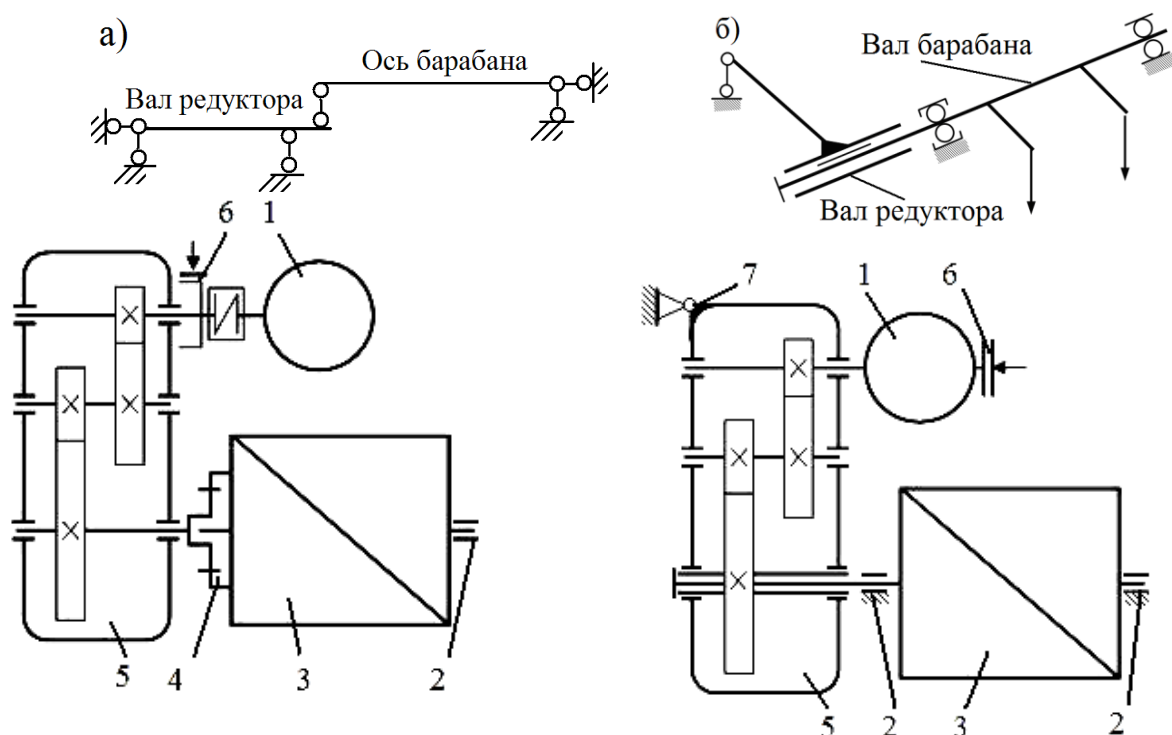


Рис. 2.2. Расчетные схемы тихоходных валов механизмов подъема:
а – с опорой барабана на выходном валу редуктора; б – с барабаном на двух опорах. Здесь: 1 – двигатель, 2 – опора барабана, 3 – барабан, 4 – зубчатая муфта, 5 – редуктор, 6 – тормоз, 7 – схематичное изображение узла крепления редуктора (конструктивное исполнение – см. рис. 2.6, в)

Тихоходные лебедки выполняют с трехступенчатым редуктором или с открытой зубчатой передачей ([6], рис. VI.2.1, в, г). В этом случае предпочтительней схема на рис. VI.2.1, г со специальным редуктором (пример установки зубчатого колеса на барабане см. в [6] на рис. V.2.13, б). Схему на рис. VI.2.1, д целесообразно применять для

более равномерного распределения веса механизма подъема на колеса тележки.

Выполнение компоновки тележки надо начинать с вычерчивания механизма подъема в плане. Допустим, компоновочное прочерчивание первых результатов предварительного расчета механизма подъема показало (рис. 2.3, а), что барабан «налезает» на двигатель.

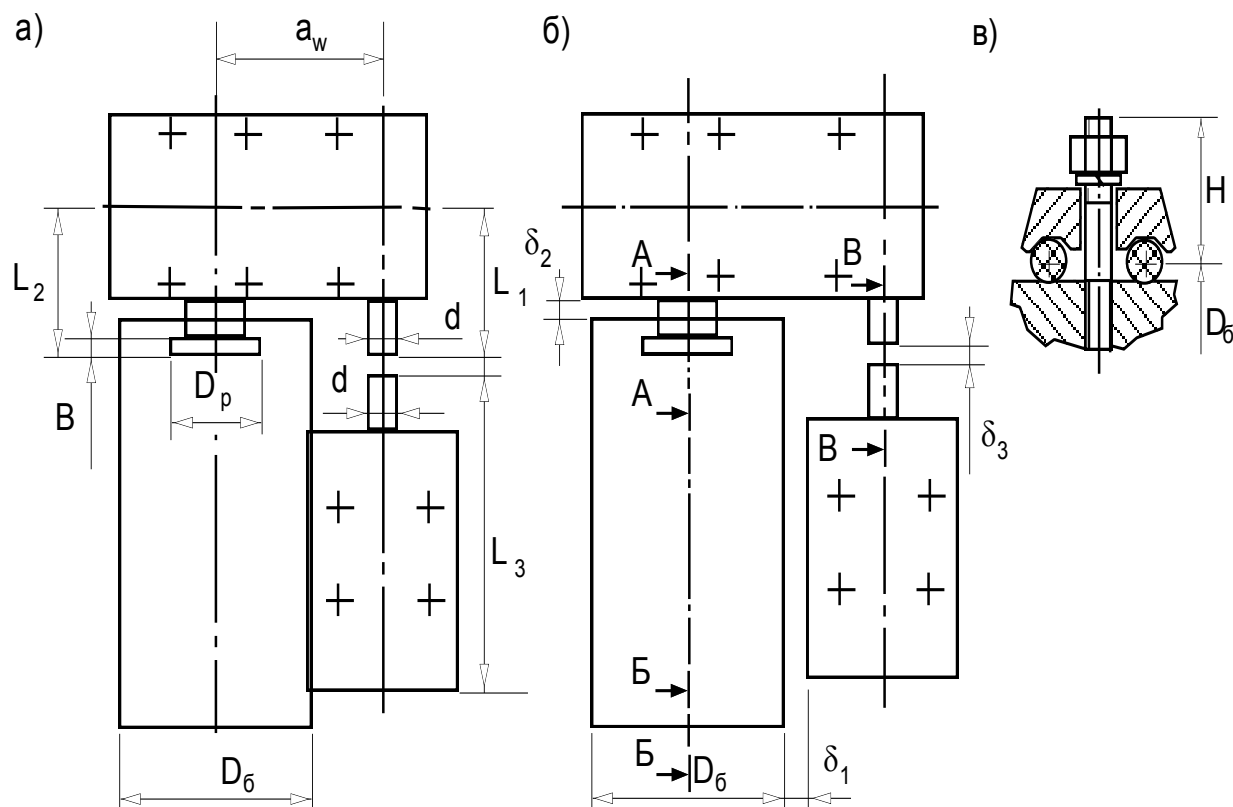


Рис. 2.3. Начало компоновки механизма подъема:

$a_w, L_1, L_2, B, d_1, D_p$ – каталожные размеры выбранного редуктора;
 L_3, d_2 – то же для двигателя; D_6 – расчетный диаметр барабана

Поскольку двигатель и редуктор стандартны, то при данной схеме механизма подъема можно изменить кратность полиспаста (диаметр барабана) или, что значительно хуже, сделать дополнительную открытую зубчатую передачу от редуктора к барабану ([6], рис. VI.2.1, в, г).

Например, в результате изменения параметров механизма составлен второй вариант компоновки (рис. 2.3, б). Прочерчивание этого варианта показывает, что между двигателем и барабаном имеется просвет $\delta_1 > 0$, но нужно убедиться, что он достаточен для размещения деталей крепления каната к барабану.

Если просвет $\delta_1 \geq H+20$ мм (рис. 2.3, в), то этот вариант принимают и продолжают компоновочную проработку. Вычерчивают сечение А - А (рис. 2.3, б), прорабатывают узел соединения барабана с редуктором ([6], рис. V.2.13, а и табл. V.2.14) таким образом, чтобы просвет δ_2 получить удобным для сборки - разборки и обслуживания (смазки) узла.

Аналогично прорабатывается узел соединения редуктора с двигателем (сечение В - В на рис. 2.3, б). При этом, если по соображениям компоновки тележки просвет δ_3 нужно принять большим, чем это диктуется соединением типовыми муфтами, то конструируют нетиповую (специальную) муфту или применяют промежуточный (плавающий) вал.

Сечение Б - Б позволяет проработать конструкцию узла установки подшипника. Уточнение длины барабана (установление минимальной величины средней ненарезанной части) производится из условия ограничения угла набегания каната на барабан при наивысшем положении крюковой подвески ([6], п. V.5). На виде сбоку устанавливается взаимное расположение по высоте двигателя, тормоза, редуктора, барабана и пр.

Выбор места расположения уравнительного блока (блоков) на тележке производится из условия расположения груза посередине базы В тележки (рис. 2.4, а), чтобы давления на колеса от веса груза были одинаковыми.

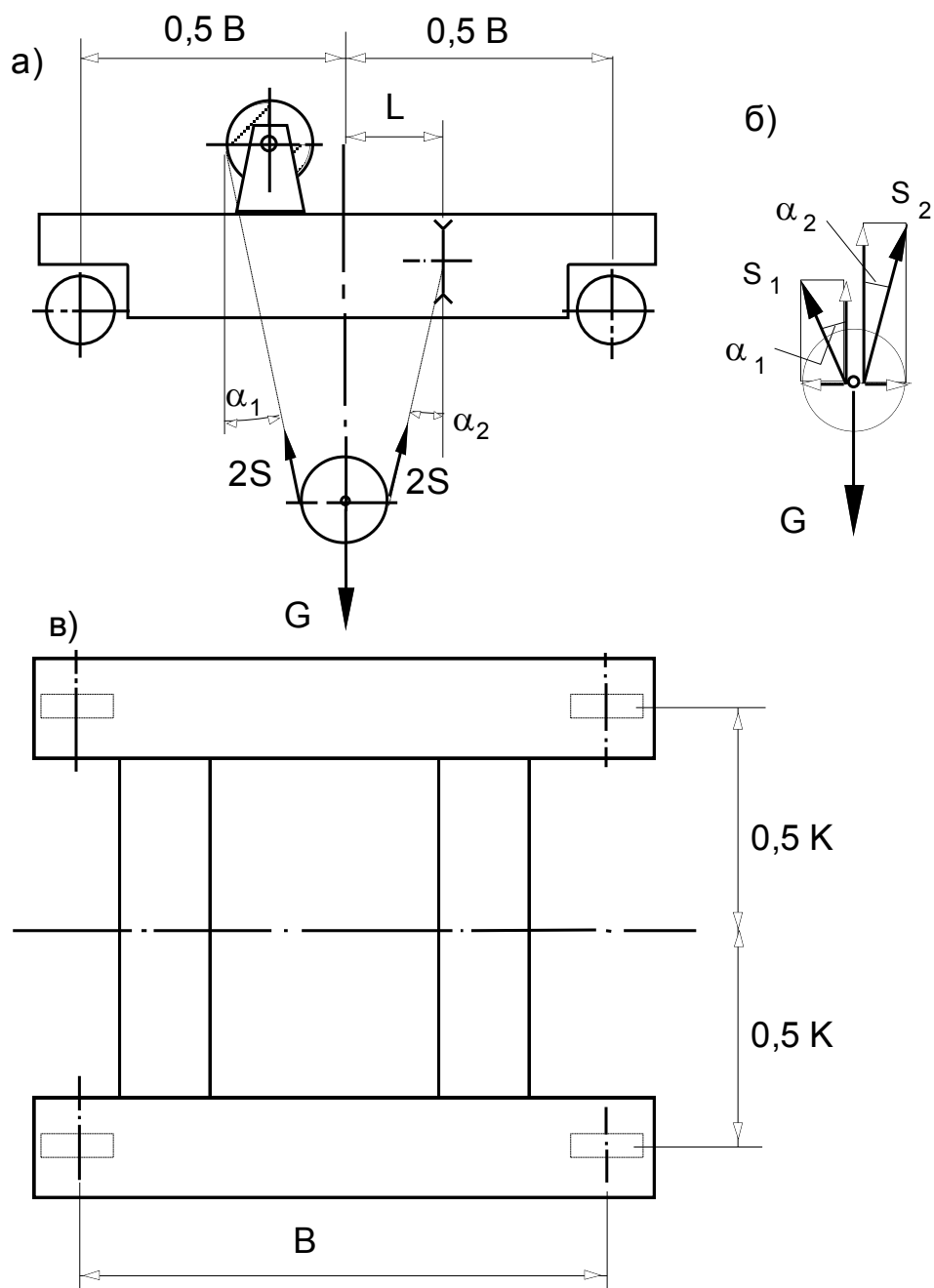


Рис. 2.4. Схемы к размещению механизма подъема на тележке

Для этого необходимо определить положение крюковой подвески в пространстве. Это положение определяется углами наклона канатов (α_1 , α_2) при сходе с блоков подвески. Углы наклона вычисляются из условия равенства горизонтальных проекций натяжений в канатах с обеих сторон крюковой подвески, $S_1 = 2S$ и $S_2 = 2(m-1)S$. При компоновке определение углов можно выполнять по приближенной схеме

ме (рис. 2.4, б). Например, для сдвоенного полиспаста кратностью два, углы наклона канатов получаются одинаковыми (рис. 2.4, а).

При размещении ходовой части тележки необходимо обеспечить, чтобы при взгляде по направлению колеи К тележки колеса были на одинаковом расстоянии от оси подвески груза (рис. 2.4, в), что обеспечивает одинаковую нагрузку от веса груза на обе балки моста. При этом собственный вес тележки может быть распределен неравномерно. Для уменьшения этой неравномерности можно изменить расположение некоторых узлов на тележке, например, отодвинуть двигатель механизма подъема от редуктора с помощью вала вставки (см.[6], рис. VI.2.1, д).

Установка ходового колеса в металлической конструкции тележки или крана обычно производится с помощью подшипниковых узлов. Корпуса подшипников (буксы) могут быть неразъемные или разъемные ([6], рис. V.2.41). Пример такого исполнения представлен на рис. 2.5.

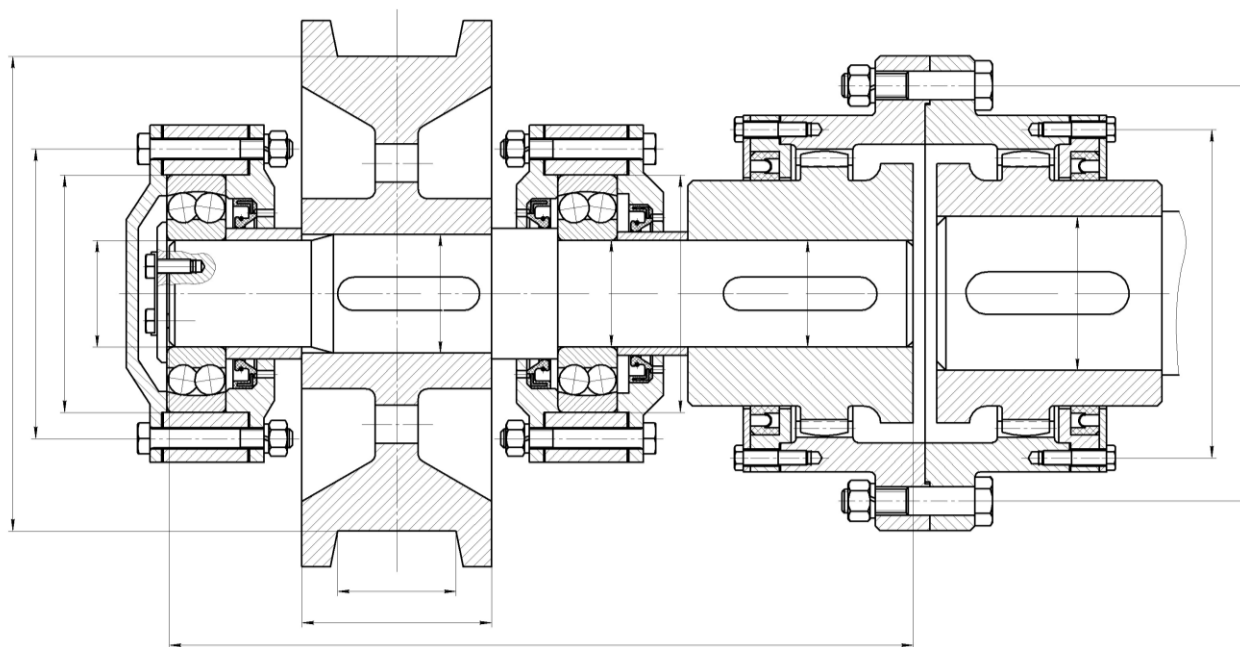


Рис. 2.5. Установка ходового колеса

В механизме передвижения тележки обычно используют один привод, связанный с двумя соосно расположенными колесами. Привод может размещаться между колес или с одной стороны (консольно). Для этого механизма применяют редукторы типа ВК (вертикального исполнения) или мотор-редукторы, которые позволяют создать более компактный механизм. На рис. VI.3.8, а [6] показана схема механизма передвижения с центральным расположением привода, причем слева и справа от редуктора показано два варианта устройства тихоходной трансмиссии с зубчатыми муфтами с промежуточным валом и без него.

На рис. 2.6 представлены другие варианты конструктивного исполнения механизмов передвижения. Показаны узел установки колеса с разъемной буксой (рис. 2.6, а), с отдельным приводом и использованием мотор-редукторов различного исполнения (рис. 2.6, б, в, г). Схематичное изображение механизма передвижения с канатной тягой представлено на рис. VI.3.9 [6].

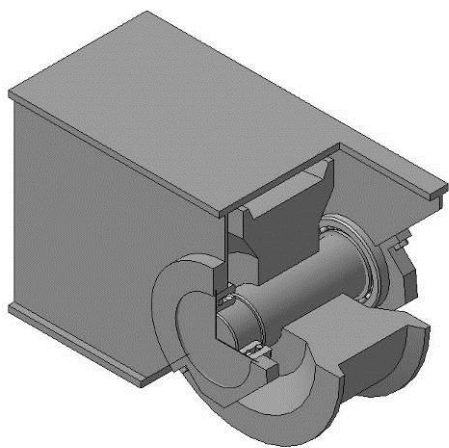
При компоновке тележки мостового крана следует стремиться обеспечить ее минимальную высоту, что позволит снизить высоту цеха, в котором будет размещен кран. Для тележки консольного крана желательно иметь возможно меньшую базу, учитывая малые пути перемещения тележки.

Тележка мостового, козлового или консольного кранов представляется в трех проекциях - план и две боковые проекции, одна из которых должна показывать механизм передвижения. Во всех случаях дополнительно выполняются разрез по барабану (размещается в правом нижнем углу листа) и разрез по приводному колесу, если аналогичный разрез не показан на механизме передвижения крана.

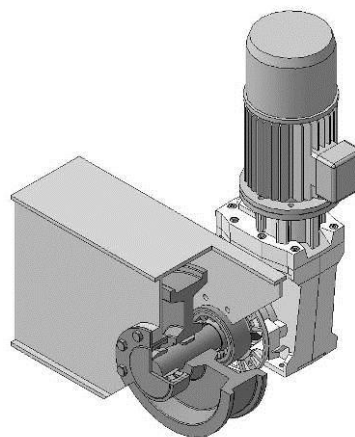
В Приложении 5 показан пример компоновки грузовой тележки.

На виде со стороны барабана изображается положение подвески крюка и верхней обоймы полиспаста. На виде сверху пунктирными линиями изображается конструкция рамы и осевыми линиями показываются все крепежные болты.

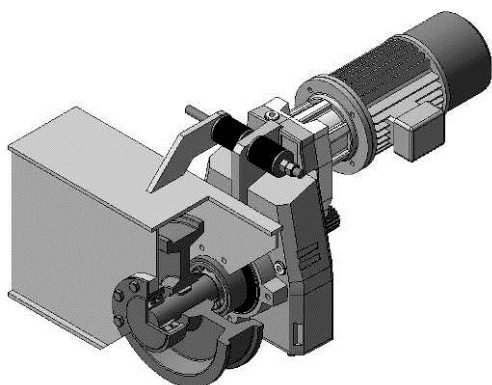
На трех проекциях тележки проставляются габаритные размеры, конструкторские базы и привязочные размеры. На разрезе по барабану указываются все сборочные размеры с допусками и посадками.



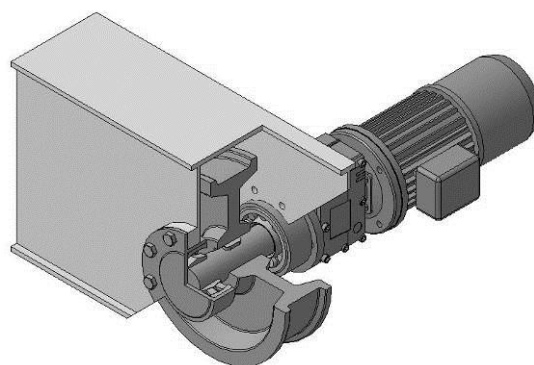
а) узел соединения колеса с балкой
в виде «косой» буксы



б) с мотор-редуктором
вертикального расположения



в) с навесным мотор-редуктором



г) с мотор-редуктором
горизонтального расположения

Рис. 2.6. Варианты конструктивного исполнения механизмов
передвижения

При проектировании механизма передвижения крана ([6], п. VI.6.) в первую очередь из условия отсутствия буксования должен быть решен вопрос о количестве приводных колес, что особенно важно для консольного крана, так как существенно влияет на компоновку механизма.

Механизм передвижения крана должен быть представлен на чертежах в двух проекциях с необходимыми разрезами совместно с трансмиссией и приводным колесом или ходовой тележкой и несущей металлоконструкцией.

На второй стадии проекта дополнительно к указанным в п. 2.2 расчетам должны быть произведены для механизма подъема:

а) определение длины барабана с проверкой углов набегания канатов ([6], п. V.5).

б) расчет барабана и его оси (вала) на прочность, расчет и выбор подшипников его опор, расчет крепления каната к барабану и элементов, передающих крутящий момент на барабан ([6], п. V.5).

в) расчет осей и выбор подшипников для неподвижных блоков полиспаста ([6], п. V.2).

Для механизмов передвижения дополнительно к указанным в п. 2.2 расчетам необходимо сделать:

а) расчет валов приводных колес и выбор подшипников их опор ([6], п. V.2).

б) для консольных кранов определение диаметров горизонтальных колес, расчет их осей и выбор подшипников ([6], п. V.2, V.8).

2.3.2. Краны стрелового типа

В поворотных кранах компоновка и параметры механизмов существенно зависят от конфигурации и размеров несущей конструкции. Поэтому одновременно с компоновкой механизмов надо компоновать весь кран, чтобы определить условия расположения механизмов, положение опор, координаты центров масс, наветренные площади, необходимые для расчета механизмов вращения и изменения вылета.

По компоновке механизмы вращения кранов могут быть с горизонтальным ([6], рис. VI, 4.13, а, б) и вертикальным (рис. VI, 4.13, в, г) расположением двигателя. Они обычно снабжены фрикционными муфтами предельного момента ([6], рис. V.2.38, V.2.39), установлен-

ными возможно ближе по кинематической цепи к валу приводной шестерни. Механизмы вращения с вертикальным расположением двигателя (фланцевого, с встроенным тормозом) более компактны, позволяют избежать конических, червячных и других передач, имеющих малую надежность или низкий КПД, проще в обслуживании и легче.

У настенно-поворотного крана с тележкой с канатной тягой на схеме крана намечаются места расположения механизмов подъема и передвижения тележки. Обычно механизм подъема располагается ниже механизма передвижения тележки, что связано с ограничением углов набегания каната на барабан. Для механизма подъема используют простой или сдвоенный полиспаст кратностью два.

На компоновке и чертеже механизма подъема (выполненных в трех проекциях) должна быть показана рама, поддерживающая элементы механизма, и связанная с ней часть металлоконструкции крана. Механизм может быть собран на отдельной раме, которая закрепляется на специальной площадке металлической конструкции, или установлен непосредственно на платику, приваренные на металлической конструкции. Первый вариант более технологичен.

Расстояние от оси вращения крана до стены должно быть достаточным, чтобы между стеной и наиболее выступающей точкой оставалось 100...200 мм. Для того, чтобы расстояние от оси вращения крана до стены было минимальным, следует располагать механизм подъема так, чтобы отдельные его части выступали за пределы металлической конструкции по возможности одинаково с обеих сторон.

При компоновке механизма передвижения тележки следует обратить внимание на то, чтобы обратная ветвь каната механизма передвижения не пересекалась с подъемными канатами. Механизм передвижения с канатной тягой компонуется с целью проработки общей компоновки крана и на отдельном листе чертежа, как правило, не изображается. Тележка представляется на одном листе чертежа формата А1-А2 в двух проекциях с разрезами по осям блоков и ходовым колесам. На этом же листе изображается весь оголовок стрелы с от-

клоняющим блоком механизма передвижения тележки и креплением каната механизма подъема или отклоняющего блока.

Механизм вращения располагают вдоль стены. Зубчатое колесо соединяют с металлической конструкцией крана болтами. Механизм вращения изображается на чертеже в двух проекциях с разрезом по червячному редуктору и с подробной проработкой элементов муфты предельного момента. Разрез по червячному редуктору может быть представлен отдельно от чертежа механизма в более крупном масштабе.

У стреловых кранов на рельсовом ходу или на колонне механизмы подъема, вращения и изменения вылета на общей платформе располагаются так, чтобы их вес способствовал уменьшению веса противовеса. При этом для улучшения условий набегания канатов на барабан середины барабанов должны совпадать с осью стрелы или колонны.

У молотовидного крана механизм подъема на консоли противовеса располагается дальше от оси вращения крана, чем механизм передвижения тележки, так как канаты последнего проходят на меньшей высоте, чем канаты механизма подъема. Следует также обратить внимание на то, чтобы обратная ветвь каната механизма передвижения тележки не пересекалась с подъемными канатами. С помощью соответствующих проекций и разрезов должны быть подробно разработаны узлы соединения металлической конструкции крана с неподвижной колонной. Особое внимание следует обратить на компоновку невращающегося зубчатого венца механизма вращения, который закреплен на верхней части колонны, внутри вращающейся металлической конструкции крана.

У велосипедного крана механизмы следует располагать по возможности симметрично относительно продольной оси крана с тем, чтобы отдельные их части выступали за пределы конструкции одинаково с обеих сторон. При компоновке механизма передвижения следует обеспечить отсутствие буксования колес при пуске и торможении. Из этого условия определяется количество приводных колес, которое существенно влияет на конструкцию механизма.

Механизм вращения удобнее размещать внизу, на ходовой тележке, вместе с механизмом передвижения крана. Особое внимание следует обратить на взаимное расположение неподвижных частей механизма вращения по отношению к вращающейся металлоконструкции крана и к трансмиссионному валу механизма передвижения, а также расположению каната механизма подъема, идущему к барабану, и металлоконструкции крана.

На чертежах должна быть изображена ходовая тележка с механизмами передвижения, вращения и колонной, а также разрезы по редуктору механизма вращения и приводному колесу.

Дополнительно к указанным в п. 2.2 расчетам для стреловых кранов должны быть произведены для механизма вращения:

а) расчет осей (валов) и подшипников опорных узлов ([6], п. V.2);

б) расчет элементов опорно-поворотного устройства ([6], п. V.2, V.8, VI.9);

в) расчет колонны и ее креплений ([6], п. VI.9);

г) расчет крепления зубчатого колеса к металлоконструкции крана;

д) для тележек с канатной тягой - расчет осей блоков и колес, выбор подшипников ([6], п. V.2).

Дополнительно к указанным в п. 2.2 расчетам должны быть произведены для механизма изменения вылета:

а) определение длины барабана ([6], п. V.5);

б) расчет узла крепления тягового элемента к стреле;

в) расчет осей и выбор подшипников для направляющих блоков ([6], п. V.2).

В Приложении 6 представлены примеры конструкции опорно-поворотной части крана, червячного редуктора механизма поворота с муфтой предельного момента, упругой втулочно-пальцевой, зубчатой и роликовой муфт для соединения концов валов и валов с барабанами.

3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ НЕСУЩЕЙ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ КОНСТРУКЦИИ

3.1. Общие требования и последовательность проектирования

Объем работ по проектированию несущей конструкции крана, метод расчета и перечень элементов, которые должны быть разработаны подробно, устанавливает руководитель проекта и консультант по данному разделу. В общем случае процесс проектирования конструкции включает следующие основные разделы:

- выбор и обоснование статической схемы и типа конструкции;
- определение расчетных нагрузок (весовые, инерционные и ветровые нагрузки, динамические коэффициенты и т. п., составление таблицы нагрузок);
- выбор и обоснование геометрических параметров статической схемы;
- предварительный выбор или назначение материала для металлической конструкции;
- проектирование основных несущих элементов с учетом условий прочности, жесткости, общей устойчивости, экономичности и технологичности;
- проверка элементов конструкции на местную устойчивость;
- проверка на сопротивление усталости;
- проверка отдельных узлов на прочность и сопротивление усталости (шарнирных, болтовых и сварных соединений, узлов, воспринимающих местные нагрузки от ходовых колес тележки и т. п.).

Расчеты и обоснования выбора конструктивных решений включаются в пояснительную записку. При этом можно не приводить проектировочные расчеты, на основании которых были найдены геомет-

рические параметры сечений и узлов, а сразу давать проверочные расчеты, подтверждающие правильность выбора всех параметров.

Для вычисления внутренних усилий, напряжений и перемещений в элементах сложных статически неопределимых конструкций рекомендуется использовать метод конечных элементов (МКЭ). На чертежах указываются основные размеры конструкции и основных сечений, присоединительные и привязочные размеры, обозначения сварных швов и технические требования на изготовление.

3.2. Рекомендации по проектированию конструкции

3.2.1. Статическая схема и тип конструкции

Статическая схема отражает расположение и характер связей основных элементов конструкции, условия их закрепления и нагружения. На статической схеме балки и стержни обозначаются линиями, соответствующими их осям, условия закрепления – связями, обозначения которых приняты в Строительной механике, а нагрузки – стрелками, показывающими место и направление их приложения ([4], рис. 2.3, 2.4, 2.6).

Тип конструкции характеризует устройство ее элементов. В грузоподъемных машинах используют листовые (балочные, рамные), ферменные, шпренгельные конструкции. На схеме показывают основные проектные размеры (пролет, вылет, базу, высоту опор и пр.), указанные в задании.

Для кранов с тележкой определяют расположение рельсов на ездовых балках. Предварительно намечают места расположения монтажных стыков. Этот этап заканчивается общей компоновкой конструкции без конкретизации размеров сечений.

3.2.2. Расчетные нагрузки

Перед началом проектирования следует принять решение о том, в какой системе будут производиться все расчеты, по предельным состояниям или по допускаемым напряжениям ([4], п. 1.5.2). Для формирования данных о нагруженности конструкции используют понятия «расчетный случай нагрузок» и «комбинация нагрузок». Расчетные случаи обуславливают значения расчетных нагрузок, а комбинации – определяют перечень нагрузок, действующих одновременно ([4], п. 6.1). Для проектирования крановой конструкции используют нагрузки I и II расчетных случаев, а перечень комбинаций зависит от типа крана.

Систему расчетных нагрузок для удобства расчета представляют в виде таблицы нагрузок (табл. 3.1, 3.2) ([3], с. 47, 373, 397; [4], с. 152, 397; [5], с. 165, 174, 444-446, 453, 462, 478). При расчете по методу предельных состояний значения нагрузок умножаются на коэффициенты перегрузок ([3], с. 32, п. 2.2.; [5], с. 166-167, 449 и др.). Во избежание ошибок следует помнить, что расчеты по всем условиям работоспособности выполняются с учетом всех нагрузок, входящих в рассматриваемую комбинацию.

Для удобства пользования таблицей следует веса и инерционные силы основных элементов конструкции разнести в разные строки. Например, отдельно вес пролетного строения, отдельно вес опор для козлового крана, вес стрелы и т. д., а также силы инерции от массы пролетного строения, опор и пр. Данные о весах кранов, металлических конструкций и тележек можно найти в табл. 2.2, а также в ([5], с. 430; [6], разд. IV, гл. 2-5).

Массу груза для расчета, как по первому, так и по второму расчетным случаям следует брать равной номинальной грузоподъемности крана. Значение коэффициентов толчков принимают по рекомендациям ([3], с. 55; [5], с. 69, 135). При этом следует обращать внима-

ние на то, что для кранов мостового типа при определении коэффициентов толчков в комбинациях «b» и «с» следует использовать скорости передвижения, соответственно, крана и тележки. Если ход тележки не превышает мерной длины рельса (не более 10 м), то коэффициенты толчков для комбинации «с» принимают равным единице.

Динамический коэффициент при работе механизма подъема вычисляется по формуле (1.2.19) ([5], с. 63). Частоты собственных колебаний находятся по формуле (1.2.20), в которой допущена опечатка, она должна иметь вид

$$p_{1,2} = \sqrt{0,5 \left[\left(\frac{c_k + c_m}{m_m} + \frac{c_k}{m_r} \right) \mp \sqrt{\left(\frac{c_k + c_m}{m_m} + \frac{c_k}{m_r} \right)^2 - \frac{4c_k c_m}{m_m m_r}} \right]}.$$

В этой формуле $m_r = Q$, кроме того, можно принимать

$$c_m \cong \frac{\beta Q g}{L [f/L]}, \text{ где } Q - \text{ грузоподъемность; } g - \text{ ускорение свободного}$$

падения; $\beta = 1,1-1,3$ - поправочный коэффициент (меньшие значения для стреловых кранов); L - характерный размер конструкции (пролет, вылет стрелы или консоли); $[f/L]$ - допустимый относительный прогиб. Эта величина для мостовых кранов принимается в зависимости от группы режима работы по [5] (с. 428), а для козловых по [5], (с. 440). Для кранов с консольной стрелой допустимо полагать

$$[f/L] = 1/300 \div 1/400.$$

Характеристики полиспаста для вычисления коэффициента жесткости подвеса c_k берутся из расчета механизма подъема. Упрощенный вариант оценки динамического коэффициента для кранов мостового типа дан в [4] (с. 144).

Горизонтальные инерционные нагрузки при работе механизмов передвижения и вращения определяются по указаниям ([3], п. 2.2.2.2;

[4], п. 5.4.1; [5], с. 70, 165 и пр.). Рекомендации по определению ветровых нагрузок для кранов, работающих на открытом воздухе, даны в [3] (с. 64-66), [4] (п. 6.5), [5] (с. 52-59).

Следует иметь в виду, что направление ветра при расчетах на прочность по второму расчетному случаю для каждой комбинации нагрузок выбирается таким образом, чтобы ветровая нагрузка суммировалась с горизонтальной инерционной нагрузкой или создавала бы наиболее неблагоприятное нагружение рассчитываемого элемента.

При этом наветренная площадь конструкции по разным комбинациям получается разной в зависимости от выбранного направления ветра.

При расчете кранов мостового типа можно не учитывать динамическую составляющую ветрового давления.

3.2.3. Выбор геометрических параметров статической схемы

На данном этапе устанавливаются конкретные параметры основных элементов конструкции, база мостовых, козловых, консольных, велосипедных кранов, масса противовеса и длина противовесной консоли стреловых кранов, высота и схема закрепления колонны и т. д. Для этого используют условия устойчивости крана, ограничения перекосов, технологичности (см. п. 3.4., [3], гл. 13 и 14). Для ферменных конструкций следует установить конфигурацию и тип решетки. Предварительно определяют высоту фермы, при этом учитывают возможность транспортировки по железной дороге (см. гл. 4., [4], п. 16.4). После определения всех размеров следует начертить в масштабе общий вид металлической конструкции, что позволит проконтролировать принятые решения.

3.2.4. Выбор материала

Марку стали для металлической конструкции следует выбирать из рекомендуемых в зависимости от условий эксплуатации, вида и толщины применяемого проката ([4], п. 12.2 – 12.4). При отсутствии специальных требований предварительно можно выбрать для кранов, работающих в помещении сталь СтЗсп5, а для машин, эксплуатируемых на открытом воздухе – 09Г2С-12.

После компоновки основного сечения по результатам расчетов на прочность, устойчивость и сопротивление усталости, когда становится ясно, какое из условий работоспособности является определяющим, следует проанализировать правильность выбора стали и при необходимости заменить выбранную сталь на более подходящую [4] (п. 12.3). С учетом новых свойств материала следует скорректировать расчет и конструктивное решение.

3.2.5. Компоновка основных сечений

Проектирование сечений следует начинать с основного конструктивного элемента, в кранах мостового типа - с главной балки, в стреловых кранах со стрелы. Главные балки кранов мостового типа, а также стрелы, по которым движется грузовая тележка, обычно выполняются коробчатого сечения или в виде составных двутавров. Ширина пояса и толщина стенок для них задаются из конструктивных соображений ([3], п. 9.1.1, [4], п. 13.4.1).

При назначении высоты балок (h) учитываются два условия. Первое из них - условие жесткости, то есть ограничение прогиба балки от подвижной нагрузки. Предварительно для двухопорных балок рекомендуется принимать $h/L \leq 1/15 \div 1/20$, для консольных – $h/L \leq 1/8 \div 1/10$.

Следует отметить, что выполнение этого условия не заменяет в дальнейшем проверку жесткости балки. Второе условие заключается в обеспечении, по возможности, минимальной массы конструкции.

Для этого вычисляется оптимальная высота балки (h_{os}), то есть такая высота, при которой масса балки с ранее принятой толщиной стенки будет минимальной ([4], с. 312). В этом расчете используется момент сопротивления, требуемый по условию прочности по комбинации нагрузок IIa .

Указанные условия позволяют предварительно назначить высоту балки. При этом отклонение назначенной высоты от оптимальной на $\pm 25\%$ мало отражается на массе балки, поэтому значение высоты можно скорректировать из конструктивных соображений (с учетом ширины листового проката, или для более удобной компоновки механизмов, или просто округлить). Толщина поясов балок определяется из условия прочности по нагрузкам комбинации IIa . Геометрические параметры сечений коротких не основных балок, масса которых составляет малую долю общей массы конструкции (концевые балки, противовесные консоли, рамы тележек и т. д.), можно не оптимизировать и назначать ее из конструктивных соображений, руководствуясь условиями прочности, жесткости, удобством компоновки конструкции и размещения механизмов.

После определения основных размеров сечения его необходимо изобразить в масштабе и выполнить проверку прочности по комбинации IIb ([3], п. 3.3., [4], п. 7.2.). При определении геометрических характеристик сечения (площади, моментов инерции и сопротивления) можно не учитывать ребра жесткости, галереи и прочие вспомогательные элементы. Для прочностного расчета каждого элемента в записке приводится расчетная схема с соответствующими нагрузками и необходимые эпюры моментов и перерезывающих сил или линии влияния.

Вычисление усилий в стержнях простых плоских ферм производится аналитически, для расчета сложных пространственных ферм следует использовать МКЭ.

Перед началом расчета и проектирования необходимо решить, какой тип сечения будут иметь стержни и как они будут соединяться в узлах ([4], п. 14.1). Этот выбор зависит от условий эксплуатации, конфигурации фермы и особенностей производства. Сечения растянутых стержней определяют из расчета на прочность и ограничение гибкости, а для сжатых стержней дополнительно производится расчет на устойчивость ([4], п. 14.3.1). Расчету подлежат наиболее загруженные стержни при тех положениях нагрузки, которые создают в них наибольшие усилия. Ферма должна быть спроектирована так, чтобы в ней использовалось не более 2-3 типоразмеров профилей.

Если по ферме передвигается грузовая тележка, то при проектировании ездового пояса необходимо учесть подвижную нагрузку от ходового колеса, которая вызывает изгиб пояса ([4], п. 14.3.2).

3.2.6. Проверка статической жесткости металлической конструкции

Эта проверка осуществляется по условию $\Delta_z/L \leq [\Delta_z/L]$, которое ограничивает относительное значение прогиба Δ_z , возникающего от действия только переменной нагрузки (веса груза и веса тележки). Определение прогибов балочных и рамных конструкций рассмотрено в ([4], п. 3.2, гл. 8.). Прогибы ферм находятся численными методами с помощью соответствующих программ или по упрощенной методике ([3], с. 313-314). Допустимые значения относительного прогиба даны в [4], с. 403 или в [5], с. 428, 440.

3.2.7. Обеспечение общей устойчивости изгибаемых балок

Данная проблема связана с возможностью потери плоской формы изгиба балками открытого сечения, т. е. двутаврового, швеллерного и т. п. Балки замкнутого сечения (коробчатые, трубчатые) практически не могут потерять общую устойчивость при изгибе, так как имеют очень большую жесткость на кручение, поэтому для них данный расчет не производится. Общая устойчивость в простейших случаях проверяется по методике, изложенной в [3] (п. 4.3.2), в более сложных случаях следует использовать материалы [5] (с. 385-389) или СНиП II-23-81*. Расчет на устойчивость производят по нагрузкам второго расчетного случая.

3.2.8. Обеспечение местной устойчивости элементов балок

Для обеспечения требуемой несущей способности балок и стержней их сжатые листовые элементы (пояса, стенки) при нагружении должны деформироваться, не теряя плоской формы. Искривление или нарушение плоской формы поясов и стенок под действием сжимающих напряжений называется потерей местной устойчивости ([4], п. 9.4). На местную устойчивость проверяют те зоны поясов и стенок, которые в процессе работы крана оказываются загруженными наибольшими по абсолютной величине нормальными сжимающими, касательными или сжимающими и касательными напряжениями.

В тех элементах сечения балки, где в основном действуют нормальные напряжения и можно пренебречь касательными, а также в тех, где в основном действуют касательные напряжения и можно пренебречь нормальными, для предварительной оценки устойчивости пластин можно пользоваться геометрическими условиями [4] (9.32), (9.33), (9.43). Пластины, размеры которых удовлетворяют этим усло-

виям, не могут потерять устойчивость. Если указанные условия не выполняются или в данной пластине действуют существенные нормальные и касательные напряжения, то следует произвести расчет на местную устойчивость.

Расчет на местную устойчивость производят по комбинациям нагрузок IIa и IIb . Структура и методика этого расчета приведена в [4] (п. 13.4.1).

Если условие местной устойчивости для пояса или стенки балки оказывается не выполненным, то на данном элементе размещаются ребра жесткости.

Если причиной потери устойчивости пластины являются нормальные напряжения от продольного сжатия или изгиба, то ставятся продольные ребра (рис. 3.1).

Если главной причиной потери устойчивости стали касательные напряжения, то можно уменьшать расстояния между диафрагмами (или вертикальными ребрами) или также ставить продольные ребра.

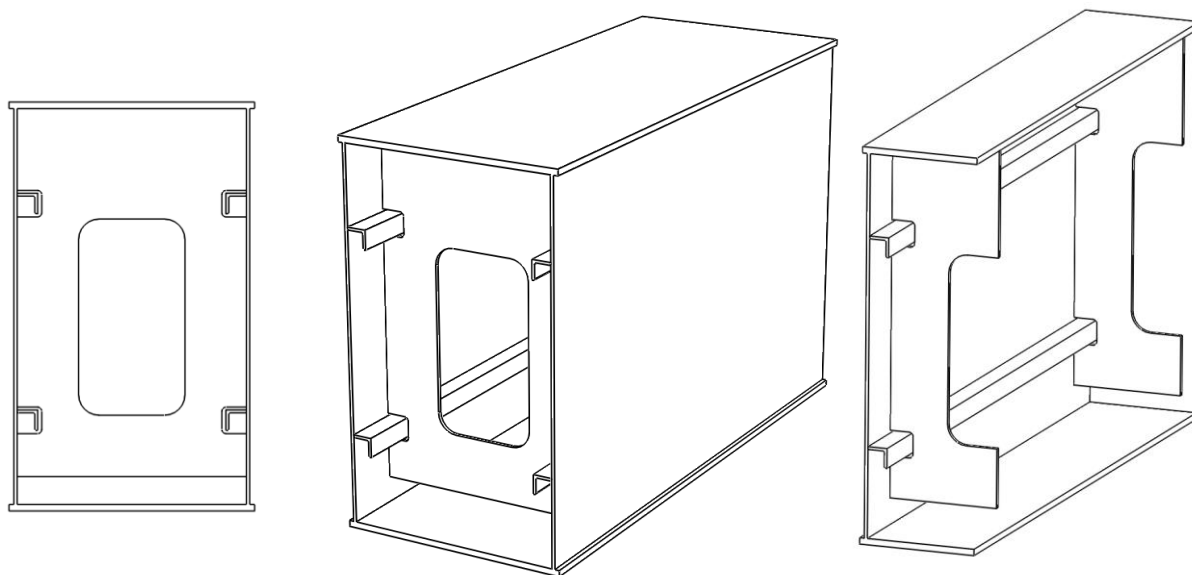


Рис. 3.1. Фрагмент коробчатой балки с ребрами на стенках

Рекомендации по установке ребер, их конфигурации и размерам даны в [4] (п. п. 9.4.1-9.4.4). После предварительного размещения ребер необходимо выполнить проверочный расчет на устойчивость пластины с ребрами, а также каждой панели пластины [4] (п. п. 9.4.2, Б).

3.2.9. Общая компоновка конструкции

Одновременно с выполнением проверочных расчетов на прочность и местную устойчивость производится компоновка конструкции. Она выполняется в масштабе. Сначала вычерчиваются основные несущие конструкции и их сечения, размещаются ребра жесткости и диафрагмы. Потом komponуются отдельные узлы, присоединения главных балок к концевым и к опорам, присоединения стрелы к башне и т. п. При этом следует предусмотреть места для размещения механизмов и кабины, скомпоновать узлы крепления балансиров, опорных роликов, противовеса и пр.

Для обеспечения возможности перевозки конструкции следует разделить ее на транспортные единицы с учетом габаритов перевозки (см. гл. 4.3, [4], п. 16.4; [5], с. 418-420). Количество монтажных стыков должно быть минимальным. Конструктивно они выполняются в виде болтовых или шарнирных соединений.

Для создания конструкции выбираются стандартные виды проката из соответствующих сортаментов: листовой прокат по ГОСТ 19903-74*; широкополосный по ГОСТ 82-70; фасонный прокат: уголки ГОСТ 8509-93, ГОСТ 8510-86*; двутавры ГОСТ 8239-89 и ГОСТ 26020-83; ездовые двутавры М по ГОСТ 19425-74*; швеллеры по ГОСТ 8240-89, ГОСТ 8278-83*, ГОСТ 8282-83*; рельсы железнодорожные и крановые ГОСТ 4121-76* ([4], п. 12.4).

3.2.10. Расчет на сопротивление усталости

Расчет на сопротивление усталости выполняется как проверочный после компоновки основных несущих конструкций, так как для его выполнения необходимо знать все параметры сечения и конструктивные особенности рассчитываемого узла. Этот расчет проводится с целью проверки невозникновения усталостной трещины в конкретном месте конструкции при определенном режиме эксплуатационного нагружения в течение заданного срока службы. Проверка осуществляется по нагрузкам первого расчетного случая для одной-двух наиболее опасных точек конструкции по методике, изложенной в [4] (п. 10.3) или [3] (п. 5.4.2).

Для кранов, эксплуатируемых в режиме 5К-8К, условие сопротивления усталости может оказаться невыполненным, тогда следует предпринимать те или иные конструктивно-технологические мероприятия ([4], п. 10.4).

3.2.11. Расчет ездовых балок и поясов ферм

Ездовыми называют балки или пояса ферм, по которым движется грузовая тележка. Ездовые балки могут быть с катанием по нижнему поясу (краны с подвесными тележками) или по верхнему, на котором размещается рельс, установленный над стенкой или между стенками ([4], рис. 13.18). Каждая из этих конструкций рассчитывается по соответствующей методике ([4], п. 13.5). Ездовые пояса ферм ([4], рис. 14.3) рассчитываются по методике [4] (с. 341-342).

3.2.12. Проектирование узлов ферм

Соединение стержней в узлах ферм выполняется сварными швами с помощью косынок или непосредственно ([4], п. 14.3.2, рис. 14.4). Если для стержней ферм использованы уголки и швеллеры, то в узлах лучше всего соединять их с помощью косынок, обеспечивая по возможности сходимость осей всех стержней в одной точке. Для определения размеров косынки необходимо вычислить требуемую длину сварных швов, присоединяющих отдельные стержни ([4], п. 15.1.2; [5], с. 352). При этом каждое сварное соединение рассчитывается на усилие, действующее в присоединяемом стержне. Шов, присоединяющий пояс к косынке, рассчитывается на разность усилий в нем $\Delta S = |S_1 - S_2|$ ([4], рис. 14.4, а). С целью унификации расчет и проектирование выполняется для узла с наиболее нагруженными стержнями, и конструктивное решение распространяется на все остальные узлы. Компонуя узел, следует иметь в виду, что швы не рекомендуется располагать на расстоянии менее 50 мм друг от друга ([4], рис. 7.3, г). Отступления от этого правила возможны в слабонагруженных фермах, работающих в условиях положительных температур.

В случае применения в ферме стержней из круглых или прямоугольных труб их можно соединять в узлах без косынки стыковыми и угловыми швами ([4], п. 14.3.2).

3.2.13. Проектирование шарнирных соединений

Шарнирные узлы в металлических конструкциях используются для соединения элементов конструкции, которые должны иметь возможность поворачиваться друг относительно друга. Конструкции и расчет шарнирных соединений рассмотрены в [4] (п. 15.3).

Допускаемое давление в шарнирах, работающих при весьма малых перемещениях и выполненных без подшипников, определяется условием отсутствия заедания или схватывания между осью и втулкой.

Для закрепления в конструкции оси шарнира необходимо обеспечить ее опирание на два несущих листа, имеющих соосные отверстия (рис. 3.2).

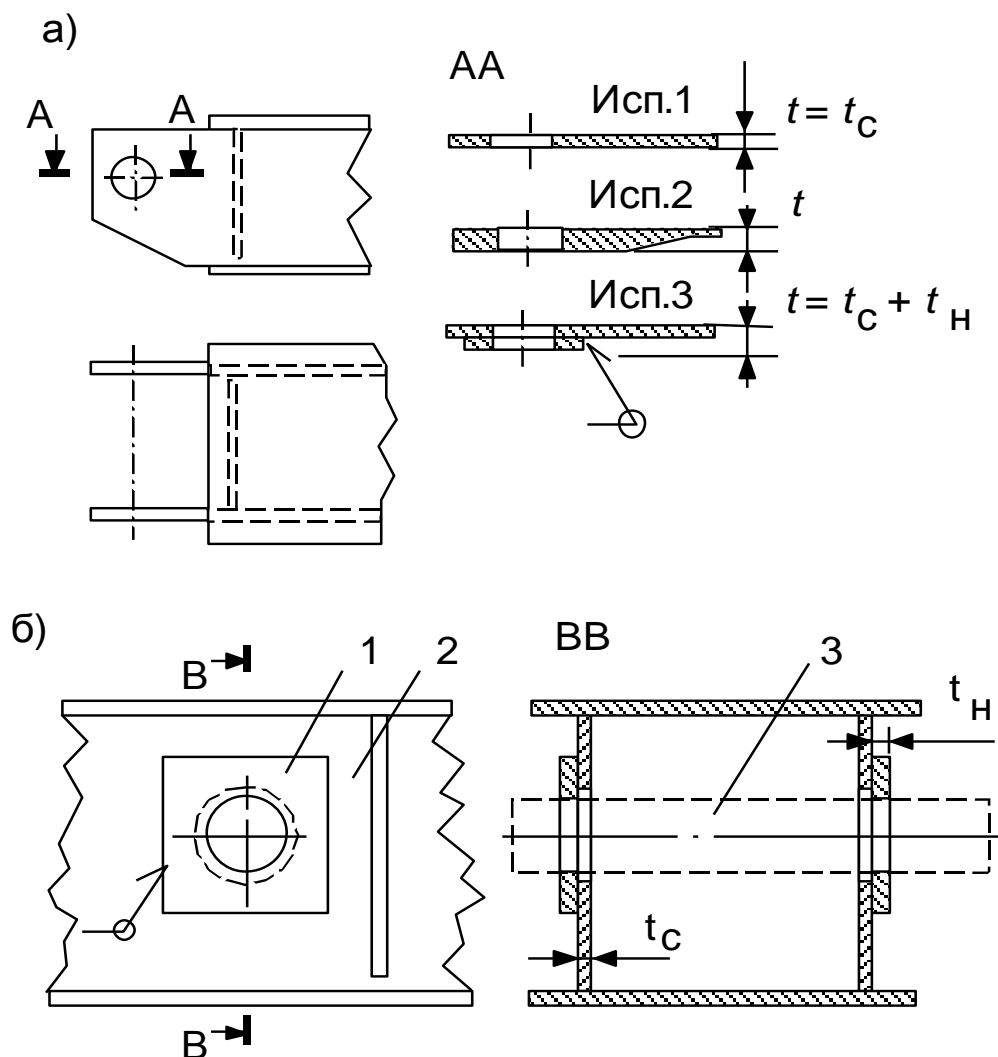


Рис. 3.2. Схемы закрепления осей в листовой конструкции

Диаметр оси обычно выбирается из условия ее прочности на изгиб, а толщина опорных поверхностей листов - из условия смятия ([4], п. 15.3.; [5], с. 359). Существует два технологических варианта обеспечения соосности отверстий в листах. В конструкциях сравнительно

небольших размеров отверстия могут быть расточены в стенке после сварки. В этом случае толщина опорной кромки (t), используемая в расчетах на смятие, равна толщине стенки (исполнение 1 или 2), или, если ее не хватает, суммарной толщине стенки и приваренных накладок (рис. 3.2, а, исполнение 3). Если этот вариант невозможен по технологическим причинам, то в стенке вырезают отверстие диаметром больше, чем требуется для оси, изготавливают накладки 1 с расточенными посадочными отверстиями, выставляют их на стенках 2, обеспечивая соосность с помощью фальш-вала 3, и приваривают (рис. 3.2, б). При этом расчетная толщина опорной кромки $t = t_n$.

Накладки могут располагаться с одной или с двух сторон стенки, если есть доступ для сварки внутри конструкции. Размеры накладок должны быть достаточно велики, во-первых, чтобы сварочные деформации при наложении шва по замкнутому контуру не искажали обработанное посадочное отверстие, и во-вторых, чтобы длина шва удовлетворяла условию прочности. По этому условию проводится проверка шва на срез по нагрузкам II расчетного случая.

Для шарнирного соединения конструкции с балансиром или опорой козлового крана можно использовать опорный шарнир по схеме [4] (рис. 15.15.).

3.2.14. Проектирование болтовых соединений

{ТС "3.14. Размещение и проектирование монтажных стыков" \I}

Для жесткого соединения элементов конструкции используют болтовые соединения, фланцевые или на накладках. По возможности, их размещают в тех сечениях, где действуют сравнительно небольшие изгибающие моменты.

В зависимости от конфигурации конструкции и наличия свободного места используются фланцевые болтовые соединения или соединения на накладках (рис. 3.3).

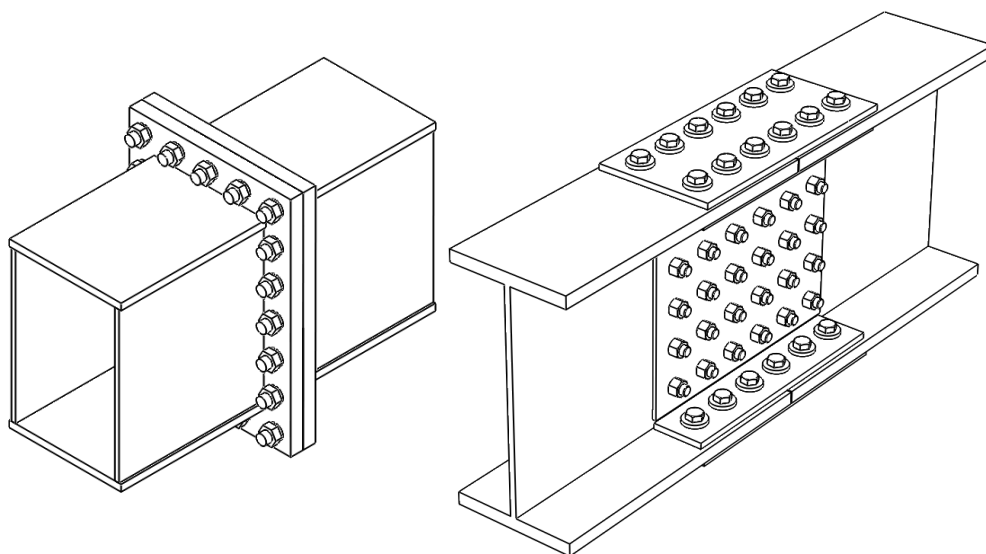


Рис. 3.3. Схемы болтовых соединений

Болтовые соединения на накладках обычно изготавливаются с применением высокопрочных болтов. Методика проектирования этих соединений дана в [4] (п. 15.2.3), [5] (с. 364-365). Методика проектирования фланцевых соединений приведена в [4] (п. 15.2.2).

3.2.15. Устройство галерей, площадок, лестниц и кабин

Для использования крана по назначению и его технического обслуживания необходимо оборудовать рабочее место машиниста и обеспечить доступ обслуживающего персонала ко всем основным узлам и механизмам. Управление краном может осуществляться из кабины, с пола с помощью подвесного пульта или с использованием пульта радиоуправления. В первом случае необходимо решить вопрос размещения кабины таким образом, чтобы оператор имел хороший обзор и находился в безопасности. Кабина может быть закреплена на металлической конструкции или двигаться вместе с грузовой тележкой.

Внутреннее пространство кабины должно иметь высоту не менее 2000 мм, ширину не менее 900 мм, длину не менее 1300 мм и объ-

ем не менее 3 м³. Кабины кранов, работающих на открытом воздухе, должны быть закрыты со всех сторон и утеплены, при необходимости кабина может быть снабжена тамбуром или площадкой (рис. 3.4).

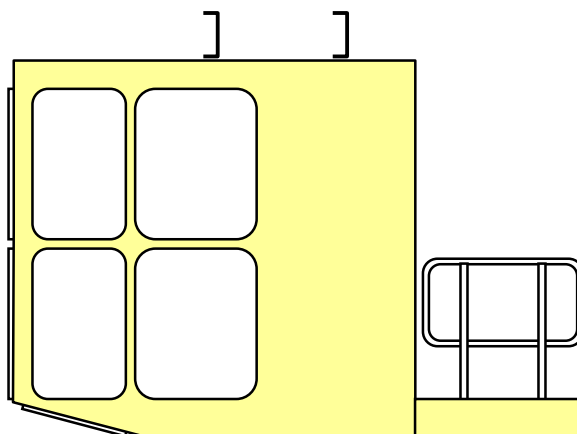


Рис. 3.4. Схема крановой кабины

Кабина обычно крепится болтами к кронштейнам, приваренным к конструкции.

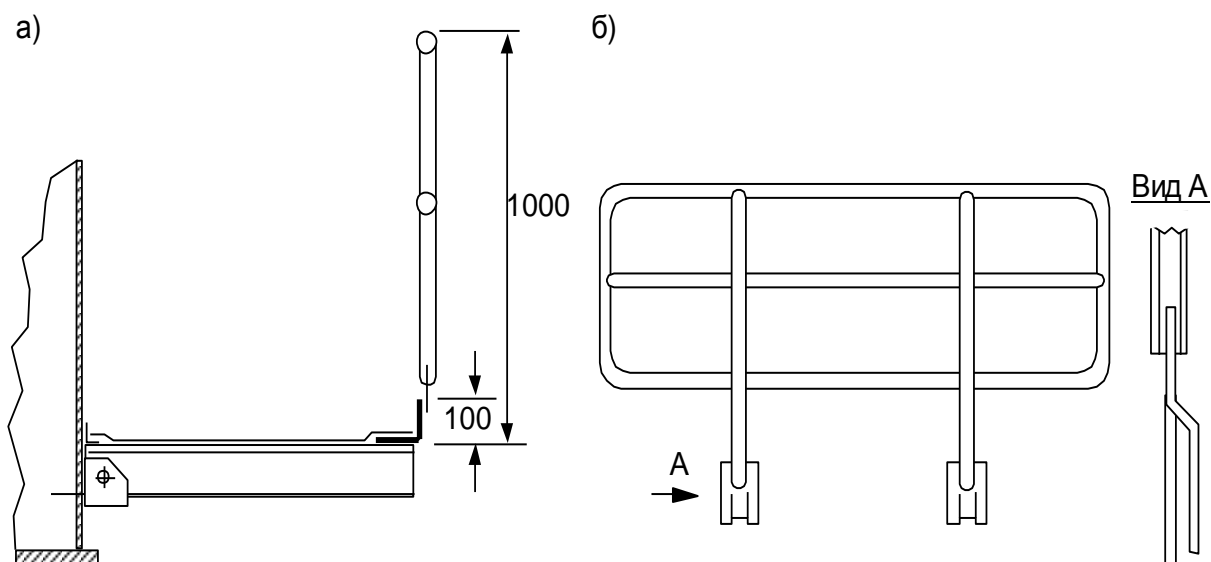


Рис. 3.5. Схема установки галерей и ограждений
{ТС "3.15. Устройство галерей, площадок, лестниц и кабин" \1}

Доступность для обслуживания элементов крана обеспечивают галереи, площадки и лестницы. Все галереи, площадки и наклонные лестницы должны быть ограждены перилами высотой 1000 мм (рис. 3.5). Ширина лестниц должна быть не менее 500 мм. Все площадки и лестницы крепятся на кронштейнах, которые привариваются к основной металлоконструкции. Кронштейны должны устанавливаться на стенках напротив ребер жесткости или диафрагм. Перила целесообразно изготавливать унифицированными секциями из гнутых труб и приваривать к борту площадки при монтаже крана (рис. 3.5, б).

3.3. Технические требования к металлическим конструкциям кранов

Одним из важнейших свойств конструкции является технологичность, то есть приспособленность к качественному изготовлению в условиях определенного производства при минимальных затратах. Пути достижения технологичности металлической конструкции рассмотрены в [4] (п. 16.1). Основными технологическими процессами изготовления конструкций являются сварка и механическая обработка. Причем механическая обработка существенно повышает стоимость изготовления, поэтому при проектировании конструкции и механизмов следует стремиться к минимизации ее объема.

Для сварки прямых, длинных, непрерывных швов в нижнем положении следует использовать автоматическую сварку под флюсом по ГОСТ 8713-79, ГОСТ 11533-75. Короткие швы любой конфигурации следует изготавливать ручной сваркой (ГОСТ 5264-80) или полуавтоматической сваркой в среде углекислого газа (ГОСТ 14771-76). Обозначения швов выполняются по ГОСТ 2.312-72. На чертежах од-

нотипные швы обозначаются одним номером, который полностью расшифровывается на одной из выносок или в специальной таблице в технических условиях.

Технические условия на изготовление конструкции приводятся на листе над штампом. Там указываются сварочные материалы, которые выбираются в зависимости от материала конструкции, способа сварки и степени ответственности соединений. Так для ручной сварки конструкций из малоуглеродистых сталей используют электроды типа Э42, Э46, из низколегированных сталей - электроды типа Э46А, а для ответственных конструкций Э50А. Для полуавтоматической сварки в среде CO₂ используют проволоку диаметром 1.2-2.0 мм марок Св-08ГС, Св-08Г2С или Св-12ГС, последнюю - для конструкций из сталей 10ХСНД, 15ХСНД. Для сварки автоматом под слоем флюса применяют проволоку диаметром 3-6 мм, марки которой выбираются в зависимости от материала конструкций. Так изделия из малоуглеродистых сталей варят проволокой Св-08, Св-08А, Св-08ГА, а из НЛ сталей - Св-08ГА, Св-10ГА, Св-10Г2 ([5], с. 189-194).

Далее в технических условиях указываются требования по механической обработке сопрягаемых поверхностей, которая производится после сварки конструкции. Требования к обеспечению точности их относительного расположения при сборке (соосности, перпендикулярности, параллельности и т. д.). Требования по совместной обработке отверстий, например, в болтовых соединениях с накладками, или по применению кондукторов. Приводятся указания по методам контроля качества наиболее ответственных швов и геометрических параметров конструкции в сборе.

3.4. Особенности проектирования металлических конструкций кранов различных типов

3.4.1. Краны мостового типа

{ТС "6.1. Мостовые краны"\1} Методический и справочный материал по проектированию металлических конструкций мостовых и козловых кранов представлен в книгах [3], гл. 13; [4], гл. 17.1.; [5], с. 425-450). Если руководителем не указано иное, то расчет по нагрузкам III расчетного случая можно не производить. Пример таблицы нагрузок для расчета козлового крана в системе расчетов по предельным состояниям показан в табл. 3.1.

Т а б л и ц а 3.1.

Нагрузки для расчета металлической конструкции козлового крана в СРПС

Нагрузка	Расчетные случаи						
	I				II		
	Комбинации нагрузок						
	Imin	Ia	Ib	Ic	IIa	IIb	IIc
Вес эле- ментов крана	G_i	G_i	$k_{T1} G_i$	G_i	$\gamma_G G_i$	$\gamma_G k_{T2} G_i$	$\gamma_G G_i$
Вес те- лежки	G_T	G_T	$k_{T1} G_T$	$k'_{T1} G_T$	$\gamma_G G_T$	$\gamma_G k_{T2} G_T$	$\gamma_G k'_{T2} G_T$
Вес груза	—	$\psi_1 G_Q$	$k_{T1} G_Q$	$k'_{T1} G_Q$	$\gamma_Q \psi_2 G_Q$	$\gamma_Q k_{T2} G_Q$	$\gamma_Q k'_{T2} G_Q$
Силы инерции	—	F_{Qx1}	F_{y1}	F_{x1}	$\gamma_Q F_{Qx2}$	$\gamma_F F_{y2}$	$\gamma_F F_{x2}$
Перекос	—	—	Δ_{b1}	Δ_{c1}	—	$\gamma_T \Delta_{b2}$	$\gamma_T \Delta_{c2}$
Ветровая нагрузка	—	—	—	—	P_{wa}	P_{wb}	P_{wc}

Примечания: G_i , G_T - веса, соответствующих элементов; G_Q - вес груза массой, равной номинальной грузоподъемности; $\gamma_G, \gamma_Q, \gamma_F, \gamma_T, \gamma_w$ - коэффициенты надежности для соответствующих нагрузок; k_T и k'_T - коэф-

фициенты толчков при движении, соответственно, крана и тележки; ψ – динамический коэффициент; F_x и F_y – горизонтальные силы инерции, соответственно, от движения тележки и крана. Во всех условных обозначениях индексы 1, 2 или 3 означают, что соответствующая величина вычисляется по данным I или II расчетного случая.

Весовые характеристики элементов кранов данного типа можно принимать по указаниям табл. 2.2. и рекомендациям ([1], с. 522-525; [5], с. 430, 443, 448; [6], гл. 2-5). Если тип сечения главных балок не определен в задании, можно использовать варианты, приведенные в [4] (п. 17.1.1). При проектировании кранов особое внимание следует обращать на узел соединения главной и концевой балки мостового крана или главной балки и опор козлового крана. Эти узлы должны гарантировать прочность и точность расположения элементов конструкции ([4], с. 393). Для обеспечения возможности перевозки по железной дороге мост крана должен иметь болтовые соединения на концевых балках или в месте стыковки главных и концевых балок. Опоры козлового крана также должны иметь монтажные разъемы.

База козлового крана назначается из условий ограничения перекоса по рекомендациям ([4], с. 372) и проверяется по условию устойчивости по нагрузкам комбинации IIb ([5], с. 191-192). В справочнике [5] с. 191, второй абзац сверху, допущена опечатка в формуле, следует читать

$$M_o = M_b + M_r \leq M_y / 1,25.$$

В кранах с консолями конструкция опор должна обеспечивать беспрепятственный проход груза на консоли. Металлическая конструкция козлового крана на четырех стойках является статически неопределимой пространственной конструкцией, поэтому ее расчет следует проводить МКЭ. Для предварительного расчета опор на прочность можно использовать упрощенную схему на рис. 3.6, *а*, в которой опорные реакции R_A и R_B вычисляются по схеме «б». Сила от перекоса $T \approx (0,10 \div 0,15)R_B$, а горизонтальные реакции $F = TL/B$

(B – база крана). Максимальные напряжения в стойке вычисляются по консольной схеме на рис. 3.6, в. Этот расчет можно выполнить по комбинациям Πa , Πb и Πc .

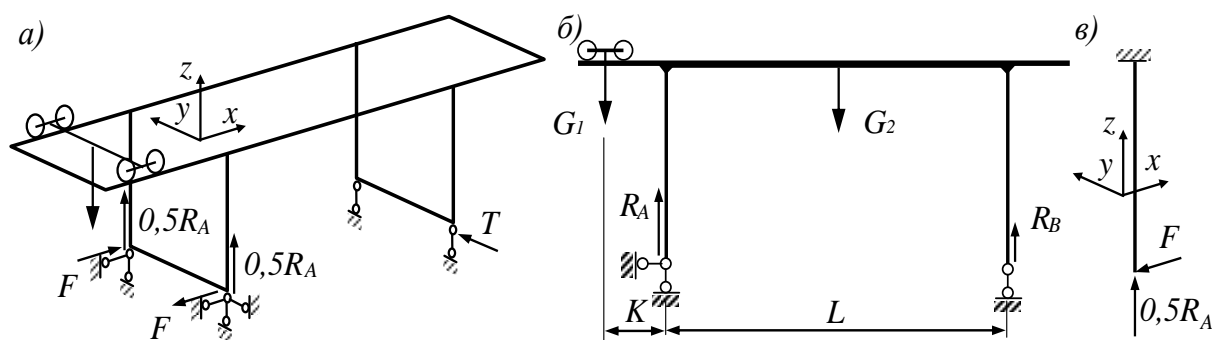


Рис. 3.6. Расчетная схема опоры козлового крана

Если пролет крана превышает 20 м, то пролетное строение должно иметь строительный подъем, то есть небольшой выгиб главной балки (или фермы) вверх с целью компенсации прогиба от собственного веса конструкции и частично веса груза ([3], гл. 13.3.3.). В балках строительный подъем получают путем специального раскроя листов, образующих стенки ([3], рис. 13.3.5). В фермах строительный подъем обеспечивается за счет того, что пояса изгибаются и расстояния между узлами на нижнем поясе делаются меньше, чем на верхнем. Конкретные размеры конструктивных элементов, скосы листов в балках, длины панелей и раскосов в фермах вычисляются из геометрических построений. Схема устройства строительного подъема приводится на листе, где изображена главная балка.

Консольный кран. Таблица нагрузок для этого крана в основном та же, что и для мостового. Вес тележки определяется также, как для мостового крана. Вес крана находится по указаниям табл. 2.2. За неимением более точных данных распределение весов по элементам крана приходится делать приблизительно.

3.4.2. Стреловые краны

Велосипедный кран. Таблица нагрузок для велосипедного крана (табл. 3.2) включает три комбинации нагрузок.

Т а б л и ц а 3.2

Таблица нагрузок для расчета металлической конструкции велосипедного крана (СРДН)

Нагрузки	I расчетный случай			II расчетный случай		
	Комбинации нагрузок					
	Ia	Iв	Iс	IIa	IIв	IIс
Вес поворотной части	$G_{пч}$	$k_{т1} G_{пч}$	$G_{пч}$	$G_{пч}$	$k_{т2} G_{пч}$	$G_{пч}$
Вес неповоротной части	$G_{нп}$	$k_{т1} G_{нп}$	$G_{нп}$	$G_{нп}$	$k_{т2} G_{нп}$	$G_{нп}$
Вес груза	$\psi_1 G_Q$	$k_{т1} G_Q$	G_Q	$\psi_2 G_Q$	$k_{т2} G_Q$	G_Q
Силы инерции касательные	-	$P_{ип}$	$P_{ив}$	-	$2P_{ип}$	$2P_{ив}$
Силы инерции центробежные	-	-	$F_{ив}$	-	-	$F_{ив}$
Отклонение каната	-	-	-	$\alpha_{кп}$	-	-
Ветровая нагрузка	-	-	-	$P_в$	$P_в$	$P_в$

Комбинация «a» соответствует отрыву груза от основания или торможению его на спуск, «b» - разгону (торможению) механизма передвижения крана, а комбинации «с» - разгону (торможению) механизма поворота. Весовые параметры крана находятся по табл. 2.2. Распределение суммарного веса крана по элементам делается приближенно. Значения коэффициентов толчков и инерционных сил определяются по рекомендациям ([3], п. п. 2.2.2.2., 2.2.2.3., [5], с. 69-70). Угол отклонения каната характеризует ситуацию при косом подъеме и берется равным 6° .

Для расчета любого элемента конструкции на прочность следует выбрать такую комбинацию нагрузок, расположение стрелы относительно кранового пути и направление ветра (если кран работает на открытом воздухе), при которых в рассчитываемом сечении возникают наибольшие изгибающие моменты. Так, проектировочный расчет стрелы следует делать по комбинации IIa и ее положение в данном случае значения не имеет. Проверочный расчет стрелы делается по комбинации IIb при положении стрелы поперек пути или по комбинации IIc , в зависимости от того какая сила больше $P_{ип}$ или $P_{ив}$ (см. табл. 3.2). Расчет колонны следует выполнять по комбинации IIa при положении стрелы вдоль пути, так как в этом случае исключается из работы верхние ролики. Расчеты нижней ходовой балки проводят по комбинации IIa при положении стрелы как вдоль, так и поперек пути.

При проектировании противовеса необходимо определить его объем. Противовесы изготавливают из бетона (плотность 2200-2500 кг/м³), или чугуна (плотность 7000 кг/м³). Бетон дешевле, но противовес получается более громоздкий. Для удобства монтажа противовесы собирают из отдельных блоков. Крепление противовеса должно обеспечивать восприятие весовых и горизонтальных инерционных нагрузок.

Кран на колонне с тележкой. При разработке поворотной части крана следует учитывать размещение механизма вращения. Если он установлен сверху, на поворотной части, то необходимо обеспечить размещение зубчатого колеса на колонне между стенками башни и взаимодействие этого колеса с шестерней механизма. При размещении механизма вращения внизу, на неподвижном фундаменте, следует обратить внимание на компоновку нижней опоры крана, где закрепляются ролики и зубчатое колесо. Этот узел должен быть достаточно жестким и приспособленным для монтажа и контроля. Для регулировки зазоров ролики устанавливаются на эксцентричных осях.

При проектировании узла установки противовеса следует руководствоваться рекомендациями из раздела «велосипедный кран». Таблицу нагрузок для крана на колонне можно строить по образцу табл. 3.2, исключив из нее комбинацию "b". Рекомендации по расчету фундаментной плиты можно найти в ([6], с. 464-466). Остальные рекомендации даны в разделе «велосипедный кран».

Настенный поворотный кран. Вес крана этого типа находится по указаниям табл. 2.2.

Таблица нагрузок для кранов данного типа соответствует структуре табл. 3.2, из которой следует исключить комбинацию "b". При этом комбинация "c" соответствует разгону/торможению механизма вращения.

4. ТЕХНОЛОГИЯ СБОРКИ И ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ МАШИН

4.1. Общие положения

Технологическая часть проекта может представлять собой разработку технологии сборки одного из узлов крана или технологию транспортировки машины в целом или ее наиболее крупных элементов.

Приспособленность к сборке и разборке является одним из показателей технологичности машины. Это свойство в значительной степени характеризует качество проектирования и должно обеспечиваться при выборе соответствующих конструктивных решений. Транспортабельность также весьма важна для грузоподъемных машин, которые часто имеют значительные размеры и массы. В связи с этим конструктор должен предусмотреть возможность разделения машины на элементы, которые можно было бы транспортировать с помощью железнодорожного или автомобильного транспорта.

Тема и объем технологической части указываются руководителем в задании на проект.

4.2. Технология сборочных работ

Если в задании на проект указана разработка технологии сборки узла, то руководитель или консультант по технологической части должны указать объект для разработки. Объектом разработки могут являться механизмы подъема, передвижения крана или тележки, поворота, изменения вылета, а также отдельные узлы, которые были сконструированы в проекте, например, тележка крана с канатной тягой.

Технология сборки приводится в пояснительной записке и включает в себя следующие части: 1) подготовка исходных данных; 2) описание технологии сборки; 3) разработка технологической схемы сборки; 4) контроль качества выполнения сборочных работ. Независимо от порядка выполнения работ по данному разделу в пояснительной записке данные части желательно приводить в указанном порядке.

4.2.1. Подготовка исходных данных

Исходными данными для разработки технологии сборки являются чертежи механизма или узла проектируемой машины, а также характеристика производства, на котором планируется изготовление машины. Тип производства (индивидуальное, мелкосерийное или массовое) и тип сборочного процесса (поточный, не поточный), а также метод выполнения сборочных работ и их последовательность определяются студентом самостоятельно или совместно с консультантом и отражаются в пояснительной записке.

Перед началом разработки технологии сборки заданный механизм или узел разбивается на составляющие элементы. Разбиение осуществляется путем построения структурной схемы изделия (рис. 4.1) с учетом особенностей условий производства (тип производства, тип сборочного процесса). Сам механизм или узел, входящий непосредственно в изделие, называется группой, как например, «тележка» по отношению к «крану мостовому» (рис. 4.1).

Узел, входящий непосредственно в группу, – подгруппой 1-го порядка, например, «механизм подъема»; узел, входящий непосредственно в подгруппу 1-го порядка, – подгруппой 2-го порядка, например, «тормоз», и т. д. Каждая подгруппа может состоять либо из отдельных деталей, либо из подгрупп низших порядков и деталей. Под-

группа последнего порядка для данного изделия будет состоять только из отдельных деталей.

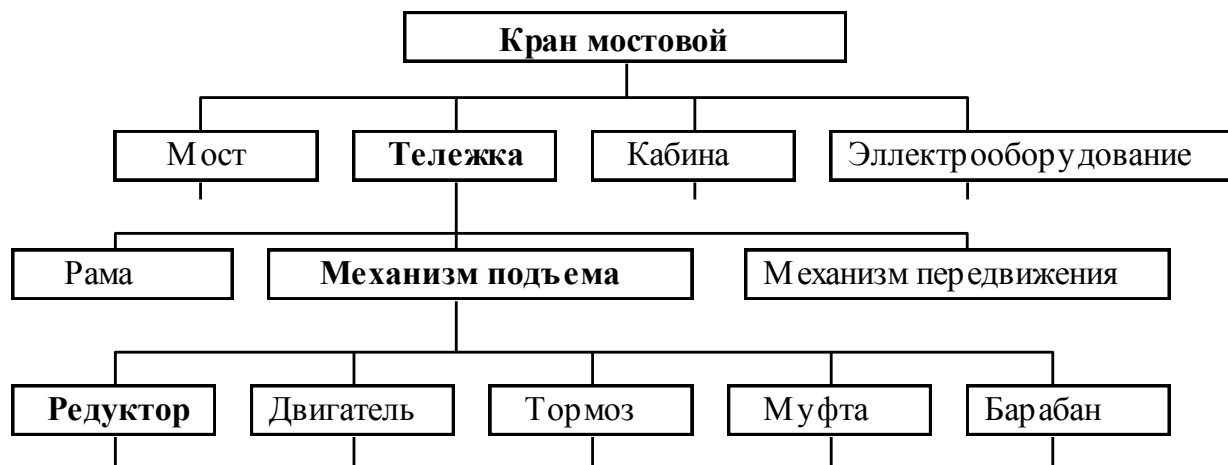


Рис. 4.1. Структурная схема изделия

При создании конструкторской документации каждая подгруппа рассматривается как сборочная единица и на неё разрабатывается своя спецификация. При выполнении курсового проекта необходимо составить спецификацию на тот узел, который подвергается технологической проработке. Она выполняется по общим правилам ЕСКД [10] и включается в пояснительную записку в качестве приложения.

При разбиении узла на подгруппы и детали производится индексация элементов, то есть присвоение им номеров в соответствии с конструкторской документацией – спецификацией. При этом узлы обозначают буквами «сб» (сборочная единица) с присвоением каждому узлу номера базового элемента (базовой детали), входящего в него (см. п. 4.2.2). Номер проставляется перед буквенным обозначением «сб». Например, группа с базовой деталью № 3 обозначается «3сб».

4.2.2. Построение технологических схем сборки

На основании структурной схемы изделия строятся технологические схемы последовательности сборочных процессов. Первым звеном схемы является *базовый элемент*, выбор которого зависит от конструкции узла, особенностей производства, массы собираемых элементов и т. д.

Базовым элементом называется деталь или сборочная единица, с которой начинается сборка изделия или узла. *Базовой подгруппой* любого порядка называют основную подгруппу, с которой начинается сборка подгруппы высшего порядка. *Базовой группой* называют основную группу, с которой начинается сборка изделия. Например, на структурной схеме тележки мостового крана (рис. 4.1) базовой подгруппой является «рама тележки». На ней устанавливаются все механизмы и иные элементы.

При составлении технологических схем сборки на листе бумаги наносится вертикальная линия, символизирующая основное направление процесса сборки (сверху вниз). Сверху к этой линии примыкает своей большей стороной прямоугольник, обозначающий базовую деталь или базовую подгруппу. Внизу линия заканчивается также прямоугольником, обозначающим собранное изделие.

Слева и справа от линии по направлению хода сборки в прямоугольных рамках указываются все детали и сборочные единицы, входящие непосредственно в собираемое изделие, за исключением базовой для данного изделия. Каждый прямоугольник (за исключением последнего, обозначающего собранное изделие) делится на три части (рис. 4.2). В верхней бóльшей части указывается наименование детали, в нижней левой – номер в соответствии с разбиением изделия, в правой – количество деталей. Для исключения излишней громоздкости технологических схем сложных изделий составляют укрупненные схемы, включающие группы и подгруппы высшего порядка. Затем

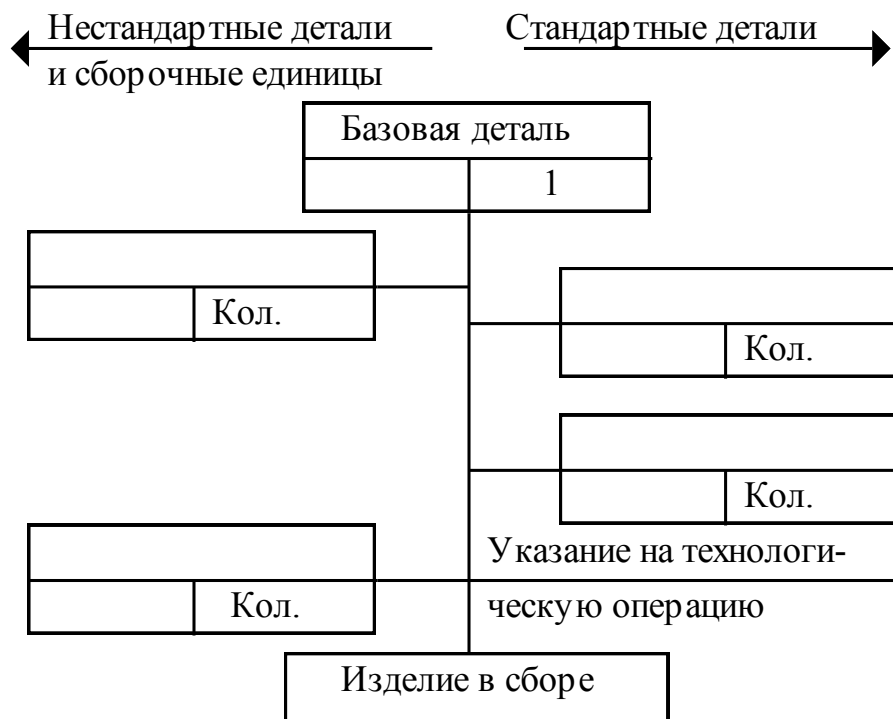


Рис. 4.2. Общий вид технологической схемы сборки

Пример оформления технологической схемы сборки грузовой тележки представлен на рис. 4.3. На технологической схеме наносятся технологические операции, отражающие специфику данного технологического процесса сборки (см. п. 4.2.3).

4.2.3. Описание технологии

На данном этапе работы выполняется описание технологии сборочных работ в последовательности, соответствующей технологической схеме, и с указанием присвоенных в процессе расчленения номеров деталей и узлов. При этом обязательно даются указания на имеющиеся особенности технологического процесса при сборке от-

дельных деталей и узлов. Например, для обеспечения некоторых посадок в соответствии с конструкторской документацией указывается технологическая операция сборки «напрессовать», для создания неразъемного сварного соединения – «приварить» и т. п.



Рис. 4.3. Технологическая схема сборки тележки

Информация о таких операциях может быть получена студентом из справочной литературы ([2], гл. 3). Например, при сборке грузовых барабанов положение фланцев по шагу болтов определяется по сделанной при обработке маркировке, а при сборке их снова маркируют. В этом случае необходимо указать о выполнении операции «совместно маркировать».

4.2.4. Контроль качества выполнения сборочных работ

Сборка любого изделия должна выполняться таким образом, чтобы изделие соответствовало требованиям конструкторской документации и технических условий. С целью проверки качества сборки на последнем этапе технологической проработки изделия устанавли-

ваются параметры изделия, которые необходимо проконтролировать, и методы контроля. При необходимости должны быть представлены схема, приборы и приспособления для контроля в соответствии с рекомендациями ([2], гл. 3) или авторские.

При контроле качества выполнения сборочных работ в первую очередь визуально проверяется наличие всех деталей в соответствии с чертежами, правильность их установки (место, ориентация и т. д.). Затем контролируются размеры, обеспечиваемые при сборке. Далее проверяется выполнение специальных технических требований.

Примеры контроля качества сборки типовых узлов подъемно-транспортных машин приведены в литературе ([2], гл. 3). Последним этапом контроля является проверка общей работоспособности изделия – возможность вращения, поступательного движения, уровень шума и т. д.

4.3. Технология транспортирования

Транспортирование крана на место монтажа или эксплуатации может осуществляться различными видами транспорта и различными транспортными средствами. Вид транспорта указывается в задании или устанавливается консультантом. Грузоподъемные краны и их части обычно имеют значительные габаритные размеры и массы. Вместе с тем перемещаться они, как правило, должны как общепромышленные грузы. Поэтому при проектировании кран и его части необходимо рассматривать исходя из соответствия их по массе и габаритам возможностям транспортных средств. С этой целью крупногабаритные части кранов разбивают, вводя фланцевые и другие соединения, на узлы, пригодные для размещения на транспортных средствах. Это, например, полумосты мостовых кранов (главные балки с прикрепленными к ним частями концевых балок и галереями), опорные стойки козловых кранов, стрелы и секции башен башенных кранов, грузовые

тележки и пр. Электрооборудование и его комплектующие, кабели, эксплуатационная документация, как правило, укладываются в отдельную деревянную тару. Каждая часть груза при транспортировании представляет собой *грузовое место* и соответствующим образом обозначается.

Кроме того, конструкция проектируемых грузоподъемных кранов должна предусматривать наличие специальных элементов (скобы, проушины, петли, отверстия и т. п.) для осуществления строповки и крепления кранов и их частей на транспортном средстве.

Строповка – это операция обвязки и зацепки грузов для их временного соединения посредством стропов с грузозахватным органом грузоподъемной машины.

Последовательность выполнения проекта транспортирования грузоподъемного крана на железнодорожном транспорте приведена в [10].

4.3.1. Выбор вида транспорта и транспортного средства

Транспортирование машиностроительной продукции, в том числе грузоподъемных кранов, осуществляются различными видами магистрального транспорта. Для нашей страны доминирующим видом является железнодорожный транспорт, поскольку он выполняет примерно две трети общего объема грузооборота и почти половину пассажирских перевозок.

В качестве транспортных средств по указанию консультанта или руководителя выбирают большегрузные автомобили или железнодорожные платформы (рис. 4.4).

В связи со значительными габаритами кранов часто используют несколько транспортных средств в виде сцепы двух или более железнодорожных платформ или автопоезда.

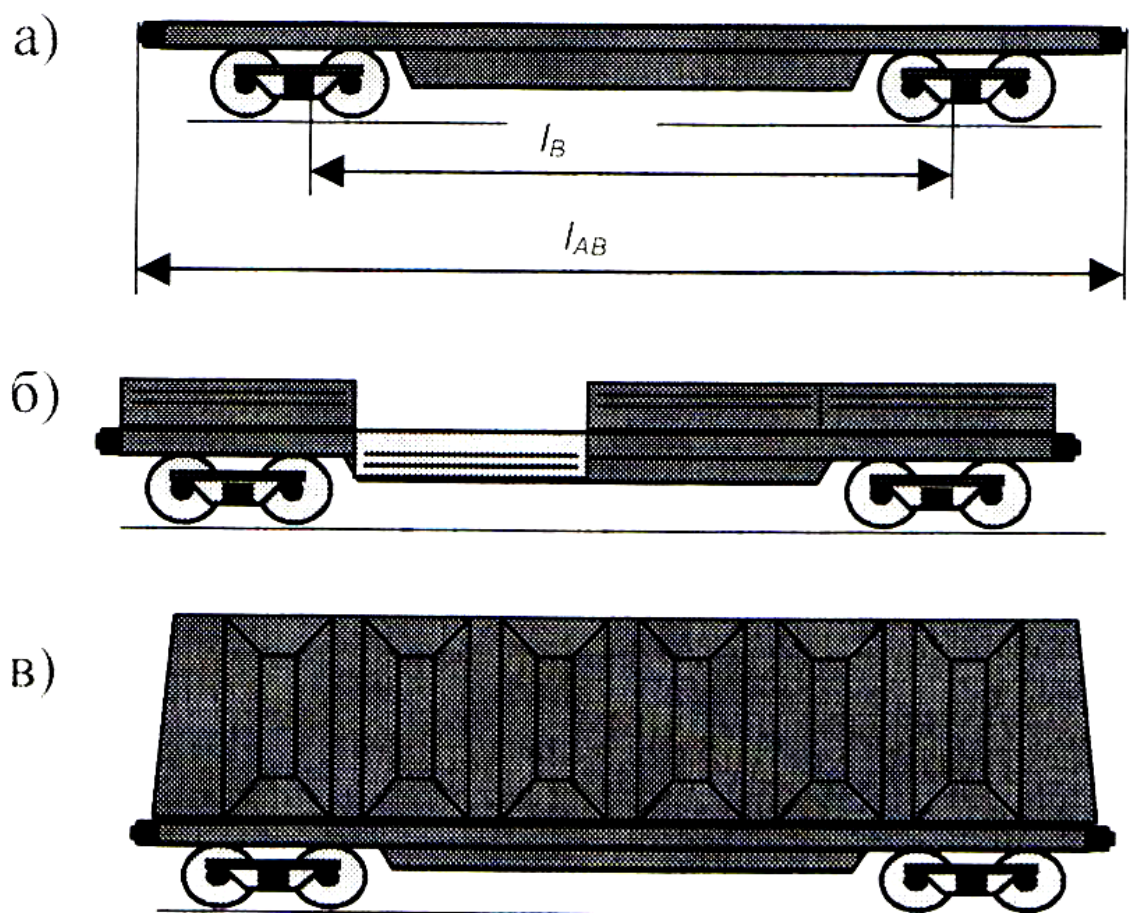


Рис. 4.4. Железнодорожные транспортные средства:
а – платформа без бортов; б – платформа с откидывающимися
бортами; в – полувагон

Для доставки габаритных грузов могут использоваться полувагоны (рис. 4.4). Основные характеристики железнодорожных платформ и полувагонов приведены в табл. 4.1 и 4.2.

Платформы могут иметь или не иметь откидываемые борта. По периметру рамы платформ располагаются скобы или другие устройства для присоединения элементов обвязки и крепления грузов.

4.3.2. Размещение транспортных частей на транспортном средстве

При проектировании размещения частей грузоподъемного крана на транспортном средстве необходимо выполнять требования технических условий их погрузки и крепления. Применительно к транспортированию на подвижном составе железной дороги они приведены в [11]. Скорость транспортирования при этом не превышает 100 км/час.

Количество используемых транспортных средств должно быть минимальным. Центр тяжести груза должен находиться в центральной зоне платформы (кузова) транспортного средства, что обеспечивает равную нагрузку на колеса и устойчивость транспортного средства с грузом.

Т а б л и ц а 4.1

Характеристики железнодорожных платформ

Параметры		Тип платформы				
		четырёхосная				шестиосная
Грузоподъемность, т		50	62	63	66	92
Масса платформы, т		18,4	22,0	20,8	21,0	40,0
Ширина пола, м		2,78	2,77	2,77	2,77	2,77
Площадь пола, м ²		35,9	35,7	36,8	36,8	74,0
Длина платформы, вагона, м	по осям автосцепок	14,24	14,19	14,62	14,62	25,22
	по концевым балкам рамы	12,91	12,87	13,40	13,40	24,00
База, м	платформы	9,30	9,29	9,72	9,72	17,20
	тележки	1,80	1,85	1,85	1,85	3,00
Высота бортов, м	продольного	0,46	0,46	0,50	0,50	0,50
	торцевого	0,31	0,31	0,40	0,40	0,40
Высота центра тяжести порожней платформы, м		0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Высота над уровнем головки рельса, м		1,27	1,27	1,30	1,30	1,36

Т а б л и ц а 4.2

Характеристики железнодорожных полувагонов

Параметры полу- вагона		Тип полувагона				
		четырехосные			шестиосные	четырехосные
Грузоподъемность, т		60	62	63	94	125
Масса тары вагона, т		22,4	22,7	22,4	32,0	46,0
Объем полувагона, м ³		64,8	66,8	73,0	106,0	138,5
Внутренние размеры полувагона, м	длина	11,99	12,0	12,13	14,30	18,75
	ширина	2,90	2,96	2,88	2,80	2,85
	высота	1,90	1,88	2,06	2,40	2,51
Количество люков в по- лу		14	14	14	16	32
Наружные размеры, м	ширина	3,12	3,13	3,13	3,22	3,19
	высота	3,27	3,48	3,48	3,80	3,97
Длина по- лувагона, м	по осям автосцепок l_{AB}	13,92	12,92	13,92	16,40	20,24
	по конце- вым бал- кам рамы	12,75	12,70	12,70	15,18	19,11
Высота центра тяжести порожного вагона, м		1,13	1,13	1,13	1,13	1,13
База, м	полувагона l_B	8,65	8,65	8,65	10,44	12,07
	тележки l_T	1,80	1,85	1,85	3,50	3,20
Высота пола над уров- нем головки рельса, м		1,40	1,41	1,41	1,42	1,46

Поперечное смещение общего центра тяжести грузов от вертикальной плоскости, в которой находится продольная ось железнодорожного транспортного средства, допускается не более 100 мм. Максимальное продольное смещение, которое применяется с целью устранения негабаритности или улучшения грузоподъемности и вместимости нормируется [11]. В отдельных случаях для соблюдения требований по расположению общего центра тяжести грузов на транспортном средстве используют балластные грузы.

Размещение груза должно обеспечивать его устойчивое положение в процессе транспортирования и отсутствие касания грузом опорного настила сцепов при прохождении уклонов пути. Между грузом и поверхностью платформы (кузова) размещают транспортные подкладки, равномерно передающие нагрузки на опорные элементы транспортных средств. При значительной асимметрии конструкции транспортируемого объекта его располагают на специально изготовленных для этого случая опорах.

Погруженный на открытый подвижной состав или автомобиль (автопоезд) груз с учетом упаковки и креплений должен размещаться в пределах установленного габарита погрузки железнодорожного или автомобильного транспорта. Определение габарита погрузки выполняется при условии нахождения транспортного средства на прямом горизонтальном участке пути и совпадения в одной вертикальной плоскости продольных осей транспортного средства и пути. Допускаемые поперечные размеры длинномерных грузов определяются расчетом с учетом их смещений при прохождении криволинейных участков пути [13].

Наиболее габаритными частями грузоподъемных кранов при транспортировании являются стрелы и главные балки мостовых кранов. Главные балки, как правило, входят в состав полумостов вместе с примыкающими к ним частями концевых балок. При транспортировании по железной дороге в соответствии с техническими условиями [11] полумосты могут иметь массу до 51 т и длину до 44 м. На них

может быть смонтировано вспомогательное оборудование (настилы галерей, механизмы передвижения и др.).

В зависимости от габаритов полумосты размещают на отдельных четырехосных платформах с базой 9720 мм грузоподъемностью 62, 63 и 66 т или на сцепках указанных платформ с использованием турникетных опор (рис. 4.5). Турникетные опоры это комплекс поворотных опорных устройств, применяемых при транспортировании длинномерных грузов с опиранием на две платформы. Они обеспечивают свободный поворот груза относительно вертикальных осей обеих платформ и продольное смещение груза относительно одной из платформ. При транспортировании на сцепе платформ применяют две турникетные опоры (рис. 4.5).

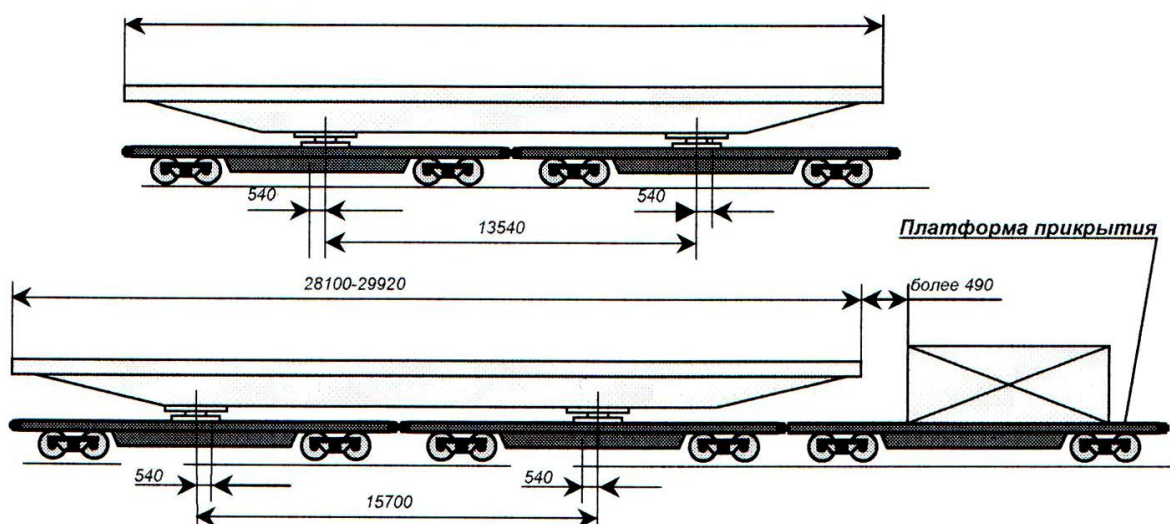


Рис. 4.5. Размещение полумоста мостового крана на сцепе платформ

Полумосты крепятся к опорным листам турникетных опор с помощью болтов М30 с гайками и контргайками и привариваемых к нижним поясам балок опорных прокладок. При разгрузке сцепа скрепляющие опорные и накладные листы срезаются, и полумосты снимаются вместе с накладными листами. Турникетные опоры обеспечивают поворот установленного на них груза относительно вертикальной оси при прохождении подвижным составом криволинейных

66

участков пути. Кроме того, одна из опор при этом обеспечивает компенсацию разницы расстояния между осями опор и длины соответствующего криволинейного участка пути за счет возможности продольного смещения опорной площадки.

При использовании сцепа из двух платформ турникетная опора размещается со смещением от поперечной оси платформы внутрь или наружу сцепа на 540 мм, в случае использования сцепа из трех или четырех платформ – на 1080 мм. Указанные смещения связаны с конструктивными особенностями платформы.

База сцепа при этом составляет:

— для двух платформ при смещении центра тяжести турникетной опоры на 540 мм внутрь сцепа 13540 мм, при смещении наружу сцепа 15700 мм;

— для трех платформ при смещении центра тяжести турникетной опоры на 1080 мм внутрь сцепа 27080 мм, при смещении на 540 мм наружу сцепа 30320 мм.

С целью лучшего использования грузоподъемности подвижного состава полумосты длиной 16,0...28,0 м перевозят на сцепе из двух платформ с базой 13540 мм, длиной 28,10...29,92 м – на сцепе из трех платформ с базой 15700 мм и использованием платформы прикрытия, длиной 30,00...42,64 м – на сцепе из трех платформ с базой 27080 мм, длиной 42,7...44,0 м – на сцепе из четырех платформ с базой 30320 мм.

Транспортируемый груз должен соответствовать габаритам транспортирования. В случае использования железнодорожного транспорта это железнодорожные габариты (рис. 4.6) [12].

На рис. 4.6, б заштрихованы зоны возможной негабаритности грузов. Горизонтальной штриховкой обозначена *зона верхней негабаритности*, наклонной – *зона боковой негабаритности*, в нижней части – *зона нижней негабаритности*. При проектировании машины следует стремиться к тому, чтобы все ее элементы могли транспортироваться как габаритный груз.

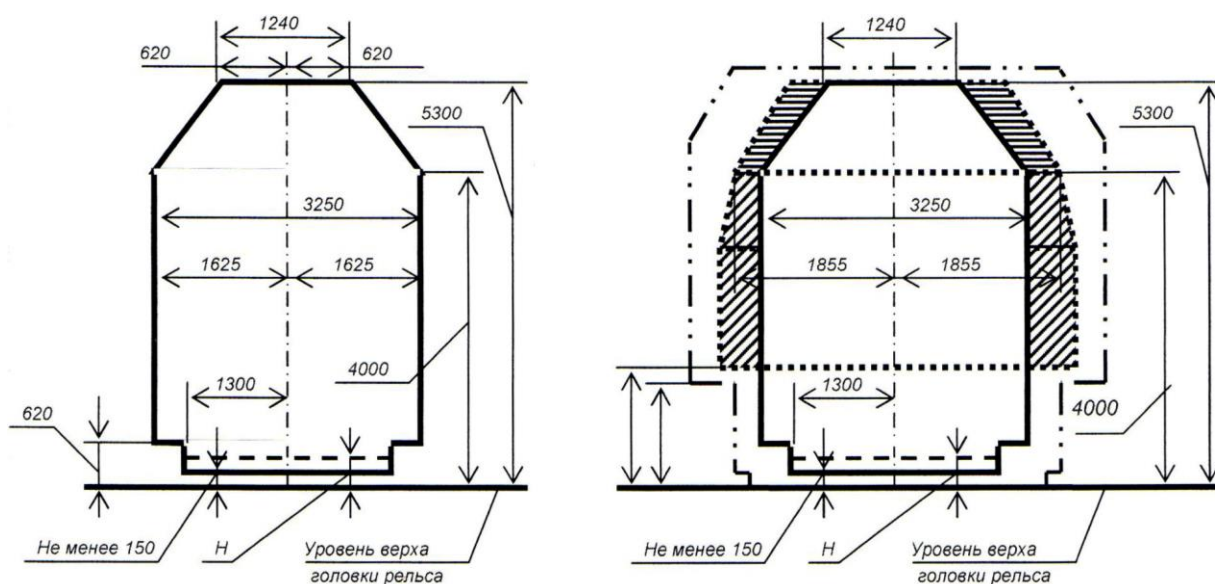


Рис. 4.6. Железнодорожные габариты: а – габарит погрузки; б – совмещение габаритов погрузки и приближения строений

Транспортное размещение груза должно предусматривать возможность его надежного крепления.

4.3.3. Проектирование креплений транспортируемого груза

Транспортируемый груз в процессе его перевозки кроме воздействия силы тяжести воспринимает дополнительные инерционные транспортные нагрузки, способные нарушить его целостность, сместить с проектного положения и создать опасную ситуацию. Эти нагрузки, а также воздействие ветра, должны учитываться при выполнении прочностных расчетов элементов машин и их креплений к транспортному средству.

Для размещения и крепления груза применяют проволоочные, ленточные металлические, текстильные и полимерные растяжки и обвязки, упорные и распорные деревянные бруски, стойки, подкладки,

прокладки, щиты, турникетные опоры и другие приспособления многократного использования.

Растяжки и обвязки изготавливают в виде пучков проволоки, которые рассчитываются с учетом сил инерции и давления ветра [13]. С помощью растяжек и обвязок груз соединяется непосредственно с рамой платформы (кузова) и между собой. При этом используются специально для этого предназначенные элементы транспортного средства и груза (скобы, отверстия).

Проектное положение креплений должно учитывать, что инерционные нагрузки меняют свое направление на противоположное в зависимости от выполнения разгона или торможения, прохождения криволинейных участков, подъемов и спусков. Расчет креплений выполняется по методике [13].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Александров М. П.* Грузоподъемные машины: Учебник для вузов / М. П. Александров. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана – Высшая школа, 2000. – 552 с.
2. *Косилова А. Г.* Технология производства подъемно-транспортных машин / А. Г. Косилова, М. Ф. Сухов. - М.:Машиностроение,1982. - 301с.
3. *Соколов С. А.* Металлические конструкции подъемно-транспортных машин: учеб. пособие / С. А. Соколов – СПб.: Политехника, 2005. – 423 с.
4. *Соколов С. А.* Строительная механика и металлические конструкции машин: учебник / С. А. Соколов. – СПб.: Политехника, 2011. – 450 с.
5. Справочник по кранам. В 2 т. Т. 1. / В. И. Брауде, М. М. Гохберг, И. Е. Звягин [и др.]; под общ. ред. М. М. Гохберга. - Л.: Машиностроение, 1988. - 536с.
6. Справочник по кранам. В 2 т. Т. 2. / М. П. Александров, М. М. Гохберг, А. А. Ковин [и др.]; под общ. ред. М. М. Гохберга. - Л.: Машиностроение, 1988. - 559с.
7. ПБ 10-382-00 Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов. М.: Изд-во ОБТ, 2000. 240с.
8. ГОСТ 2.601 ЕСКД. Эксплуатационные документы.
9. ГОСТ 2.108 ЕСКД. Спецификация.
10. *Юшкевич В. Н.* Железнодорожные габариты и перевозка грузов на открытом подвижном составе: учеб. пособие / В. Н. Юшкевич.– Л.: ЛПИ, 1983. - 80 с.
11. Технические условия погрузки и крепления грузов. М.: Транспорт, 1990. - 408 с.
12. ГОСТ 9238 Габариты приближения строений и подвижного состава железных дорог колеи 1520 (1524) мм.
13. *Орлов А. Н.* Машины наземного транспорта. Проект размещения и крепления металлоконструкции крана для перевозки на железнодорожном транспорте: Задания к курсовой работе и методические указания по их выполнению / А. Н. Орлов, В.Н. Юшкевич. - Л.: ЛПИ,1980. –11 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Обозначения документов

Все, входящие в курсовой проект, документы должны иметь свое обозначение [8, 9]. Для примера на рис. П.1.1 приведена система обозначений, которая может применяться при ссылках на документы, при организации хранения работ, при их идентификации. Обозначение формируется из тринадцати знаков в соответствии с представленной на рис. П.1.1 структурой (например, ТТС.ВР12АБ.0001, ТТС.КП12А.0000 ПЗ). Отдельные разделы обозначения отделяются друг от друга точкой. В конце обозначения пояснительной записки ставятся две прописные буквы – ПЗ.

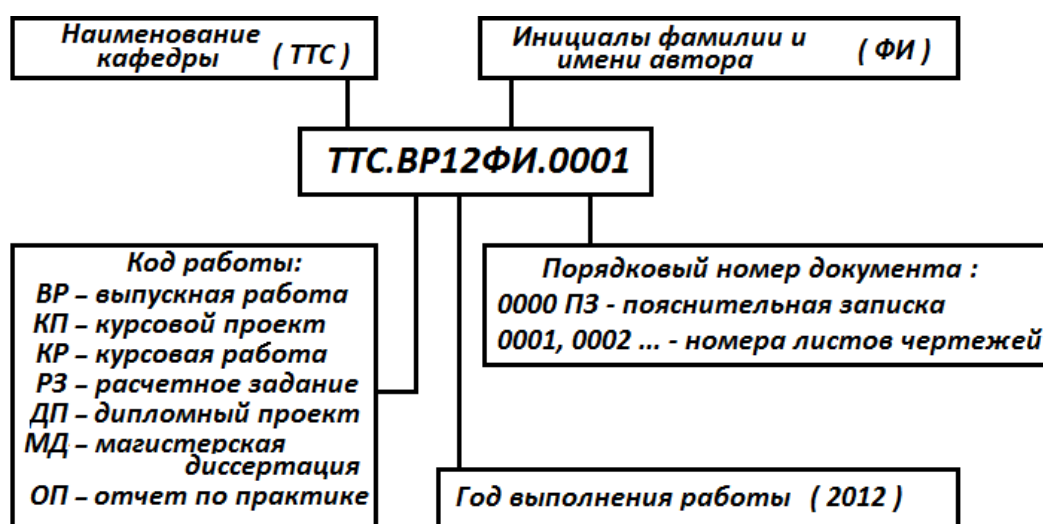


Рис. П.1.1. Система обозначений документов с пояснениями

Оформление спецификации проекта

Курсовой проект должен сопровождаться *спецификацией проекта*, в которой перечислены все входящие в неё материалы с соответствующими обозначениями и наименованиями.

Пример оформления спецификации приведён в табл. П.1.1. При оформлении пояснительной записки спецификация подшивается в нее

сразу же за титульным листом. Она является самостоятельным документом и не учитывается при нумерации страниц.

Т а б л и ц а П.1.1

[illegible]

Приложение 2

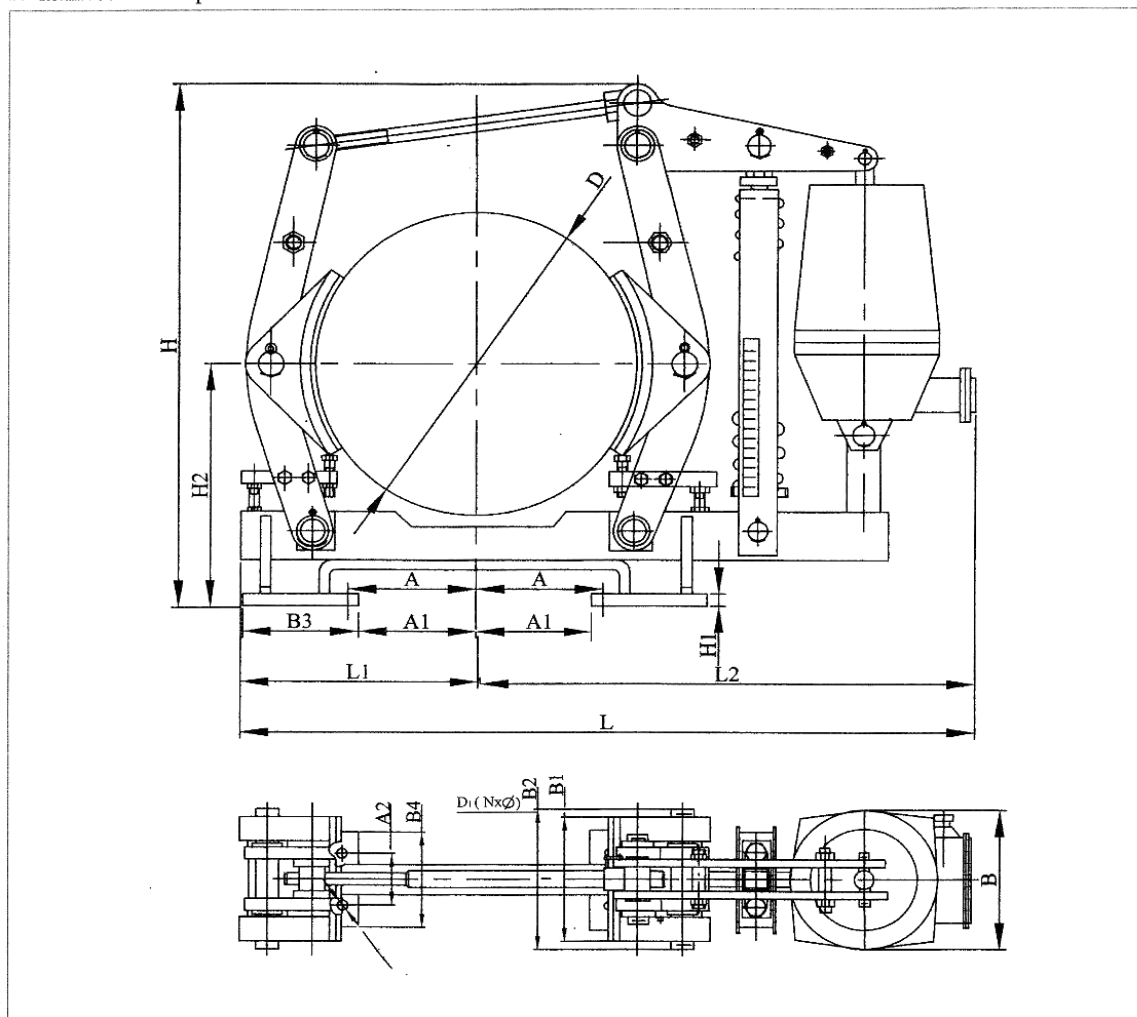
Конструктивные исполнения тормозов и их характеристики на примере
АО «Елгавский машиностроительный завод»

ТОРМОЗА БАРАБАНЫЕ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ ТИПА ТГЕ С
ЭЛЕКТРОГИДРОТОЛКАТЕЛЯМИ ДЛЯ ШКИВОВ ДИАМЕТРАМИ ОТ 160 ДО 800 ММ

DRUM BRAKES OF GENERAL PURPOSE TYPE TGE HAVING
ELECTROHYDRAULIC PUSHER FOR PULLEYS OF 160 TO 800 mm IN DIA.

N- количество отверстий D1

N- number of holes D1



1. Типоразмеры тормозов ТГЕ-х-03 и ТГЕ-х-04 с электрогидротолкателями ЕЕхд выполнены во взрывозащищенном исполнении.

2. Электрогидротолкатели типа ЕВ поставляются для всех напряжений трехфазного тока в диапазоне от 200 до 690 В и частотой 50 или 60 Гц, а электрогидротолкатели типов ТЭ и Т - на напряжение 380 В, 50 Гц.

По требованию заказчика электрогидравлические толкатели типов ТЭ и Т поставляются на другие напряжения и частоту тока 50 Гц или 60 Гц.

1. Brakes ТГЕ-х-03 and ТГЕ-х-04 with electrohydraulic pushers ЕЕхд are explosion-proof version.

2. Electrohydraulic pushers type ЕВ are supplied for three-phase current voltage of 200 V to 690 V, 50 Hz or 60Hz, electrohydraulic pushers types ТЭ and Т for voltage 380 V, 50 Hz.

By special orders the electrohydraulic pushers types ТЭ and Т are supplied for other voltage and frequency 50 Hz or 60 Hz.

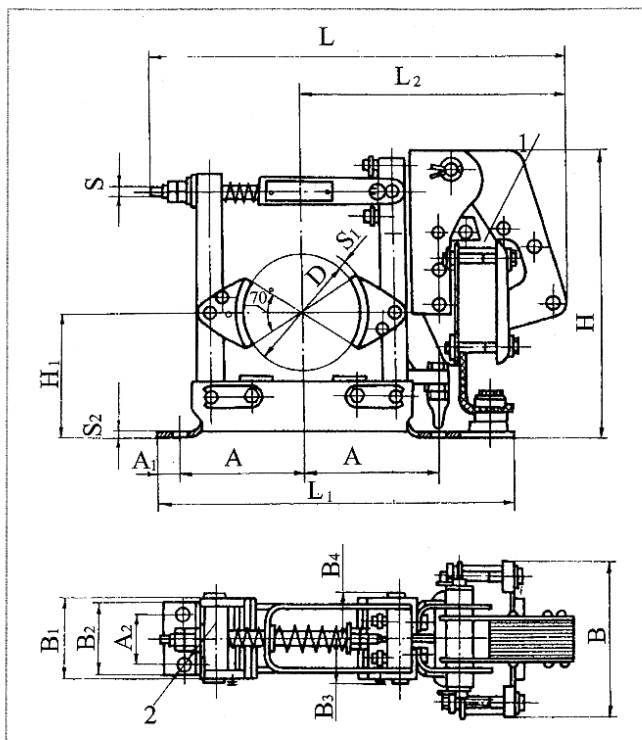
Технические характеристики и основные размеры тормозов типа ТГЕ

Тип тормоза Brake type	D	Толкатель Pusher	Тормозной момент Мт max, Н.м Brake torque max., Nm	A	A1	A2	B	B1	B2	B3	B4	D1	H	H1	H2	L	L1	L2	Масса не более, кг Weight not above, kg
ТГЕ-160-01	160	ЕВ 12/15	72																20,3
ТГЕ-160-02		ЕВ 20/50	120																20,6
ТГЕ-160-03		----	----	100	85	90	175	70	80	30	120	13	465	8	144	535	140	390	---
ТГЕ-160-04		ЕВ 32/50 ЕЕ xd	175																43
ТГЕ-160-05		ТЭ-30/50	175																27
ТГЕ-200-01	200	ЕВ 20/50	200																20,6
ТГЕ-200-02		ЕВ 50/50	500			60*				50*	120*								29,1
ТГЕ-200-03		----	----	175	128	/	175	90	103	/	/	18	395	10	170	765	205	560	----
ТГЕ-200-04		ЕВ 32/50 ЕЕ xd	320			120				80	90								48
ТГЕ-200-05		ТЭ-30/50	320																32
ТГЕ-300-01	300	ЕВ 20/50	320																44,6
ТГЕ-300-02		ЕВ 50/50	800			80*				80*	190*								48,1
ТГЕ-300-03		----	----	250	193	/	220	140	155	/	/	22	560	13	240	880	270	610	----
ТГЕ-300-04		ЕВ 32/50 ЕЕ xd	475			150				100	120								67
ТГЕ-300-05		ТЭ-30/50	475																51
ТГЕ-400-01	400	ЕВ 50/50	750																63,1
ТГЕ-400-02		ЕВ 80/60	1500																69
ТГЕ-400-03		ЕВ 50/50ЕЕ xd	750	170	145	68	230	180	198	120	100	21	750	18	300	1050	320	730	92
ТГЕ-400-04		ЕВ 80/60 ЕЕ xd	1500																105
ТГЕ-400-05		ТЭ-50	750																70
ТГЕ-500-01	500	ЕВ 80/60	2000																144
ТГЕ-500-02		ЕВ 125/60	3200																145,8
ТГЕ-500-03		ЕВ 80/60ЕЕ xd	2000	205	175	85	230	200	230	180	160	27	880	20	400	1105	365	740	170
ТГЕ-500-04		ЕВ 125/60ЕЕ xd	3200																170
ТГЕ-500-05		ТЭ-80	2000																145
ТГЕ-600-01	600	ЕВ 125/160	2500																212,6
ТГЕ-600-02		ЕВ 250/160	6000																231,5
ТГЕ-600-03		ЕВ 125/160ЕЕ xd	2500	250	200	126	300	240	258	200	200	30	1040	22	415	1305	410	895	246
ТГЕ-600-04		ЕВ 250/160ЕЕ xd	6000																272
ТГЕ-600-05		T-200	5000																254
ТГЕ-700-01	700	ЕВ 125/160	4000																281,2
ТГЕ-700-02		ЕВ 250/160	8500																296,5
ТГЕ-700-03		ЕВ 125/160ЕЕ xd	4000	305	242	150	300	280	297	210	230	34	1100	22	465	1620	530	1090	311
ТГЕ-700-04		ЕВ 250/160ЕЕ xd	8500																337
ТГЕ-700-05		T-200/100	8000																319
ТГЕ-800-01	800	ЕВ 125/160	6000																364,2
ТГЕ-800-02		ЕВ 250/160	13000																379,5
ТГЕ-800-03		ЕВ 125/160ЕЕ xd	6000	350	297	160	300	320	340	225	240	38	1200	25	540	1750	550	1200	394
ТГЕ-800-04		ЕВ 250/160ЕЕ xd	13000																420
ТГЕ-800-05		T-200	10000																402

* В числителе - размер для левой присоединительной лапки, в знаменателе - для правой.
Numerator - dimension of the left connecting tab, below - the right one.

**КОЛОДОЧНЫЕ ТОРМОЗА ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ ТИПА ТКТ С ЭЛЕКТРО-
МАГНИТОМ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА ДЛЯ ШКИВОВ ДИАМЕТРОМ ОТ 100 ДО 300 ММ**

**DRUM BRAKES OF GENERAL PURPOSE TYPE TKT HAVING
A.C. ELECTROMAGNET FOR PULLEYS OF 100 - 300 mm IN DIA**



1-место замера отхода якоря (по линии заклепок); 2-4 отверстия D1;
Выводные провода электромагнита крепятся в зажиме на подставке или на рычаге (в зависимости от типа тормоза). L и L2 - размеры, соответствующие возможному крайнему положению якоря.

По требованию заказчика электромагниты поставляются на другие напряжения и частоту тока 50 Гц или 60 Гц.

1- place where the anchor departure is measured (through the rivet line);
2 - 4 holes D1;
Lead wires of the electromagnet are fastened in the terminal mounted on a support or lever (depending on the type of brake) L and L2 - dimensions which correspond to a possible extreme position of the anchor.

By special orders the electromagnets are supplied for an other voltage and frequency 50 Hz or 60 Hz.

Технические характеристики

Technical Data

Тип тормоза Brake type	Диаметр тормозного шкива D в мм Brake pulley diameter, D mm	Тормозной момент Мт в Нм. Brake torque, Nm.			Электромагнит Electromagnet	
		At duty cycle			Тип Type	Напряжение, Voltage, V
		ПВ=25%	ПВ=40%	ПВ=100%		
TKT - 100	100	20		11	МО-100Б	220,380,500
TKT - 200/100	200	39		22	МО-100Б	
TKT - 200	200	157		78	МО-200Б	
TKT - 300/200	300	235		118	МО-200Б	
TKT - 300	300	412		167	МО-300Б	

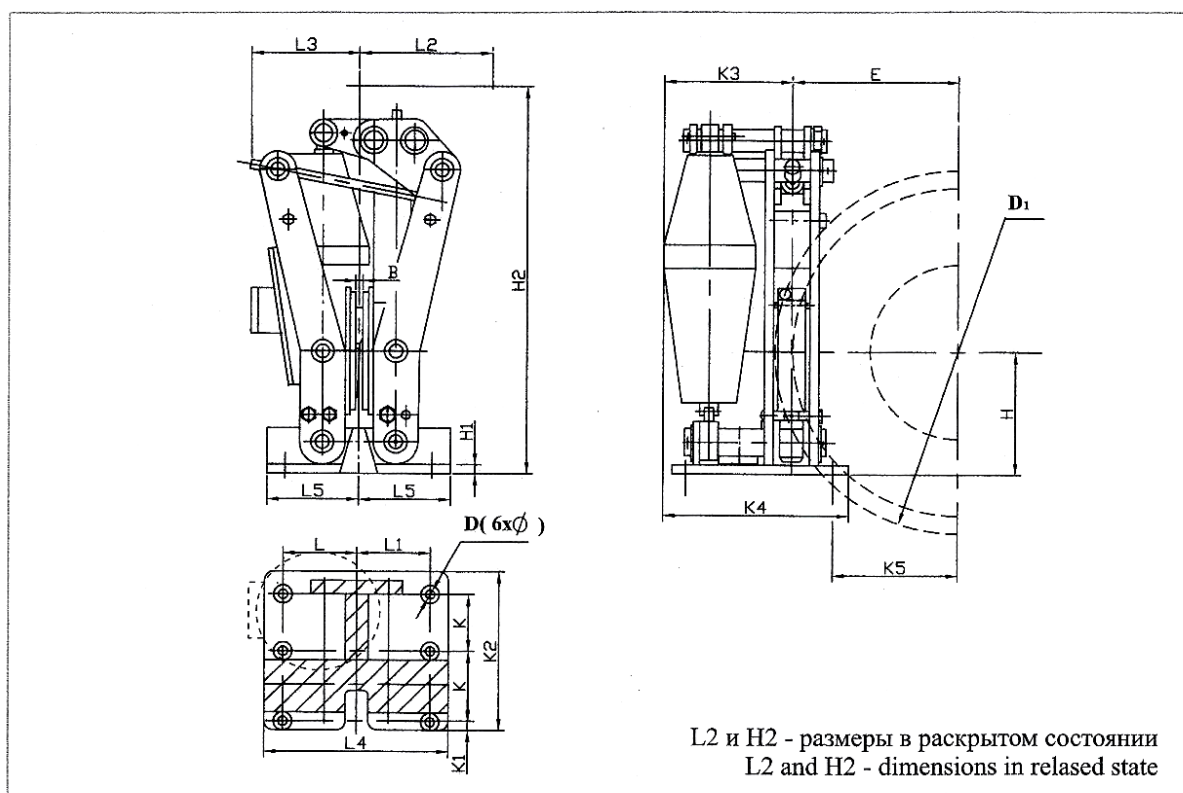
Размеры в мм тормозов серии ТКТ

Dimensions in mm of Brakes Series TKT

Шкив Pulley		A	A1	A2	B	B2	B3	B4	D1	H	H1	L	L1	L2	S	S1	S2	Угол поворота якоря, град. Anchor turn angle, degrees Max	Масса, кг Weight, kg
Диаметр Diameter, D	Ширина Width, B1																		
100	70	110	15	40	130	65	45	36	13	280	100	398	300	268	8	6	4	7,5	11,2
200	90	175	22	60		90	54	47	18	420	170	546	400	328	11	8	8	7,5	25,4
200	90									470		660		443				5,5	37,5
300	140	250	25	80	177	120	81	72	22	605	240	805	550	520	14	9	5,5	75	
300	140				243					620		780		495			5,5	99	

ДИСКОВЫЕ ТОРМОЗА ТИПА ТДЕ С ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКИМ ТОЛКАТЕЛЕМ

DISC BRAKES TYPE TDE FOR ELECTROHYDRAULIC PUSHER



- осуществляет торможение под действием пружины;
- растормаживает под действием электрогидравлического толкателя;
- тормозной момент регулируется пружиной;
- в случае перерыва подачи энергии тормоз затормаживается (принцип "fail-safe");
- поставляются в общепромышленном, тропическом, северном, морском и взрывозащищенном исполнениях.

Особенности тормозов серии ТДЕ:

- высокий тормозной момент - до 20000 Нм;
- высокая скорость скольжения, которая может достигать до 80 м/сек;
- для всех дисков диаметром от 315 до 1250 мм требуется три типоразмера тормозов.

По требованию заказчика тормоза комплектуются дополнительным оборудованием:

- автоматическим компенсатором износа обкладок, обеспечивающим постоянный тормозной момент и постоянство зазора между диском и обкладками тормоза;
- индикацией:
 - положения затормаживания/растормаживания тормоза;
 - износа тормозных обкладок;
- самосмазывающимися втулками;
- шарнирными опорами с дополнительной смазкой при особо тяжелых условиях эксплуатации.

- spring applied;
- pusher released;
- braking torque adjustable by spring;
- in case of power failure the brake applies (fail-safe-principle);
- the brakes are delivered in general industrial, tropical, arctic, maritime, explosions-proof versions.

Special characteristics of the TDE type brake:

- high brake torque up to 20000 Nm;
- high sliding speed up to 80 m/s possible;
- only 3 sizes of brakes TDE to accommodate the full range of disks from 315 to 1250 mm diameter;

Options and accessories:

- automatic wear adjustment to provide a permanent braking moment and a constant air gap between brake linings and disk;
- indication of applying/releasing brake position;
- brake lining wear indicator;
- self-lubricating bushes;
- bearings with regreasing facility under adverse operating conditions.

Технические характеристики

Technical Data

Типоразмер тормоза Brake size	Размеры тормозного диска, мм Brake disk dimensions, mm				Максимальный тормозной момент, Нм Brake torque, max, Nm			
					Тип толкателя Pusher type			
ТДЕ 1	D1	B	E	K5	EB20/50	ТЭ-30	EB50/50	EB80/60
	315	30	118	58	350	430	740	1150
	355		138	78	400	500	850	1380
	400		160	100	-	590	1000	1650
	450		185	125	-	680	1200	1900
	500		210	150	-	-	1350	2100
ТДЕ 2	D1	B	E	K5	EB50/50 ТЭ-50	EB80/60 ТЭ-80	EB125/60	EB250/60
	400	30	148	80	900	1480	2300	-
	450		173	105	1000	1700	2650	4200
	500		198	130	1200	1950	3000	4800
	560		228	160	1400	2300	3500	5500
	630		263	195	1640	2700	4100	6400
	710		303	235	1900	3100	4700	7300
ТДЕ 3	D1	B	E	K5	EB125/60	EB250/60 T-200	EB320/100	
	630	30	255	169	4300	6150	9000	
	710	30	295	209	4980	7200	10500	
	800	30	340	254	5740	8200	12000	
	900	30	390	304	7210	9500	13600	
	1000	30 (42)	470	354	7460	10700	15400	
	1250	30 (42)	565	479	8500	12000	19600	

Размеры в мм тормозов серии ТДЕ

Dimensions in mm of Brakes Series TDE

Типоразмер тормоза Brake size	Тип толкателя Pusher type	D	H	H1	H2	L	L1	K	K1	K2	K3	K4	L2	L3	L4	L5	Масса без толкателя Weight without pusher, Kg
ТДЕ 1	EB 20/ 50	18	230	14	670	80	180	120	20	250	320	360	190	260	300	150	65
	ТЭ - 30										320	360		260			
	EB 50/ 50										340	400		300			
	EB 80/ 60										340	400		300			
ТДЕ 2	ТЭ - 50	22	280	18	855	130	130	140	20	300	440	445	260	360	300	150	130
	EB 50/ 50										440	445		360			
	EB 80/ 60										440	445		360			
	ТЭ - 80										440	445		360			
	EB 125/ 60										430	435		350			
	EB 250/ 60										430	435		350			
ТДЕ 3	EB 125/ 60	27	372	22	1120	180	180	160	30	370	480	510	320	350	450	225	275
	EB 250/60																
	EB 320/ 100																
	T - 200																

АДРЕСА САЙТОВ,
на которых размещена информация производителей компонентов

№ п/п	Наименование предприятия	Адрес сайта	Продукция
1.	ЗАО «Силовые Линии»	www.powerlines.ru	Токоподвод
2.	FAM	www.fam-drive.ru	Приводы, мотор-редукторы
3.	Могилевский завод «Электродвигатель»	www.tdmogilev.ru	Электродвигатели
4.	SEW Eurodrive	www.sew-eurodrive.ru	Приводы, мотор-редукторы, частотное управление
5.	ОАО Майкопский редукторный завод	www.zarem.ru	Редукторы, мотор-редукторы, муфты.
6.	НТЦ Редуктор	www.reduktorntc.ru	Редукторы, мотор-редукторы, тормоза, муфты и пр.
7.	АО «Елгавский машиностроительный завод»	www.jmr.lv	Тормозное оборудование
8.	JAURE, S.A. Couplings and transmission elements.	www.jaure.com	Муфты и элементы трансмиссии

Приложение 4

Варианты конструктивных исполнений соединения редуктора и барабана механизма подъема

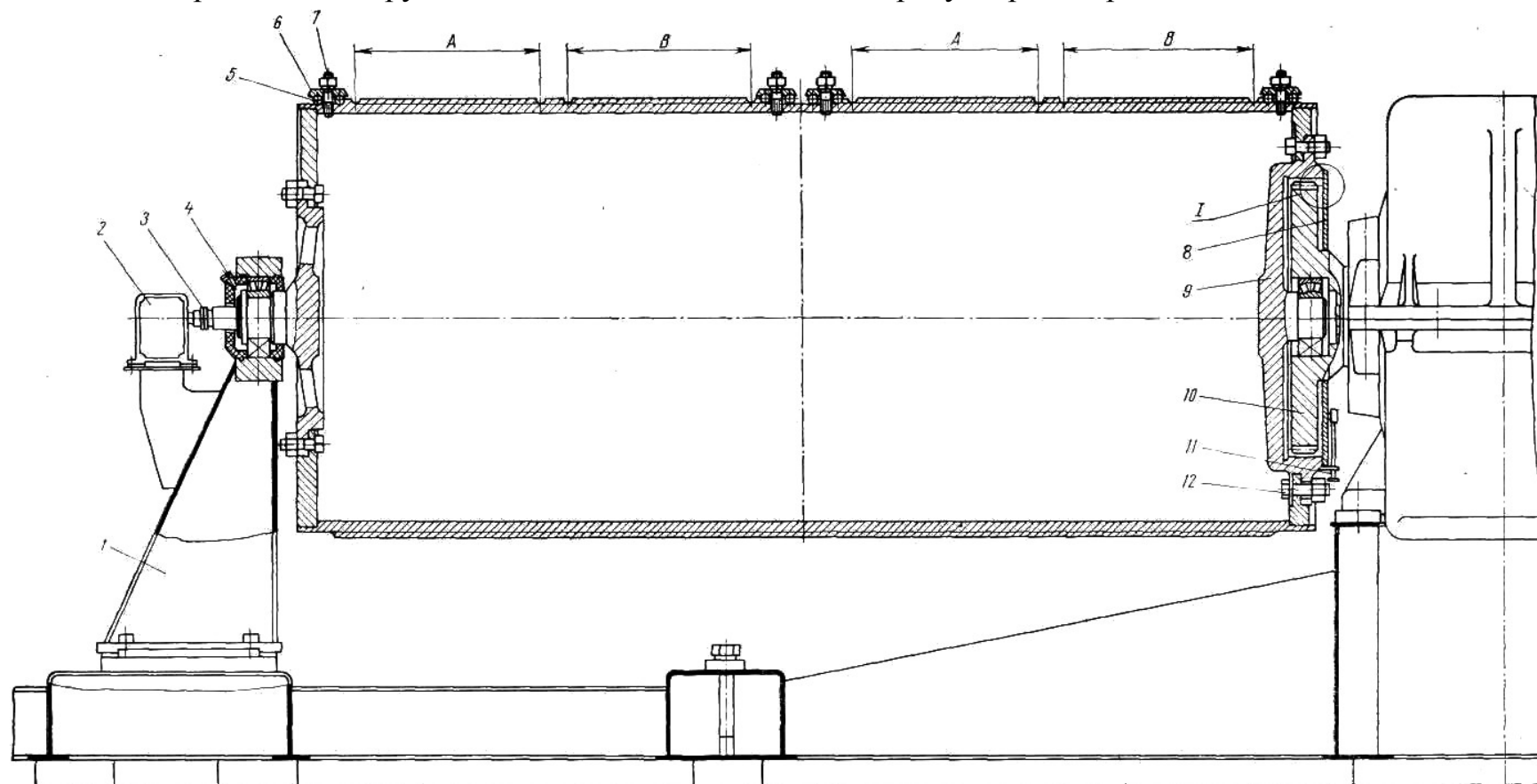


Рис. П.4.1. Безосное конструктивное исполнение соединения редуктора и барабана механизма подъема:

1 — коренной подшипник; 2 — конечный выключатель; 3 — кулачковая муфта Ольдгейма; 4, 11 — масленка; 5 — канат; 6 — прижимная планка; 7 — шпилька; 8 — разъемная крышка; 9 — зубчатая ступица; 10 — зубчатый вал редуктора; 12 — болт; 13 — барабан *A* — правая нарезка; *B* — левая нарезка

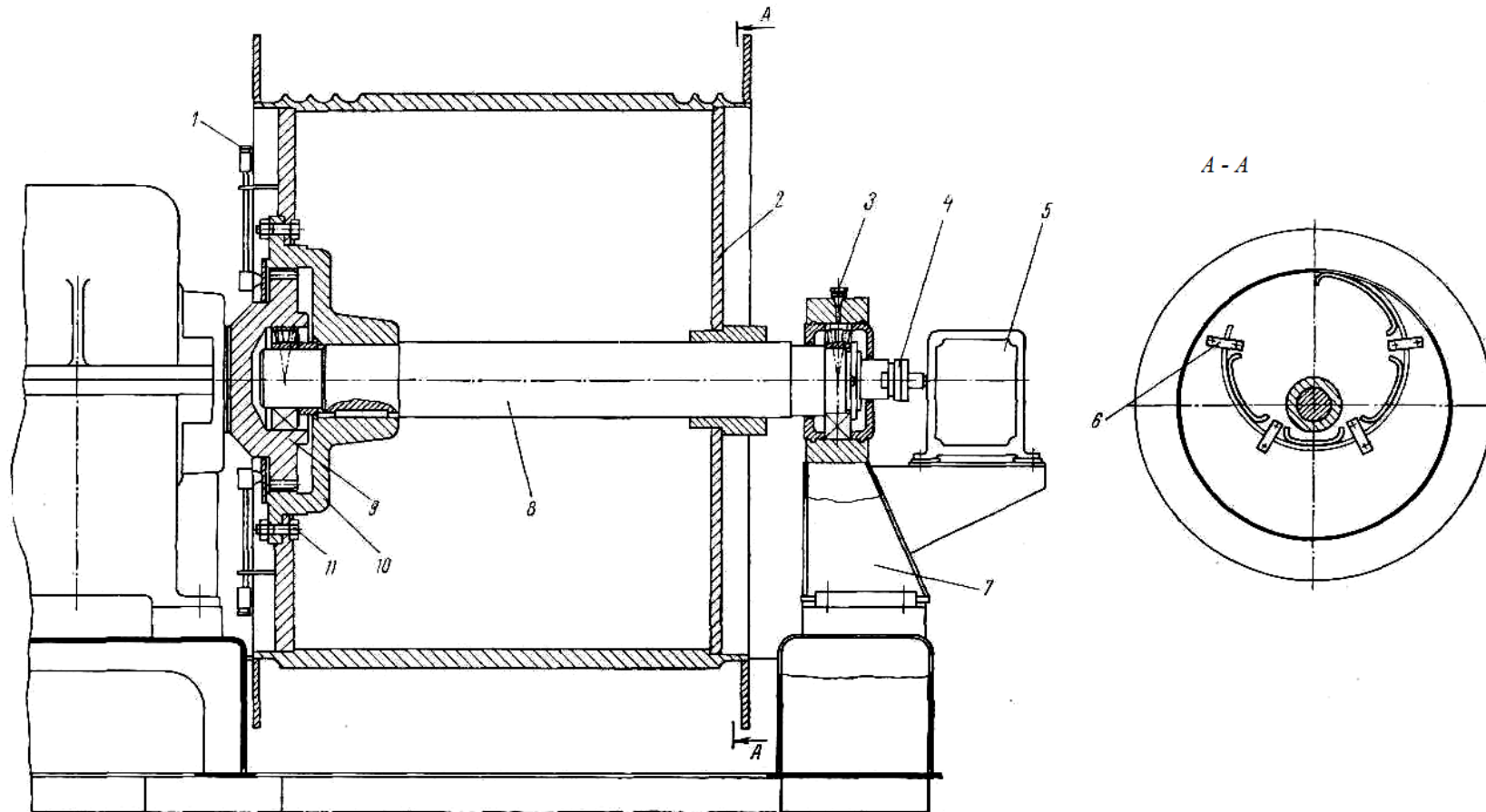


Рис. П.4.2. Конструктивное исполнение соединения редуктора и барабана механизма подъема с опорой на ось. На разрезе *A-A* показан вариант крапления каната на щеке барабана: 1,3 — маслѐнка; 2—барабан; 4 — кулачковая муфта Ольдгейма; 5 — конечный выключатель; 6— прижимная планка; 7 — коренной подшипник; 8 — ось; 9 — зубчатый вал редуктора; 10 — зубчатая ступица; 11 — болт

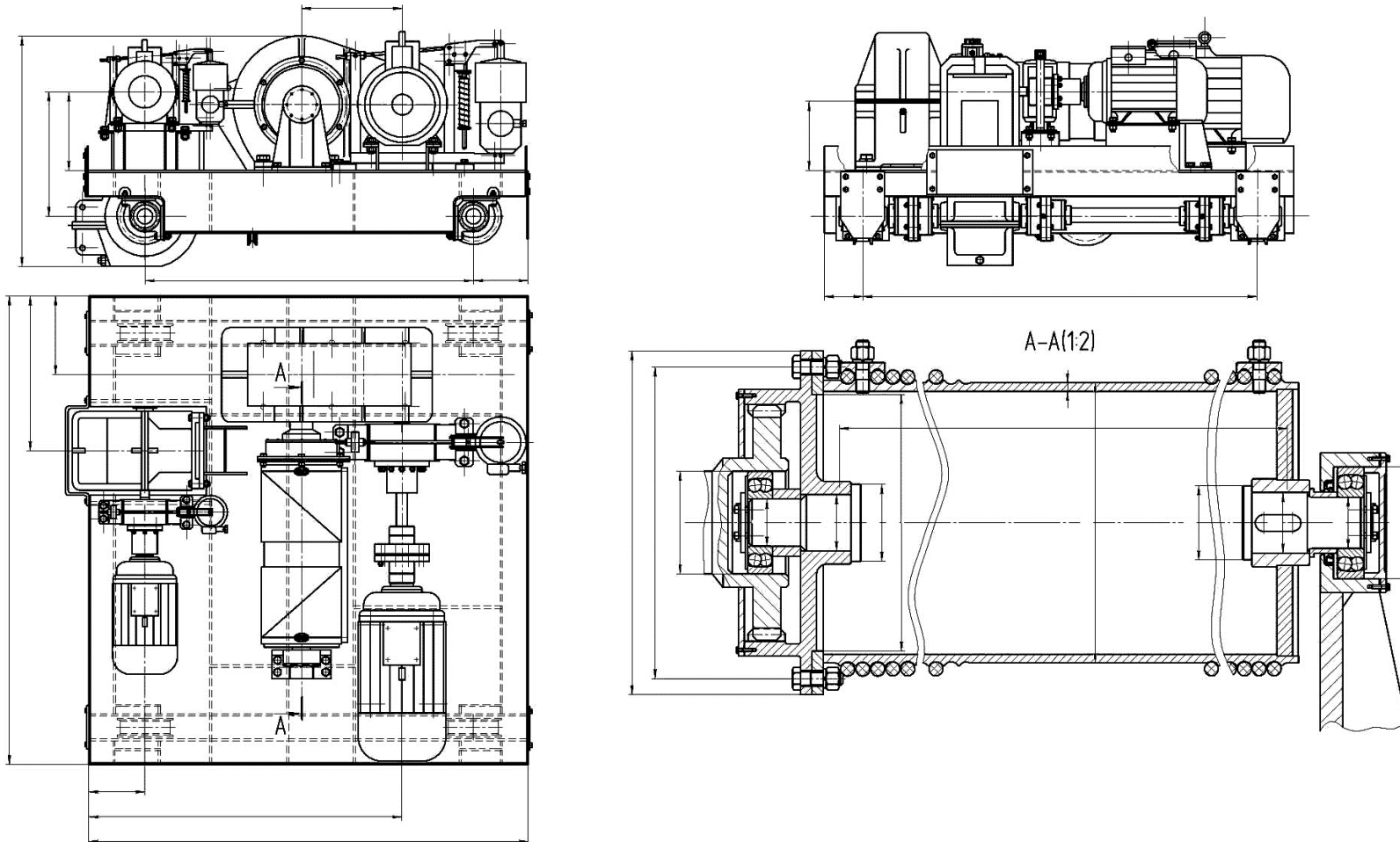


Рис. П.5.1. Пример компоновки грузовой тележки

Примеры конструкции опорно-поворотной части крана, червячного редуктора механизма поворота с муфтой предельного момента, упругой втуочно-пальцевой и зубчатой муфтой для соединения концов валов и валов с барабанами

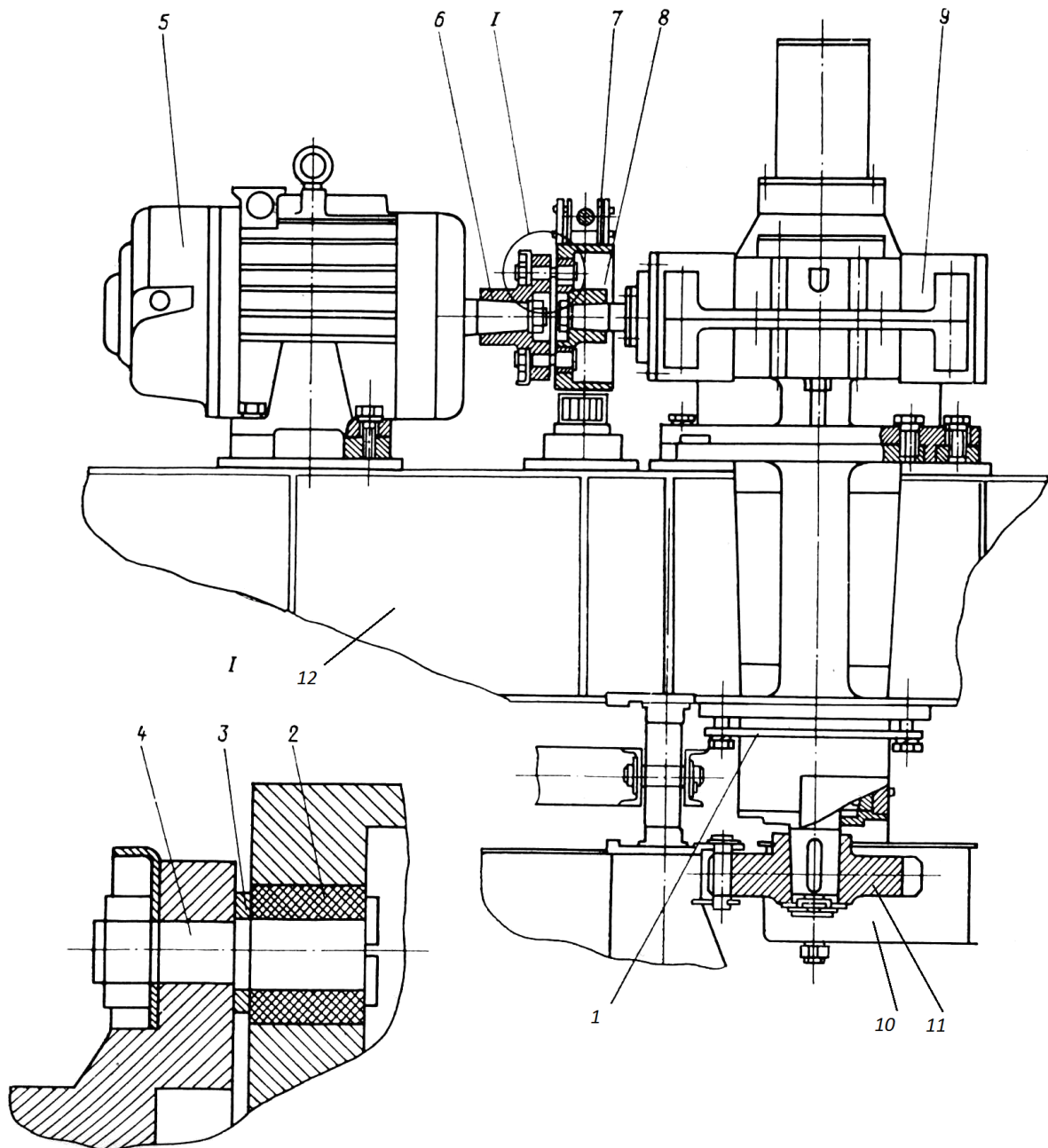


Рис. П.6.1. Конструкция опорно-поворотной части крана:

- 1 — лист; 2 — упругая втулка; 3 — кольцо; 4 — палец;
 5 — электродвигатель; 6 — пальцевая полумуфта; 7 — тормоз;
 8 — тормозной шкив; 9 — червячный редуктор; 10 — кожух;
 11 — звездочка; 12 — платформа

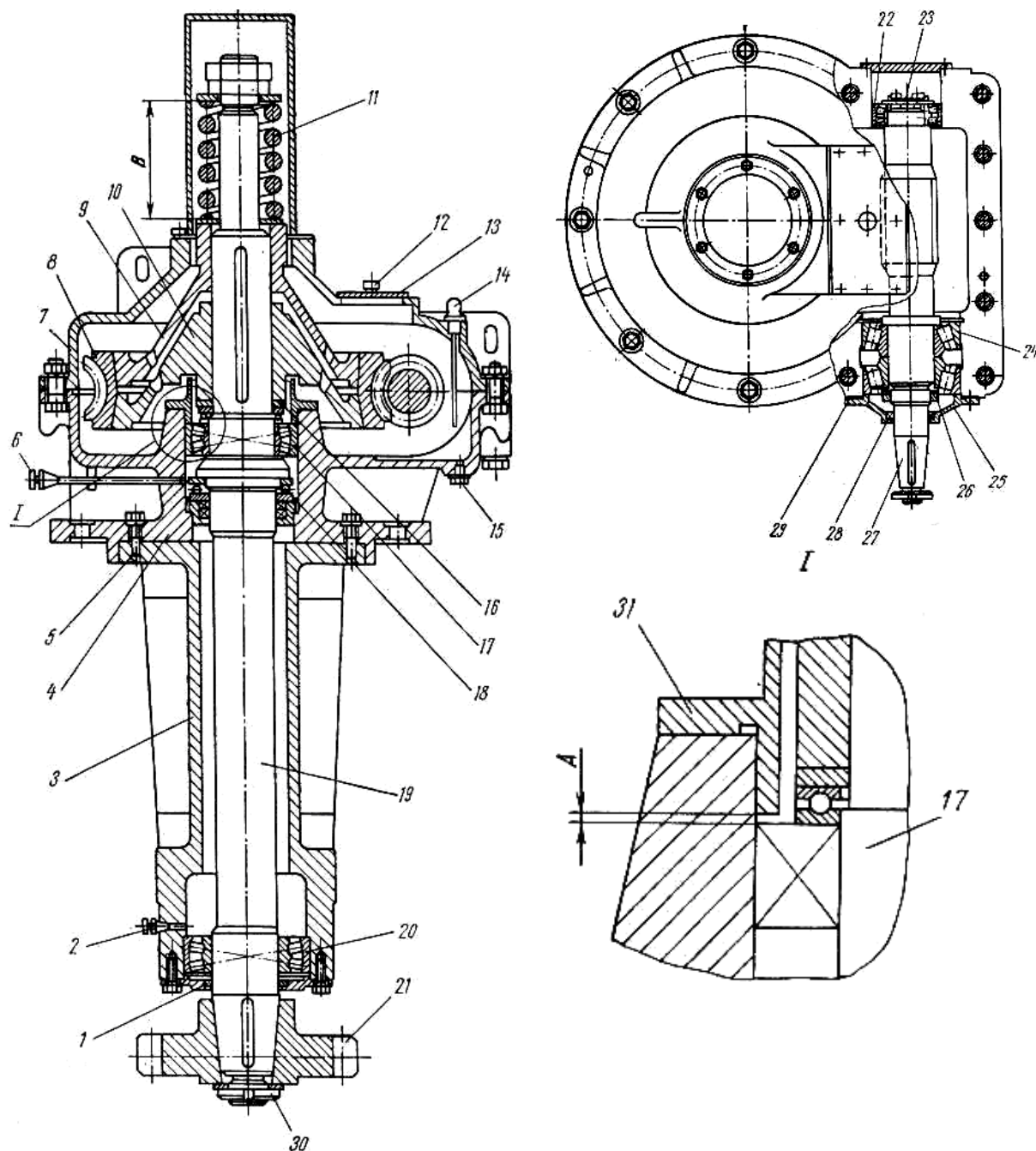


Рис. П.6.2. Червячный редуктор механизма поворота с муфтой предельного момента:

1 — резиновая манжета; 2, 6 — масленка; 3 — стакан; 4 — корпус; 5 — болт; 7 — крышка редуктора; 8 — венец; 9, 10 — конусный диск; 11 — пружина; 12 — отдушина; 13 — смотровая крышка; 14 — масломерная игла; 15 — пробка; 16 — регулировочное кольцо; 17, 20, 22 — сферический роликовый подшипник; 18 — упорный шариковый подшипник; 19 — вертикальный вал; 21 — звездочка; 23 — торцевая шайба; 24 — конический роликовый подшипник; 25, 31 — крышка; 26, 30 — гайка; 27 — червячный вал; 28 — резиновая манжета; 29 — прокладки

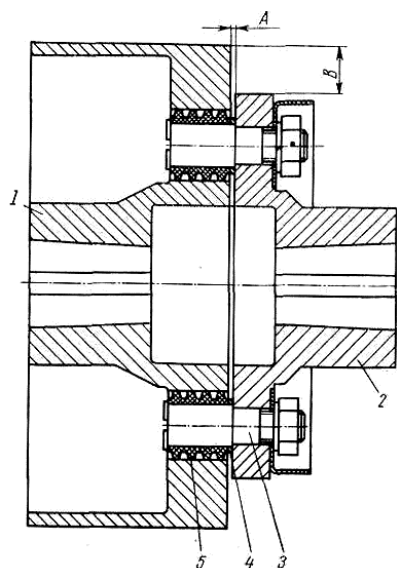


Рис. П.6.3. Упругие втулочно-пальцевые муфты с различным исполнением тормозного шкива 1:

1 — полумуфта (тормозной шкив);
2 — полумуфта; 3 — палец; 4 — кольцо;
5 — резиновая втулка

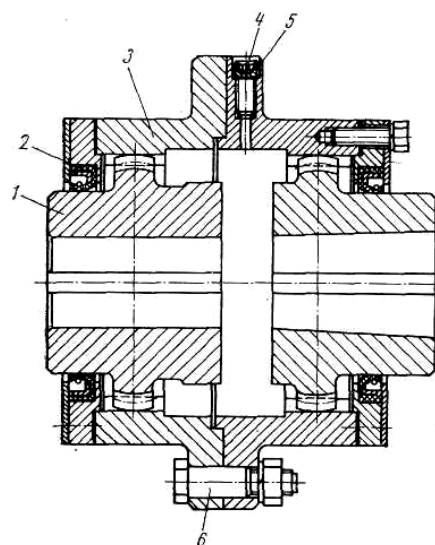
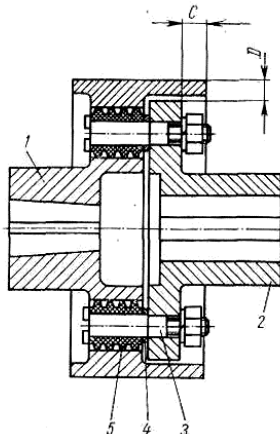
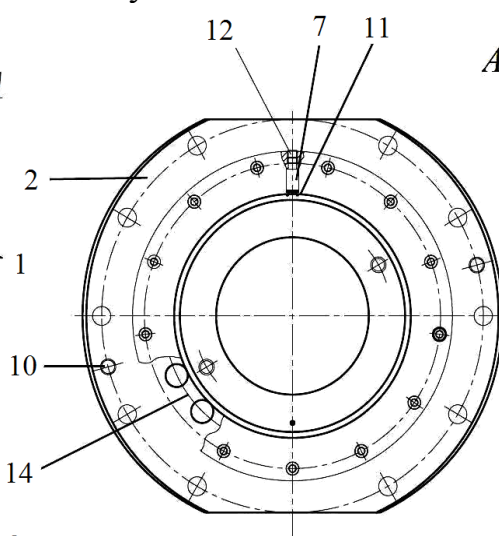
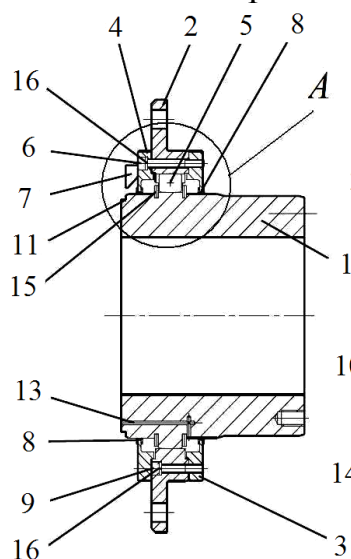


Рис. П.6.4. Зубчатая муфта:

1 — втулка; 2 — резиновая манжета; 3 — обойма;
4 — винт; 5 — шайба;
6 — болт



A (Увеличено)

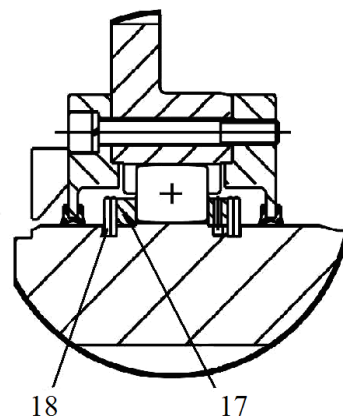


Рис. П.6.5. Муфта роликовая:

1 — ступица; 2 — фланец; 3 — внутреннее кольцо; 4 — внешнее кольцо;
5 — ролик бочкообразный; 6, 9 — стяжной винт; 7 — индикатор износа и осевых регулировок; 8 — уплотнительное кольцо; 10 — резьбовое отверстие для рассоединения муфты и барабана; 11 — измерительная база индикатора 7; 12 — отверстие для набивки смазки; 13 — дренажный канал смазки; 14 — диаметр установки роликов; 15, 18 — стопорное кольцо;
16 — стопорная шайба; 17 — упорное кольцо роликов

*Бортяков Данил Евгеньевич
Бурлуцкий Виктор Степанович
Соколов Сергей Алексеевич*

**ГРУЗОПОДЪЕМНЫЕ МАШИНЫ
И ОБОРУДОВАНИЕ
ПРОЕКТИРОВАНИЕ
ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ МАШИН**

Учебное пособие

Налоговая льгота — Общероссийский классификатор продукции
ОК 005-93, т. 2; 95 3005 — учебная литература

Подписано в печать 19.04.2013. Формат 60×84/16. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 5,5. Тираж 72. Заказ 10561b.

Отпечатано с готового оригинал-макета, предоставленного авторами,
в типографии Издательства Политехнического университета.

195251, Санкт-Петербург, Политехническая ул., 29.

Тел.: (812) 550-40-14.

Тел./факс: (812) 297-57-76.