

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Транспортные и технологические машины»

ГРУЗОПОДЪЕМНЫЕ МАШИНЫ

*Методические рекомендации к лабораторным работам
для студентов направления подготовки
23.03.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы»
дневной формы обучения*



Могилев 2023

УДК 621.876
ББК 39.9
Г64

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Транспортные и технологические машины»
«28» февраля 2023 г., протокол № 7

Составители: канд. техн. наук, доц. А. П. Смоляр;
ст. преподаватель А. В. Гуркина

Рецензент канд. техн. наук, доц. В. В. Кутузов

Методические рекомендации к лабораторным работам по дисциплине
«Грузоподъемные машины» предназначены для студентов направления подго-
товки 23.03.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы».

Учебное издание

ГРУЗОПОДЪЕМНЫЕ МАШИНЫ

Ответственный за выпуск	И. В. Лесковец
Корректор	Т. А. Рыжикова
Компьютерная верстка	М. М. Дударева

Подписано в печать 03.05.2023 . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. 2,79. Уч.-изд. л. 3,0 . Тираж 26 экз. Заказ № 523.

Издатель и полиграфическое исполнение:
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования
«Белорусско-Российский университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/156 от 07.03.2019.
Пр-т Мира, 43, 212022, г. Могилев.

© Белорусско-Российский
университет, 2023

Содержание

Введение.....	4
Меры безопасности при выполнении лабораторных работ.....	5
1 Лабораторная работа № 1. Грузозахватные приспособления. Стропы.....	6
2 Лабораторная работа № 2. Стальные проволочные канаты	7
3 Лабораторная работа № 3. Цепи пластинчатые и круглозвенные.....	10
4 Лабораторная работа № 4. Простейшие грузоподъемные устройства	12
5 Лабораторная работа № 5. Конструкция крановой тележки	15
6 Лабораторная работа № 6. Определение сопротивлений передвижению крановой тележки	17
7 Лабораторная работа № 7. Изучение процесса торможения.....	19
8 Лабораторная работа № 8. Конструкции тормозов. Регулировка тормозов	23
9 Лабораторная работа № 9. Статические испытания грузоподъемных кранов	25
10 Лабораторная работа № 10. Динамические испытания грузоподъемных кранов.....	26
11 Лабораторная работа № 11. Изучение устройства и принципа действия талей	27
12 Лабораторная работа № 12. Полиспасты.....	29
13 Лабораторная работа № 13. Определение КПД полиспастов	31
14 Лабораторная работа № 14. Динамические нагрузки кранов.....	32
15 Лабораторная работа № 15. Техническое освидетельствование кранов мостового типа	36
16 Лабораторная работа № 16. Техническое освидетельствование кранов стрелового типа.....	42
17 Лабораторная работа № 17. Колебания крана при обрыве груза	43
18 Лабораторная работа № 18. Грейферы и электромагниты	46
Список литературы	48

Введение

Цель лабораторных работ – закрепление и углубление знаний по вопросам конструирования и расчёта грузоподъёмных машин (ГПМ), по вопросам теории кинестатических и динамических расчётов, изучение принципов работы, правил выполнения техники безопасности, а также приобретение навыков пользования контрольно-измерительными приборами, проведения экспериментальных исследований, статистической обработки опытных данных с отысканием доверительных интервалов, анализ результатов работы.

Лабораторные работы выполняются бригадой студентов на натуральных машинах, моделях под руководством преподавателя и лаборанта. Все расчеты, замеры и обработка результатов осуществляются студентами самостоятельно с обязательным оформлением индивидуального отчета. Отчёты оформляются либо на отдельных листах, либо сшиваются в тетрадь, допускается машинописное оформление отчетов в виде отдельной книжки. На титульном листе отчетов указываются учебное заведение, кафедра, дисциплина, фамилия, инициалы студента и год оформления отчета.

В отчете излагаются название, цель работы, краткие основные сведения, схемы установки, моделей, основные формулы, обработка опытных данных, доверительный интервал, коэффициент вариации и анализ полученных результатов.

До выполнения лабораторной работы студент самостоятельно изучает методические указания к ней, используя рекомендуемую литературу, и получает конкретное задание.

После завершения лабораторной работы каждый студент индивидуально защищает ее у преподавателя.

Отработка лабораторных работ производится согласно разработанному кафедрой графику отработки лабораторных работ после предоставления преподавателю разрешающего документа, подписанного деканом или его заместителем.

Меры безопасности при выполнении лабораторных работ

До начала выполнения лабораторных работ студенты должны пройти проверку знаний по технике безопасности, о чем расписаться в соответствующем журнале. Студенты, не прошедшие проверку знаний, к лабораторным занятиям не допускаются.

При выполнении сборки-разборки узлов механизмов запрещается располагать детали цилиндрической формы на плоской поверхности, т. к. это может привести к скатыванию детали и ее падению, не допускается класть детали и инструмент на край стола.

Категорически запрещается включать установки в электрическую сеть и начинать выполнение работы без разрешения преподавателя. Перед включением установки необходимо проверить ее заземление; при работе не разрешается прикасаться к электрооборудованию и клеммам, а также находиться в непосредственной близости от вращающихся и движущихся частей привода, оборудования или грузов.

Подъем и перемещение грузов с помощью грузоподъемных устройств должны выполняться строго в вертикальной плоскости расположения несущей балки и только в присутствии преподавателя. Категорически запрещается находиться под поднимаемым грузом и транспортировать груз над людьми и оборудованием. Особое внимание необходимо обратить на правильное закрепление поднимаемого груза.

В случаях обнаружения неисправностей оборудования, инструментов следует поставить в известность преподавателя, проводящего занятия. При получении травмы необходимо оказать первую помощь пострадавшему, известить преподавателя и отправить пострадавшего в медпункт. После окончания работ следует отключить установки от электрической сети, убрать рабочее место.

1 Лабораторная работа № 1. Грузозахватные приспособления. Стропы

Цель работы: изучить основные технические данные и назначение грузозахватных приспособлений и стропов.

1.1 Общие сведения

Грузозахватные приспособления ГПМ служат для подвески транспортируемых грузов к гибкому органу подъемного механизма. Для переноса разнородных грузов кран оборудуется универсальным грузозахватным приспособлением – крюком или скобой, к которым с помощью вспомогательных элементов (стропов, клещей, электромагнитов, ковшей и т. п.) можно подвешивать различные грузы. Для повышения производительности в случае работы крана с однородными грузами (плиты, листы, ящики, контейнеры, бочки, уголь, руда и т. п.) его оборудуют специальными грузозахватными устройствами (клещевые и эксцентриковые захваты, грейферы), что позволяет значительно проще, быстрее и удобнее крепить и освобождать груз.

Стропы предназначены для подъема, горизонтального и наклонного перемещения грузов. Поднимаемый груз можно подвешивать на одинарном стропе, на стропах, имеющих две и более ветвей («пауках»), или на кольцевых стропах (в виде замкнутой петли для непосредственной обвязки груза) («чалках»). Стропы бывают канатные (стальные и пеньковые), цепные и текстильные ленточные, с ручной или автоматической отцепкой груза. Для стальных стропов наилучшими являются гибкие канаты, имеющие большое число проволок (6×24 , 6×37 и 6×61). Цепные стропы формируют из сварных некалиброванных короткозвенных цепей. Звенья цепных стропов изготавливают из стали 20 или стали МСГ-Зсп. Условия работы стропов неблагоприятные (резкие перегибы, быстрая загрязняемость, влажность и т. д.).

1.2 Порядок выполнения работы

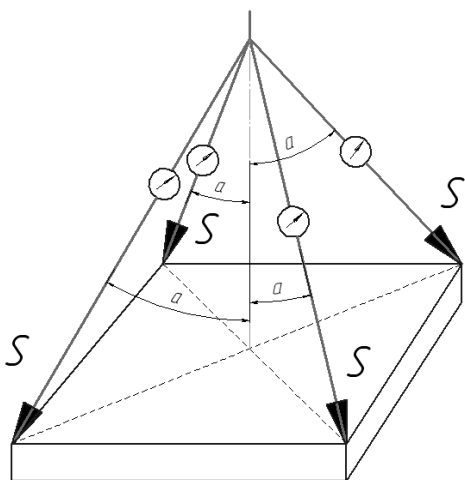
1 Провести техническое освидетельствование канатных и синтетических стропов. По результатам заполнить таблицу 1.1.

2 Палета с грузом фиксируется текстильными стропами в соответствии со схемой строповки, показанной на рисунке 1.1.

Таблица 1.1 – Техническое освидетельствование специальными контрольными органами

Дата освидетельствования	Результат освидетельствования	Периодичность освидетельствования	Срок следующего освидетельствования	Должность, фамилия, подпись ответственного представителя контрольного органа

Усилие в одной ветви стропа определяется по формуле или по показаниям динамометров:



$$S = \frac{Q}{n \cos \alpha}, \quad (1.1)$$

где Q – вес груза, Н;
 n – число ветвей стропа;
 α – угол отклонения ветви стропа от вертикали, определяется после строповки груза.

3 Эксперимент повторяется с палетами другого размера.

Результаты записываются в таблицу 1.2. По результатам работы делается заключение.

Рисунок 1.1 – Схема строповки груза

Таблица 1.2 – Результаты проведения эксперимента

Номер эксперимента	Вес груза Q , Н	Количество ветвей стропа n	Угол отклонения ветви стропа от вертикали α , град	Усиление в одной ветви стропа S , Н

Контрольные вопросы

- 1 Для чего применяются грузозахватные приспособления?
- 2 Как классифицируются стропы?
- 3 Перечислите характерные повреждения стропов.
- 4 Как изменяется усилие в стропе в зависимости от угла его отклонения от вертикали?
- 5 Перечислите достоинства и недостатки основных видов стропов.

2 Лабораторная работа № 2. Стальные проволочные канаты

Цель работы: изучить назначение, устройство и правила использования грузонесущих гибких органов грузоподъемных машин (ГПМ).

2.1 Общие сведения

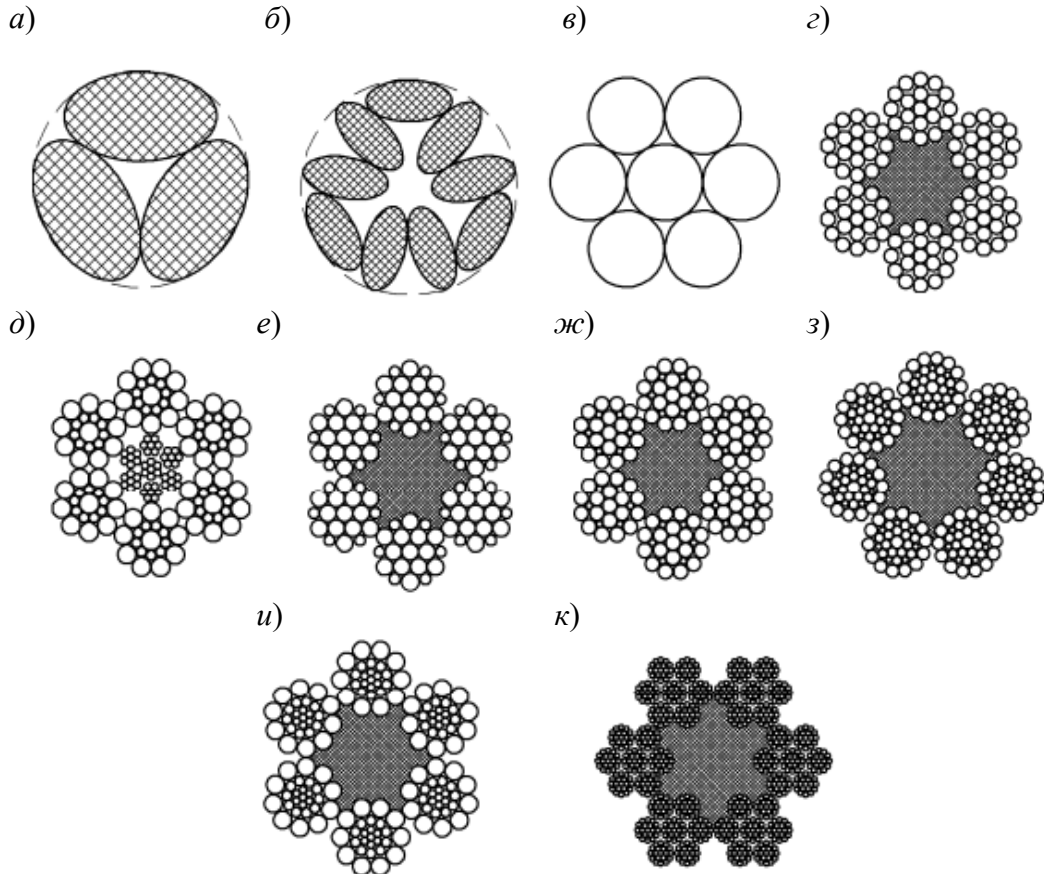
Наибольшее применение в качестве гибкого органа грузоподъемных машин находят стальные проволочные канаты (рисунок 2.1). Канат выбирается из соотношения

$$F \geq S \cdot Z_p, \quad (2.1)$$

где F – разрывное усилие каната в целом (принимается по документу о качестве каната (сертификату) завода-изготовителя, а при проектировании – по данным ГОСТов), Н;

S – наибольшее расчётное натяжение в ветви каната без учёта динамических нагрузок, Н;

Z_p – коэффициент использования каната (коэффициент запаса прочности каната).



a – пеньковый тросовый; b – пеньковый кабельтовый (ГОСТ 483-75); v – стальной ЛК-О конструкции 1×7 (ГОСТ 3062-80); z – стальной ТК конструкции $6 \times 19 + 1$ о. с. (ГОСТ 3070-80); d – стальной ЛК-О конструкции $6 \times 19 + 7/7$ (ГОСТ 3081-80); e – стальной ЛК-Р конструкции $6 \times 19 + 1$ о. с. (ГОСТ 2688-80); $ж$ – стальной ЛК-З конструкции $6 \times 25 + 1$ о. с. (ГОСТ 7665-80); $з$ – стальной ЛК-РО конструкции $6 \times 36 + 1$ о. с. (ГОСТ 7668-80); $и$ – стальной ТЛК-О конструкции $6 \times 27 + 1$ о. с. (ГОСТ 3079-80); $к$ – стальной канат-кабель конструкции $6 \times 7 \times 19 + 1$ о. с.

Рисунок 2.1 – Канаты

Вследствие сложного характера распределения напряжений в проволоках каната разрывная нагрузка F (агрегатная прочность) всегда меньше суммарной прочности входящих в него проволок:

$$F < F_{\sum \text{пров}}, \quad (2.2)$$

где $F_{\sum \text{пров}}$ – суммарное разрывное усилие всех проволок каната.

$$F_{\sum \text{пров}} = \sum A_{\text{пров}} \cdot \delta_{\sigma}, \quad (2.3)$$

где $\sum A_{\text{пров}}$ – суммарная площадь сечения всех проволок каната, мм²;

δ_{σ} – предел прочности материала проволоки, МПа.

Предел прочности проволоки

$$\delta_{\sigma} = \frac{F_{\text{разр}}^{\text{пров}}}{A_{\text{пров}}}, \quad (2.4)$$

где $F_{\text{разр}}^{\text{пров}}$ – разрывное усилие материала проволоки;

$A_{\text{пров}}$ – площадь поперечного сечения проволоки.

Отношение $\frac{F}{F_{\sum \text{пров}}} = K$ принято называть коэффициентом использования

прочности элементов каната, $K = 0,83$.

2.2 Лабораторная установка

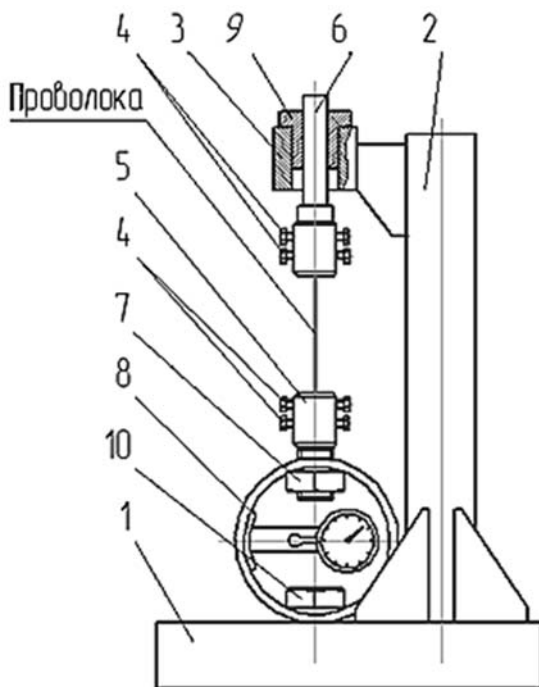


Рисунок 2.2 – Принципиальная схема лабораторной установки

Лабораторная установка (рисунок 2.2) предназначена для экспериментального определения предела прочности δ_B материала проволочек каната.

Установка представляет собой основание 1 со стойкой 2, в верхней части которой на кронштейне закреплена втулка 3. Отрезок проволоки зажимается болтами 4 в муфтах 5 и 6. Нижняя муфта 5 крепится гайкой 7 в динамометрическом кольце 8, а верхняя муфта 6 устанавливается во втулку 3 и затягивается гайкой 9. Динамометрическое кольцо 8 крепится на основании 1 болтом 10. В соответствии с ГОСТ 10446–80 длина отрезка проволоки между точками закрепления должна быть 100...200 мм. Растягивающее усилие в проволоке создается вращением гайки 9 и фиксируется индикатором часового типа, смонтированным в динамометрическом кольце 8. Максимальное усилие в про-

волоке, соответствующее разрывному усилию $F_{разр}^{пров}$, определяется в момент разрыва проволоки.

2.3 Порядок выполнения работы

1 Изучить конструкцию образца каната в соответствии с ГОСТ 3241–80.

2 Определить основные размеры и параметры образца каната: диаметр каната, количество прядей, количество проволок в пряди, диаметр проволоки, площадь сечения проволоки, площадь сечения проволок суммарная, тип сердечника, тип каната по ГОСТу и его разрывное усилие. Данные занести в таблицу 2.1.

3 Экспериментально определить предел прочности проволоки заданного образца каната и установить коэффициент использования прочности элементов каната K . Предел прочности δ_B определяется для трех-пяти отрезков проволоки длиной 100...200 мм. Сделать заключение о результатах проведенной работы.

Таблица 2.1 – Основные параметры каната

Параметр	Обозначение	Единица измерения	Величина
Диаметр каната	d_K	мм	
Количество прядей	$n_{пряд}$	шт.	
Количество проволок в пряди	$n_{пров}$	шт.	
Диаметр проволоки	$d_{I_{пров}}$	мм	
Площадь сечения проволоки	$A_{I_{пров}}$	мм ²	
Суммарная площадь сечения всех проволок	A_{Σ}	мм ²	
Тип сердечника			
Тип каната по ГОСТу и его $F_{разр}$			
Предел прочности материала проволоки	δ_B	МПа	
Коэффициент использования прочности каната	K	–	

Контрольные вопросы

- 1 Как классифицируются стальные канаты?
- 2 Приведите пример обозначения структурной формулы каната.
- 3 Каким образом выбирается канат по заданной грузоподъемности?
- 4 Назовите основные достоинства и недостатки канатов.
- 5 Перечислите основные правила эксплуатации канатов.

3 Лабораторная работа № 3. Цепи пластинчатые и круглозвенные

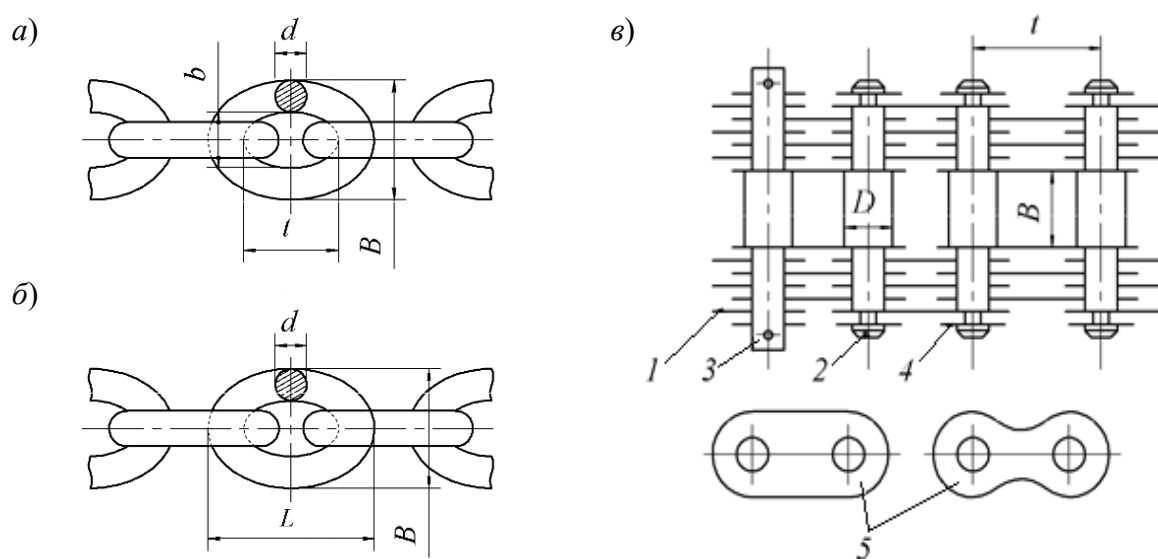
Цель работы: изучить назначение, устройство и правила использования пластинчатых и круглозвенных цепей.

3.1 Общие сведения

Грузовые цепи выпускают двух видов: сварные круглозвенные и пластинчатые. В **сварных цепях** (рисунок 3.1, а) звенья цепи изготавливаются кузнечно-

горновой или электроконтактной сваркой. Сварные цепи нормальной прочности могут быть коротко- и длиннозвенные, калиброванные и некалиброванные. Короткозвенной называется цепь, длина звеньев L которой не превышает $5d$, а ширина $B \leq 3,5d$ (d – диаметр прутка); остальные цепи относятся к длиннозвенным. Размер калиброванной цепи (см. рисунок 3.1, а) характеризуется диаметром прутка d , шириной звена B , внутренним размером b и шагом t , а некалиброванной цепи (рисунок 3.1, б) – шириной B и длиной звена L . К недостаткам сварных цепей относятся внезапное их разрушение в результате плохого качества сварки или скрытых пороков металла хотя бы одного звена и усталости металла, а также значительное вытягивание цепей под нагрузкой и большой износ.

Некалиброванной цепью можно пользоваться только при работе с гладким барабаном или блоком.



а – сварная калиброванная; б – сварная некалиброванная; в – пластинчатая шарнирная; 1 – пластина; 2 – валик; 3 – валик разъема; 4 – шайба; 5 – типы пластин: простая и фасонная соответственно

Рисунок 3.1 – Грузовые цепи

Грузовые *пластинчатые цепи* имеют по сравнению со сварными следующие достоинства: высокую прочность, большую безопасность (своевременное обнаружение дефектов в одиночных пластинах цепи до разрушения всей цепи) и большую гибкость в направлении движения, что допускает применение приводных и направляющих звездочек малых диаметров. У пластинчатых цепей есть и недостатки, которые ограничивают их использование: значительный износ в шарнирах, особенно при работе в пыльном помещении, и возможность поворота звеньев только в одном направлении вокруг шарниров. Пластинчатая цепь (рисунок 3.1, в) состоит из штампованных пластин, собираемых на валики. Пластинчатые цепи применяют в грузоподъемных машинах, работающих с небольшими скоростями, обычно до $V = 0,25 \dots 0,35$ м/с (предельно до $V = 1,5$ м/с). Размер пластинчатой цепи (ГОСТ 191–89) характеризуется номинальным шагом цепи t и разрушающей нагрузкой.

3.2 Порядок выполнения работы

1 Изучить конструкцию образца круглозвенной цепи. Данные занести в таблицу 3.1.

Таблица 3.1 – Конструкция круглозвенной цепи

Квалификационный признак	Характеристика
Тип	
Калибр d , мм	
Ширина звена B , мм	
Шаг t , мм	
Внутренний размер b , мм	
Длина звена L , мм	
Назначение	
Разрушающая нагрузка $F_{разр}$, кН	

2 Изучить конструкцию образца пластинчатой цепи. Данные занести в таблицу 3.2.

Таблица 3.2 – Конструкция пластинчатой цепи

Квалификационный признак	Характеристика
Тип	
Рядность	
Ширина цепи B , мм	
Шаг t , мм	
Диаметр втулки d , мм	
Диаметр ролика D , мм	
Диаметр катка D_k , мм	
Назначение	
Разрушающая нагрузка $F_{разр}$, кН	

Контрольные вопросы

- 1 Как классифицируются цепи?
- 2 Перечислите основные параметры круглозвенных цепей.
- 3 Перечислите основные параметры пластинчатых цепей.
- 4 Назовите основные достоинства и недостатки цепей.
- 5 Перечислите основные правила эксплуатации цепей.

4 Лабораторная работа № 4. Простейшие грузоподъемные устройства

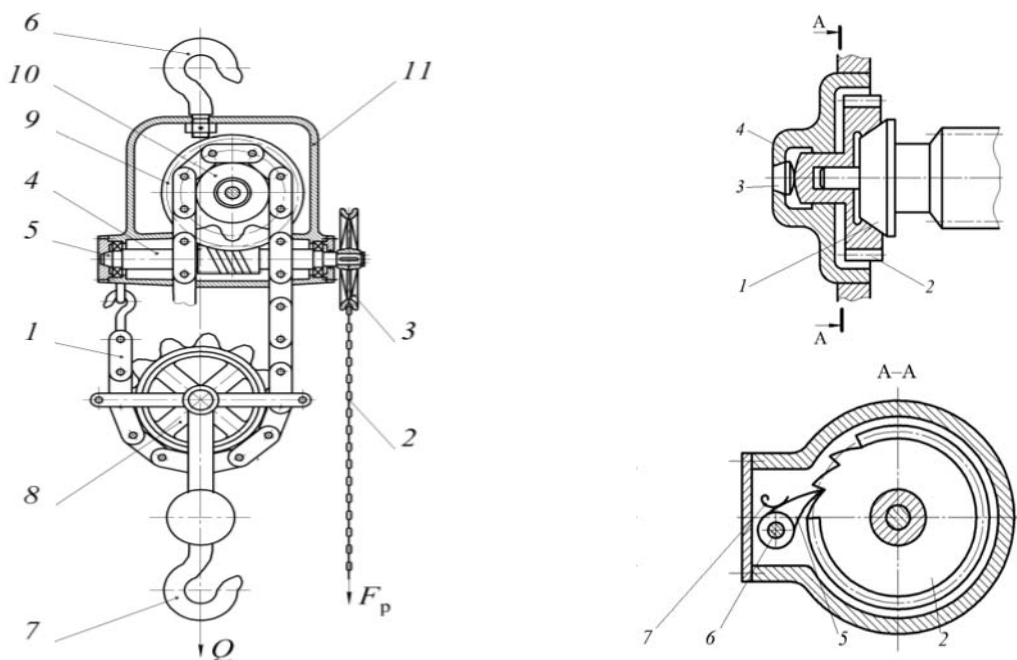
Цель работы: изучить конструкцию и принцип действия ручной шестерённой тали, винтового и гидравлического домкратов.

4.1 Описание лабораторной установки

Ручная червячная таль (рисунок 4.1) состоит из открытой червячной передачи, установленной в сборном корпусе 11 , монтажного крюка 6 для подвешивания руч-

ной тали, приводного цепного колеса 3, тяговой круглозвенной цепи 2, храпового останова, заблокированного с коническим тормозом 5, грузовой звездочки 10, пластинчатой цепи 1, подвижного блока-звездочки 8, грузовой крюка 7, на который подвешивается груз. Все грузоподъемные механизмы обязательно оборудуются тормозными устройствами.

Для увеличения КПД червячной тали применяется несамотормозящая червячная передача, поэтому используется храповый механизм, заблокированный с коническим тормозом (рисунок 4.2), который установлен на валу червяка 1 и состоит из корпуса тормоза 4 (крепящегося к корпусу ручной тали и являющегося опорой червяка), храпового колеса 2, собачки 5, пружины 7, оси собачки 6. Ручная таль работает следующим образом. Таль подвешивается за крюк 6 (см. рисунок 4.2) над поднимаемым грузом. Вращение вала червяка 4 осуществляется с помощью круглозвенной цепи 2 с окружным усилием F_p .



1 – грузонесущая пластинчатая цепь; 2 – приводная сварная калиброванная круглозвенная цепь; 3 – приводное цепное колесо; 4 – вал червяка; 5 – храповый останов с коническим тормозом; 6 – монтажный крюк; 7 – грузонесущий крюк; 8 – блок-звездочка; 9 – червячное колесо; 10 – грузовая звездочка; 11 – корпус

1 – вал червяка; 2 – храповое колесо; 3 – пята; 4 – корпус; 5 – собачка; 6 – ось собачки; 7 – пружина

Рисунок 4.2 – Тормоз ручной тали

Рисунок 4.1 – Ручная червячная таль

От червяка вращательное движение передается червячному колесу 9, которое через шпоночное соединение приводит в движение вал, на который крепится грузовая звездочка 10, приводящая с помощью пластинчатой цепи 1 к подъему или опусканию крюка 7 и груза. Крюк может крепиться непосредственно к цепи или с помощью блока-звездочки 8 (для получения двукратного полиспаста).

Направление витков червяка выбрано таким образом, чтобы при подъеме

груза осевая сила F_a зацепления, действующая на червяк, была направлена в сторону конического тормоза и тем самым создавала тормозной момент, удерживающий храповое колесо неподвижно на валу червяка. При подъеме груза за счет осевой силы зацепления тормоз конической поверхностью вала червяка 1 (см. рисунок 4.2) упирается во внутреннее коническое углубление храпового колеса 2, которое выступом упирается в неподвижную пяту 3, закрепленную в корпусе 4. Направление зубьев храпового колеса выбрано таким, что оно может вращаться только в сторону подъема груза и задерживаться собачкой 5 в сторону опускания. При подъеме груза за счет сил трения детали 1 и 2 вращаются совместно и храповые зубья не мешают подъему. При остановке за счет сил трения между колесом 2 и конусом 1 груз удерживается от опускания собачкой 5, установленной на оси 6 и прижимаемой к храповому колесу плоской пружиной 7.

При опускании груза вращение вала червяка осуществляется в другую сторону, осевая сила F_a меняет свое направление, что приводит к значительному уменьшению тормозного момента в коническом тормозе, и храповое колесо свободно проворачивается на валу червяка. Как только вращение вала червяка прекращается, осевая сила меняет свое направление и конический тормоз за счет храпового колеса и собачки удерживает груз от опускания.

4.2 Порядок выполнения работы

Конструкции и принципы действия ручной тали, винтового и гидравлического домкратов изучаются по натурным образцам и рисункам 4.1 и 4.2.

1 Определить КПД винтового домкрата по формуле

$$\eta = \frac{\operatorname{tg}\psi}{\operatorname{tg}(\psi+\varphi)} \quad (4.1)$$

где ψ – угол подъема средней винтовой линии резьбы;

φ – приведенный угол трения винта по гайке.

При этом

$$\operatorname{tg}\psi = \frac{P_1}{\pi d_2}, \quad (4.2)$$

где P_1 – шаг резьбы;

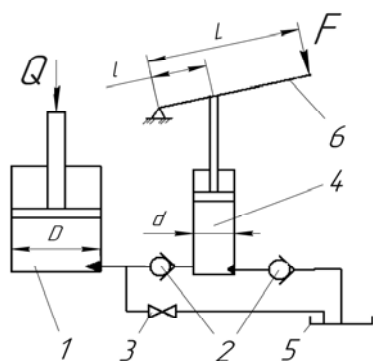
d_2 – средний диаметр наружной резьбы.

Параметр P_1 , а также наружный диаметр наружной резьбы d измеряются на натурном образце домкрата, после чего по ГОСТ 10177–82 определяется средний диаметр резьбы d_2 .

Приведенный угол трения φ найти из выражения

$$\varphi = \operatorname{arctg}(f_{np}), \quad (4.3)$$

где f_{np} – приведенный коэффициент трения материала винта по материалу гайки (винт стальной, гайка бронзовая), можно принять $f_{np} = 0,12$.



1 – гидроцилиндр; 2 – обратный клапан; 3 – вентиль; 4 – насос; 5 – гидробак; 6 – рычаг

Рисунок 4.3 – Схема гидравлического домкрата

2 Определить передаточное отношение гидравлического домкрата из соотношения (рисунок 4.3.)

$$i = \frac{D^2}{d^2} \cdot \frac{L}{l}, \quad (4.4)$$

где D – диаметр гидроцилиндра;
 d – диаметр поршня насоса;
 L, l – плечи рычага.

Значения D, d, L, l определяются замером на натурном образце домкрата.

Контрольные вопросы

- 1 Какие простейшие типы грузоподъемных устройств Вы знаете?
- 2 Каковы устройство и принцип работы ручной тали?
- 3 Каким образом груз удерживается от самопроизвольного опускания?
- 4 Каким образом осуществляется опускание груза в ручной тали?
- 5 Каковы устройство и принцип работы гидравлического домкрата?

5 Лабораторная работа № 5. Конструкция крановой тележки

Цель работы: изучить конструкцию и теоретически определить силу сопротивления передвижению крановой тележки.

5.1 Общие сведения

Конструкция тележки во многом определяется исполнением пролетного строения моста крана, которое может быть двухбалочным или однобалочным.

Крановые тележки двухбалочных кранов общего назначения выполняют четырехопорными, перемещающимися по уложенным на поясах главных балок рельсам (рисунок 5.1). На раме тележки размещены механизм подъема груза, механизм передвижения тележки, токосъемник (в случае троллейного токоподвода) или поводок для кареток (в случае кабельного токоподвода), а также устройства безопасности, обеспечивающие нормальную эксплуатацию механизмов подъема и передвижения. К этим устройствам относятся ограничители высоты подъема и грузоподъемности механизма подъема, автоматически отключающие механизм при подъеме крюка в крайнее положение и подъеме груза массой, превышающей номинальную на 10 %. Для ограничения передвижения тележки в крайние положения на мосту крана устанавливают концевые выключатели, а на тележке – ли-

нейку. При подходе тележки в крайнее положение линейка взаимодействует с концевыми выключателями, с помощью которых автоматически отключается механизм передвижения. Тележка также оборудуется буферами, ограничивающими ее перемещение по мосту. Для обеспечения безопасной работы при ремонте или осмотре механизмов на тележке устанавливают перила.

В механизмах подъема используют барабаны с двумя нарезками разных направлений и сдвоенные полиспасты, благодаря чему возможно произвести вертикальный подъем груза и при установке середины барабана по продольной оси моста передать равномерную нагрузку от действия силы тяжести поднимаемого груза на ходовые колеса. При использовании двух механизмов подъема (главного и вспомогательного) механизм главного подъема размещают таким образом, что приводные колеса испытывают нагрузку больше неприводных. Ходовая часть тележек кранов большой грузоподъемности (более 50 т) выполнена на балансирных тележках, позволяющих более равномерно распределять нагрузку на главные балки моста крана от действия их силы тяжести, а также силы тяжести поднимаемого груза.

В кранах с однобалочными мостами используются специальные подвесные ходовые тележки, к которым крепится грузоподъемный механизм (рисунок 5.2).



Рисунок 5.1 – Тележка крановая четырехопорная



Рисунок 5.2 – Тележка однобалочного крана

Теоретически сила сопротивления передвижению крановой тележки

$$F_{\text{тяг}}^{\text{теор}} = m_T g \left(\frac{f_u d_u + 2\mu}{D_{\text{хк}}} K_P + i \right), \quad (5.1)$$

где f_u – коэффициент трения в цапфе подшипника;

d_u – диаметр цапфы;

μ – коэффициент трения качения;

$D_{\text{хк}}$ – диаметр ходового колеса.

Геометрические параметры ходового колеса: $d_u = 45$ мм; $D_{\text{хк}} = 200$ мм.

Для расчёта силы сопротивления по формуле (5.1) недостающие данные принимаются по таблицам из технической литературы.

5.2 Порядок выполнения работы

По натурным образцам изучаются конструкции крановых тележек одно- и двухбалочного кранов. Вычерчиваются их кинематические схемы. По формуле (5.1) определяется теоретическая сила сопротивления передвижению тележки.

Контрольные вопросы

- 1 Для чего служат крановые тележки?
- 2 Как необходимо размещать механизмы на раме тележки?
- 3 Для чего используются балансирующие тележки?
- 4 Для чего служат концевые выключатели?
- 5 Каковы конструктивные особенности тележек магнитного крана?
- 6 Изменится ли сила сопротивления передвижению тележки, если вместо одноребордных колес установить двухребордные?
- 7 Что произойдет, если сила тяги превысит силу сцепления колеса с рельсом?

6 Лабораторная работа № 6. Определение сопротивлений передвижению крановой тележки

Цель работы: экспериментально определить силу сопротивления передвижению крановой тележки.

6.1 Описание лабораторной установки

Для проведения лабораторной работы используется крановая тележка, установленная в лаборатории кафедры. Схема установки представлена на рисунке 6.1.

Крановая тележка соединяется с противовесом канатом, в котором до начала движения создается сила

$$F_{np} = \frac{m_{np} g \eta_n}{i_n}, \quad (6.1)$$

где m_{np} – масса противовеса;
 g – ускорение свободного падения;
 η – КПД полиспаста;
 i_n – его кратность.

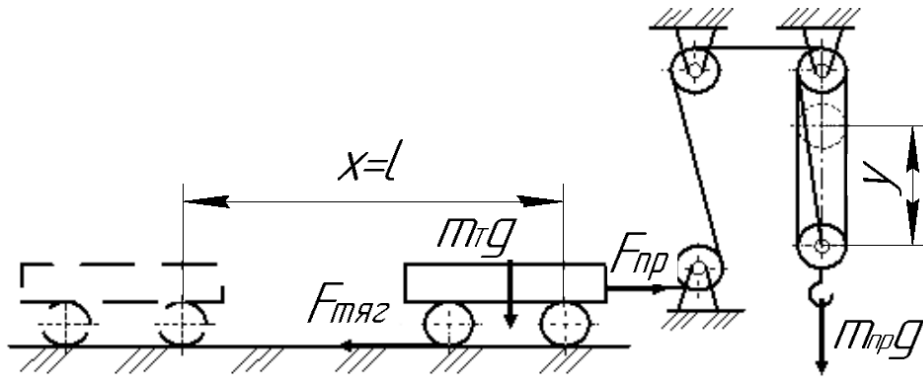


Рисунок 6.1 – Стенд для проведения эксперимента

Если допустить, что система абсолютно жесткая, то уравнение движения тележки

$$F_{np} - F_{тяги} = m_T \ddot{x} + \frac{m_{np} \ddot{y} \eta_n}{i_n} \quad (6.2)$$

где $F_{тяги}$ – сила сопротивления передвижению тележки;

m_T – масса тележки;

x, y – перемещения тележки и противовеса.

Ускорение движения тележки определяется по формуле

$$\ddot{x} = \frac{2x}{t^2}, \quad (6.3)$$

где t – время передвижения тележки.

Поскольку перемещение противовеса $y = x/i_n$, то ускорение его движения

$$\ddot{y} = \frac{\ddot{x}}{i_n}. \quad (6.4)$$

Сила сопротивления передвижению тележки

$$F_{тяги} = m_T g (K_{тяги} K_p + i) = m_T g K_C, \quad (6.5)$$

где $K_{тяги}$ – коэффициент тяги;

K_p – коэффициент сопротивления от трения реборд колёс о рельсы;

i – уклон пути;

K_C – обобщенный коэффициент сопротивления.

Если подставить уравнение (6.5) в (6.2), то после преобразований получим зависимость

$$m_T = \frac{\left(F_{np} - \frac{m_{np} \ddot{y} \eta_n}{i_n} \right)}{\ddot{x} + gK_C}. \quad (6.6)$$

В уравнении (6.6) неизвестными будут две величины: M_m и K_C . Для решения уравнения (6.6) проводятся два опыта с различными массами противовесов и рассчитываются по (6.1), (6.3), (6.4) сила в канате и ускорение.

$$K_C = \frac{\left(F_{np2} \ddot{x}_1 - F_{np1} \ddot{x}_2 \right)}{\left(F_{np1} - F_{np2} \right) g}. \quad (6.7)$$

6.2 Порядок выполнения работы

Под действием падающего противовеса массами m_{np1} и m_{np2} тележка перемещается на фиксируемые расстояния $X = 1$ (см. рисунок 6.1) за время t , определяемое по секундомеру. По формулам (6.3) и (6.4) рассчитывают ускорения, а по формуле (6.1) – усилия в канате F_{np1} и F_{np2} . Используя уравнения (6.6) и (6.7), находят коэффициент сопротивления K_C и массу тележки m_m , а затем по (6.5) – силу $F_{тяг}$. Эксперименты повторяются n раз (как правило, 2–4 раза). Экспериментальные результаты и теоретические (полученные в ходе проведения лабораторной работы № 5) сравниваются и анализируются.

Контрольные вопросы

- 1 Как определить скорость и ускорение движения тележки?
- 2 Как определить коэффициент тяги тележки?
- 3 От чего зависит сила сопротивления передвижению крановой тележки?
- 4 Как изменяется коэффициент тяги с увеличением диаметра ходового колеса?
- 5 Как изменяется скорость движения тележки от времени?

7 Лабораторная работа № 7. Изучение процесса торможения

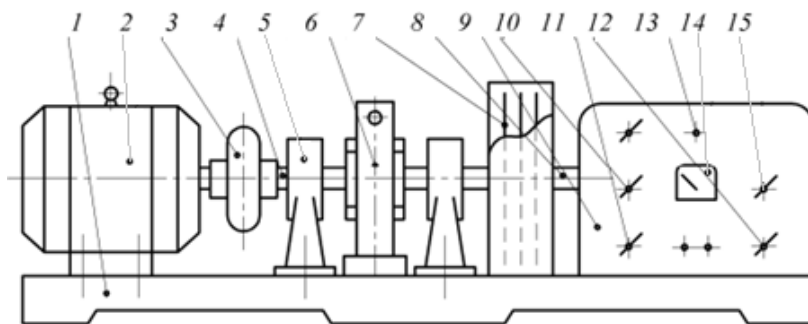
Цель работы: приобрести практические навыки по регулировке тормозного момента нормально замкнутых колодочных тормозов; экспериментально определить величины, характеризующие эффективность работы тормозных устройств.

7.1 Описание лабораторной установки

Установка для испытания колодочного тормоза (рисунок 7.1) смонтирована на литой станине 1, на которой расположен электродвигатель 2, соединенный при помощи упругой муфты 3 с валом тормозного шкива 4. Вал установ-

лен в подшипниковых опорах 5, между которыми расположен исследуемый тормоз 6; на консольном конце вала укреплены три инерционных диска 7 и датчик частоты вращения 8. Для управления и контроля работы установки на станине смонтирован пульт управления 9 с элементами управления и контроля: тумблер 10, включающий и выключающий электродвигатель и тормоз; тумблер 11, включающий и выключающий тормоз; тумблер 12, выключающий двигатель при включенном тормозе; выключатель 13 терморпар, вмонтированных в тормозные обкладки, и шкала 14 – указатель их температуры; переключатель частоты вращения электродвигателя 15.

Приведенный момент инерции вращающихся масс установки без дисков $J_y = 1 \text{ Н} \cdot \text{м}^2$. Момент инерции одного инерционного диска $J_0 = 3,9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2$, количество дисков $z = 3$ шт.



1 – станина; 2 – электродвигатель; 3 – соединительная муфта; 4 – вал тормозного шкива; 5 – подшипниковая опора; 6 – тормоз; 7 – инерционный диск; 8 – датчик частоты вращения; 9 – пульт управления; 10 – тумблер включения и выключения электродвигателя и тормоза; 11 – тумблер включения и выключения тормоза; 12 – тумблер выключения двигателя при включенном тормозе; 13 – тумблер включения терморпар; 14 – шкала указателя температуры колодок; 15 – тумблер переключения частоты вращения двигателя

Рисунок 7.1 – Установка для изучения процесса торможения

7.2 Порядок выполнения работы

1 Определяется время t_c свободного выбега установки без включенного тормоза при частоте вращения $n = 950 \text{ мин}^{-1}$. Для этого включается установка (см. рисунок 7.1) тумблерами 10–12, тумблер 15 устанавливается в положение «Вкл» – установка включена. Дается выдержка до установившейся частоты вращения (не более 10 с). Одновременно с установкой тумблера 12 (выбег) в положение «Выкл» включается секундомер; при полной остановке вращающихся масс секундомер выключается. Показания секундомера являются временем свободного выбега t_{ci} при $n = 950 \text{ мин}^{-1}$. Опыт повторяется 3 раза и определяется среднее значение времени выбега. Аналогичным образом устанавливается время свободного выбега при частоте вращения $n = 1450 \text{ мин}^{-1}$. Полученные данные заносятся в таблицу 7.1.

2 Определяется время торможения t_m для обоих частот вращения. Для этого по согласованию с преподавателем устанавливается величина тормозного

усилия на пружине тормоза 100...200 Н. Включается установка аналогично п. 1 последовательным включением тумблеров 10–12, 15. После того как частота вращения достигнет установившегося значения, одновременно выключаются тумблер 11 (двигатель-тормоз) и секундомер, затем определяется время t_{mi} до полной остановки вращающихся частей установки. Опыт повторяется 3 раза. Полученные данные заносятся в таблицу 7.1.

Таблица 7.1 – Результаты экспериментов

Параметр	Тормозное усилие пружины F , Н							
	$n = 950 \text{ мин}^{-1}$				$n = 1450 \text{ мин}^{-1}$			
	Опыт			\bar{t}	Опыт			\bar{t}
	1	2	3		1	2	3	
Время свободного выбега t_c , с								
Время торможения t_m , с								
Момент сопротивлений установки M_c , Н · м								
Момент инерции вращающихся масс $M_{ин}$, Н · м								
Тормозной момент M_m , Н · м								
Удельное давление между шкивом и колодкой p , Н/мм ²								
Удельная мощность сил трения A , МН/(м · с)								

3 Определяется момент сопротивлений установки:

$$M_c = \frac{(J_y + zJ_d) \cdot n}{375\bar{t}_c}, \quad (7.1)$$

где J_y – момент инерции установки без дисков, Н · м²;

z – количество дисков, шт.;

J_d – момент инерции одного диска, Н · м²;

\bar{t}_c – среднее время свободного выбега установки (см. п. 1), с.

4 Определяется момент инерции вращающихся масс:

$$M_{ин} = \frac{(J_y + zJ_d) \cdot n}{375\bar{t}_m}, \quad (7.2)$$

где \bar{t}_m – среднее время торможения установки (см. п. 2), с.

5 Рассчитывается момент, развиваемый тормозом,

$$M_m = M_{ин} - M_c. \quad (7.3)$$

6 Тормоз проверяется на удельное давление и нагрев колодок, для чего определяется удельное давление между шкивом и колодкой тормоза по формуле

$$p = \frac{M_m}{fDA_k} \leq [p], \quad (7.4)$$

где p – удельное давление между шкивом и колодкой, Н/мм²;

$[p]$ – допускаемое удельное давление, Н/мм². Для стали по чугуна $[p] = 1,5$ Н/мм²;

A_k – площадь рабочей поверхности одной тормозной колодки,

$$A_k = \pi D \frac{\alpha}{360} B, \quad (7.5)$$

где α – угол обхвата шкива одной колодкой, $\alpha = 70^\circ$;

B – ширина тормозной колодки, мм.

Дополнительно колодки тормоза проверяются на нагрев по удельной мощности трения, которая определяется по формуле

$$A = pV_o f \leq [A], \quad (7.6)$$

где $[A]$ – допускаемое значение удельной мощности, принимаемое в пределах 1,5...2,0 МН/(м·с);

V_o – расчетная окружная скорость на ободе шкива,

$$V_o = Vc_0; \quad (7.7)$$

c_0 – коэффициент безопасности, $c_0 = 1,1 \dots 1,2$;

V – действительная окружная скорость на ободе шкива,

$$V = \frac{\pi Dn}{60}, \quad (7.8)$$

n – частота вращения тормозного шкива, мин⁻¹.

7 Заполняется таблица 7.1. По результатам проведенной работы делаются выводы.

Контрольные вопросы

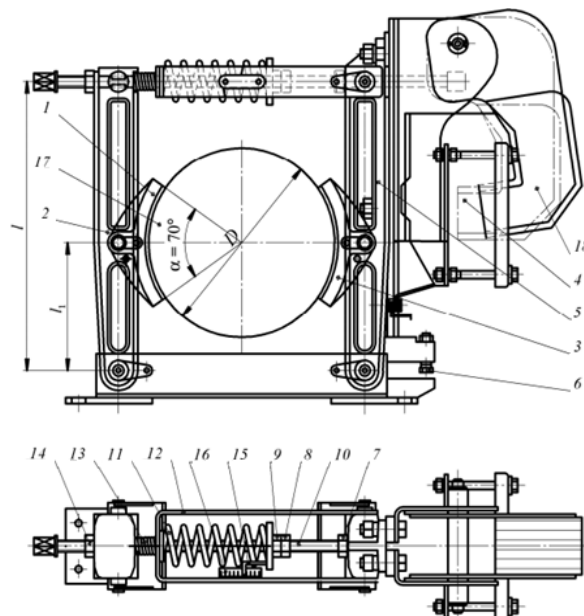
- 1 Для чего используются тормоза в ГПМ?
- 2 Как классифицируются тормозные устройства в ГПМ?
- 3 Перечислите основные требования, предъявляемые к тормозам.
- 4 В каком месте механизма устанавливается тормозной шкив?
- 5 Назовите причины перегрева и гудения электромагнита.

8 Лабораторная работа № 8. Конструкции тормозов. Регулировка тормозов

Цель работы: приобрести практические навыки по регулировке нормально замкнутых колодочных тормозов.

8.1 Конструкция колодочного тормоза

Тормоз ТКТ-100 (рисунок 8.1) состоит из двух рычагов 2 и 5 с шарнирно закрепленными на них тормозными колодками 1 и 3. Замыкание тормоза осуществляется усилием, которое создается основной пружиной сжатия 11, установленной в скобе 12 над тормозным шкивом 17 и прижимающей к нему обе колодки.



1 – левая тормозная колодка с накладкой; 2 – левый рычаг; 3 – правая тормозная колодка с накладкой; 4 – электромагнит; 5 – правый рычаг; 6 – регулировочный винт; 7–9 – гайка, 14 – гайки; 10 – шток; 11 – основная пружина; 12 – скоба; 13 – вспомогательная пружина; 15 – указатель; 16 – шкала силы сжатия пружины; 17 – тормозной шкив; 18 – якорь; D – диаметр тормозного шкива; l , l_1 – длины плеч рычагов; α – угол обхвата шкива колодкой

Рисунок 8.1 – Двухколодочный тормоз типа ТКТ

Левый конец пружины воздействует на левую часть скобы, связанную через рычаг с правой колодкой 3, а правый конец пружины воздействует через контргайку 8 и гайку 9 на шток 10. Гайка 14 передает усилие сжатой пружины от штока на левый рычаг 2. Для нормальной работы нужен зазор между правым рычагом 5 и гайкой 7. Размыкание тормоза происходит при подаче электрической энергии в обмотки электромагнита 4. Якорь 18 притягивается магнитным полем магнита и своим выступом надавливает на правый хвостовик штока 10.

Основная пружина *11* при этом сжимается, а отход рычагов *2, 5* с колодками *1, 3* от тормозного шкива *17* обеспечивают вспомогательная сжатая пружина *13* и момент от силы тяжести электромагнита *4*.

Равномерность отхода обеих колодок от шкива достигается установкой винта *6*.

Для регулирования степени сжатия основной пружины на штоке *10* тормоза установлены гайка *9* и контргайка *8*. Для размыкания тормоза без включения электромагнита, что необходимо при замене фрикционных накладок, предусмотрена гайка *7*, отводя которую вручную по резьбе штока *10* до упора в рычаг *5*, производят перемещение штока, приводящее к дополнительному сжатию основной пружины *11* и отходу колодки. Для регулирования зазора между шкивом и колодкой и удержания рычага *2* служит гайка *14*. Указатель *15* и шкала *16* предназначены для установки степени сжатия пружины на определенное усилие. При ослаблении главной пружины тормоз не будет держать груз.

Чрезмерное натяжение главной пружины может быть одной из причин неразмыкания тормозов или перегрева и гудения электромагнита.

8.2 Порядок выполнения работы

По натурным образцам изучаются конструкции колодочных и ленточных тормозов.

Используя натуральный образец тормоза, осуществляют его регулировку в следующей последовательности.

1 Регулирование (осадка) пружины осуществляется вращением гаек *8* и *9* (см. рисунок 8.1) с помощью ключа при удержании штока *10* за квадратный хвостовик до тех пор, пока указатель *15*, закрепленный на пружине, не совпадет с необходимым делением на шкале *16*.

2 Регулирование величины зазора между колодками и шкивом производится вращением гайки *14*, при помощи которой вначале освобождаются колодки, затем между колодками и шкивом закладываются пластинки или щуп толщиной, равной величине суммарного зазора на обе колодки, и колодки прижимаются к пластинкам.

Отвинчивается гайка *7* до упора в рычаг *5*, отжимаются колодки и извлекаются закладки, а гайка *7* возвращается в исходное положение.

3 Регулирование равномерности зазора между колодками и шкивом осуществляется винтом *6*, вращением которого добиваются равного, симметричного отхода колодок, а контроль производится щупом или калиброванной пластинкой.

Контрольные вопросы

- 1 Перечислите типы двухколодочных тормозов, используемых в ГПМ.
- 2 Как отрегулировать тормоз на заданный тормозной момент?
- 3 Как установить оптимальный зазор между колодками и шкивом тормоза?
- 4 Как обеспечить равномерный отход колодок от тормозного шкива?
- 5 Назовите причины неразмыкания тормозов.

9 Лабораторная работа № 9. Статические испытания грузоподъемных кранов

Цель работы: изучить принципы и приобрести практические навыки проведения статических испытаний грузоподъемных кранов (ГПК).

9.1 Общие сведения

Статические испытания крана проводятся нагрузкой, на 25 % превышающей его паспортную грузоподъемность.

Статические испытания мостового крана проводятся следующим образом. Кран устанавливается над опорами кранового пути, а его тележка (тележки) – в положение, отвечающее наибольшему прогибу моста. Контрольный груз поднимается краном на высоту 100...200 мм и выдерживается в таком положении в течение 10 мин. Статические испытания козлового крана и мостового перегружателя проводятся так же, как испытания мостового крана; при этом у крана с консолями каждая консоль испытывается отдельно. По истечении 10 мин груз опускается, после чего проверяется отсутствие остаточной деформации моста крана. При наличии деформации, явившейся следствием испытания крана грузом, кран не должен допускаться к работе до выяснения специализированной организацией причин деформации и определения возможности дальнейшей работы крана. Статические испытания крана стрелового типа, имеющего одну или несколько грузовых характеристик, при периодическом или внеочередном техническом освидетельствовании проводятся в положении, соответствующем наибольшей грузоподъемности крана и (или) наибольшему грузовому моменту. При статических испытаниях кранов стрелового типа стрела устанавливается относительно ходовой опорной части в положение, отвечающее наименьшей расчетной устойчивости крана, и груз поднимается на высоту 100...200 мм. Кран считается выдержавшим статические испытания, если в течение 10 мин поднятый груз не опустился на землю, а также не будет обнаружено трещин, остаточных деформаций и других повреждений металлоконструкций и механизмов.

9.2 Порядок выполнения работы

1 Кран устанавливается над опорами кранового пути, а его тележка – в положение, отвечающее наибольшему прогибу моста.

2 Контрольный груз поднимается краном на высоту 100...200 мм и выдерживается в таком положении в течение 10 мин.

3 По истечении 10 мин груз опускается, после чего проверяется отсутствие остаточной деформации моста крана. При наличии деформации, явившейся следствием испытания крана грузом, кран не должен допускаться к работе до выяснения специализированной организацией причин деформации и определения возможности дальнейшей работы крана.

Контрольные вопросы

- 1 Грузом какой массы проводятся статические испытания кранов?
- 2 Укажите последовательность проведения статических испытаний.
- 3 С какой целью проводятся статические испытания кранов?
- 4 На какую высоту поднимают контрольный груз при проведении статических испытаний?
- 5 Как долго контрольный груз удерживается краном при проведении статических испытаний?

10 Лабораторная работа № 10. Динамические испытания грузоподъемных кранов

Цель работы: изучить принципы и приобрести практические навыки проведения динамических испытаний ГПК.

10.1 Общие сведения

Динамические испытания крана проводятся грузом, масса которого на 10 % превышает его паспортную грузоподъемность, и имеют целью проверку действия механизмов и тормозов. При динамических испытаниях кранов производятся многократные (не менее трех раз) подъем и опускание груза, а также проверка действия всех других механизмов при совмещении рабочих движений, предусмотренных руководством по эксплуатации крана.

10.2 Порядок выполнения работы

- 1 Осуществить трёхкратный подъем и опускание контрольного груза на полную высоту подъема механизмом подъема груза.
- 2 Осуществить трёхкратное перемещение контрольного груза механизмом передвижения тележки из крайнего левого ее положения в крайнее правое.
- 3 Осуществить трёхкратное перемещение крана на всю длину пути с контрольным грузом.
- 4 Осуществить трёхкратное перемещение контрольного груза с совмещением рабочих операций перемещения крана и подъема груза.
- 5 Осуществить трёхкратное перемещение контрольного груза с совмещением рабочих операций перемещения тележки и подъема груза.
- 6 Осуществить трёхкратное перемещение контрольного груза с совмещением рабочих операций перемещения тележки и перемещения крана.
- 7 Кран считается выдержавшим испытания, если не будет обнаружено трещин, остаточных деформаций и других повреждений металлоконструкций и механизмов.

Контрольные вопросы

- 1 Допускается ли проводить динамические испытания ГПК без предварительно проведенных статических?
- 2 Грузом какой массы проводятся динамические испытания кранов?
- 3 Укажите последовательность проведения динамических испытаний.
- 4 С какой целью проводятся динамические испытания кранов?
- 5 Какие признаки свидетельствуют о том, что ГПК выдержал проверку?

11 Лабораторная работа № 11. Изучение устройства и принципа действия талей

Цель работы: изучить назначение, устройство и принцип работы электрической тали.

11.1 Общие сведения

Электрическая таль (рисунок 11.1) состоит из механизмов подъема 1 и передвижения 2, крюковой подвески 3, кнопочной станции 4, грузового каната 5. Управление механизмом подъема тали электрической производят с помощью кнопочной станции, подвешенной к корпусу. Токосвод выполняют в виде троллей или гибкого кабеля.

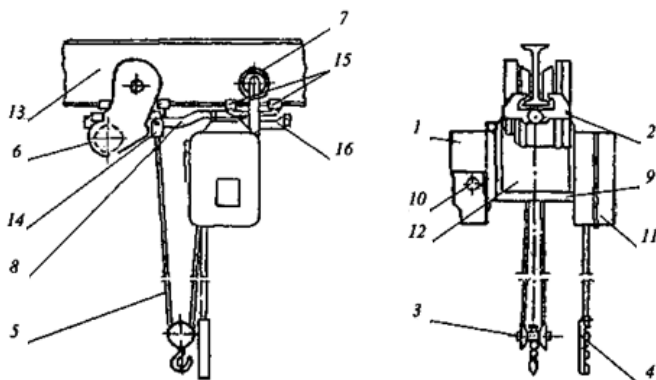


Рисунок 11.1 – Конструкция электрической тали

Механизм подъема подвешен к траверсе 8, в его состав входят электродвигатель (на рисунке 11.1 не показан), барабан 9 (или мотор-барабан), редуктор 10, шкаф электроаппаратуры 11, крюковая подвеска 3. Барабан или мотор-барабан размещается в литом или сварном корпусе тали 12.

На траверсе 8 также закрепляются элементы механизма подъема – уравнильный блок 14 и панель с конечным выключателем. Расположение барабана или мотор-барабана относительно рельса 13 может быть поперечным или продольным. Механизм передвижения (см. рисунок 11.1) включает в себя приводную 6 и холостую 7 тележки, которые шарнирно соединены с траверсой 8. Направляющие ролики 15 и буфер 16 входят в комплектацию приводной и холостой тележек механизма передвижения тали.

На рисунке 11.2 показан механизм подъема тали со встроенным в барабан электродвигателем 19 и дисковым тормозом 15.

Редуктор двухступенчатый, быстроходная ступень с внешним, а тихоходная с внутренним зацеплениями. Ступени образуются парами колёс 3, 4, 6 и 7,

соответственно находящимися в зацеплении. Имеются: 3 – быстроходный вал-шестерня и 5 – промежуточная ось редуктора, опорами которых служат подшипники 13 и 25; подшипники 25 – игольчатого типа (для уменьшения габаритов ступицы колеса 4). Подшипники 13 являются одновременно опорами барабана 1, подшипники 9 – опоры корпуса тали. Корпус редуктора 10 закрыт крышкой 14. Дисковый тормоз прикреплен к корпусу 11 тали винтами (на рисунке 11.2 не обозначены). В корпусе редуктора имеются сливная пробка 16 и пробка-отдушина 17. Быстроходный вал уплотнен манжетами 18 и 24. Корпус редуктора уплотнен манжетой 20. Позиция 2 – шпонка, 21 – дистанционное кольцо, 22, 23 – мазеудерживающие кольца.

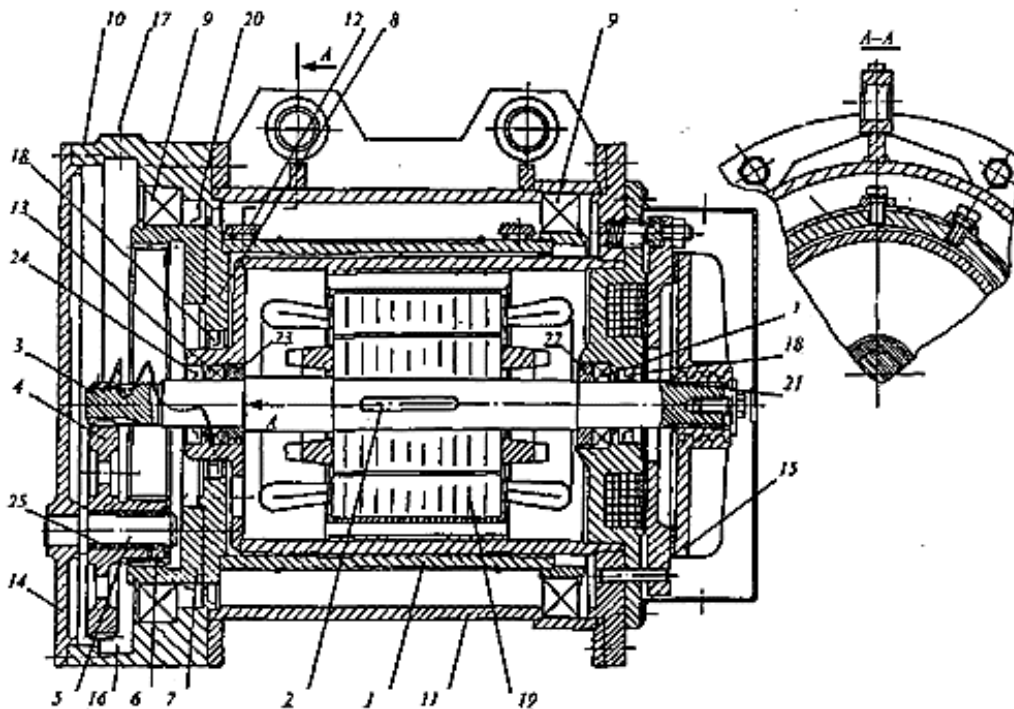


Рисунок 11.2 – Механизм подъема с электродвигателем, встроенным в барабан

11.2 Порядок выполнения работы

1 По натурным образцам и справочной литературе изучаются устройство и принцип действия механизмов электрической тали.

2 Вычерчиваются кинематические схемы всех механизмов электротали.

Контрольные вопросы

1 Как может располагаться барабан механизма подъема тали относительно монорельса?

2 Как могут устанавливаться двигатели механизма подъема тали?

3 Какими устройствами безопасности оборудуются тельферы?

4 Тормозными устройствами каких типов оборудуются тельферы?

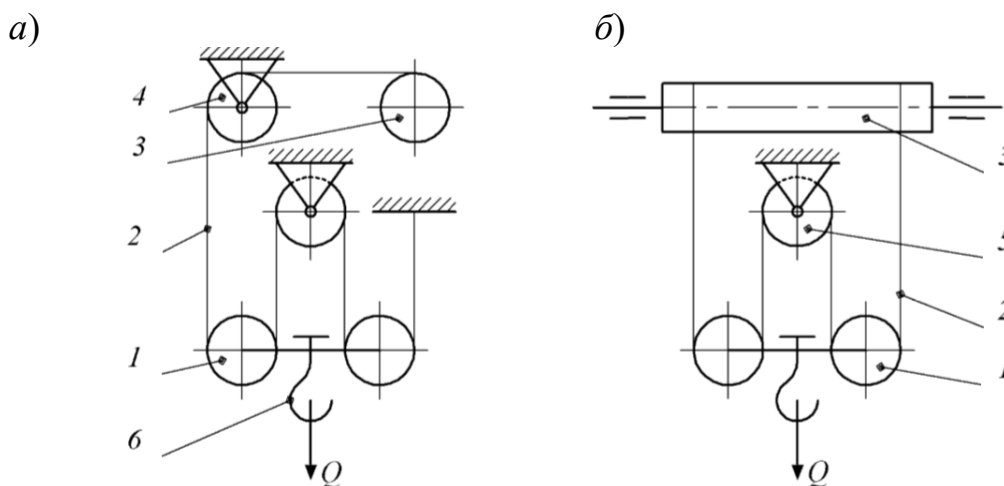
5 Как может осуществляться управление механизмами тельфера?

12 Лабораторная работа № 12. Полиспасты

Цель работы: изучить устройство, схемы и принцип работы полиспастов, определить величину и характер изменения нагрузок в ветвях полиспаста.

12.1 Общие сведения

Полиспастом называют систему подвижных и неподвижных блоков, огибаемых одной гибкой связью (канатом или цепью). Полиспасты служат для увеличения грузоподъемности грузоподъемных машин за счет уменьшения натяжения ветви гибкого органа (силовые полиспасты) или скорости подъема груза (скоростные полиспасты). В механизмах подъема ГПМ применяются силовые полиспасты, снижающие натяжение гибкого органа за счет подвешивания груза на нескольких ветвях, что позволяет использовать меньшие диаметры каната, барабана и блоков. Полиспастная система (рисунок 12.1) состоит из неподвижных (обводных 4 или уравнильных 5) блоков, подвижных блоков 1, гибкого органа 2, крюка 6 и барабана 3. Подвижные блоки, соединенные деталями с крюком, образуют подвеску.



a – простой, или одинарный, полиспаст; *б* – двоянный полиспаст; 1 – подвижный блок; 2 – канат; 3 – барабан; 4 – обводной блок; 5 – уравнильный блок; 6 – крюк

Рисунок 12.1 – Полиспастная система

Подвижные блоки 1 перемещаются в пространстве вместе с подвеской и грузом и определяют кратность полиспаста. Оси неподвижных блоков 4, 5 закреплены вне подвески и служат для изменения направления движения каната или выравнивания натяжения гибкого органа в двоянном полиспасте. По конструкции полиспасты бывают простые (рисунок 12.2, *a*, *б*) и двоянные (рисунок 12.2, *в*, *г*). В простом полиспасте на барабан наматывается одна ветвь каната, в двоянном – две. Кратность полиспаста (передаточное отношение) – отношение числа несущих ветвей каната (число ветвей, на которых подвешен груз) к числу ветвей, наматываемых на барабан, или отношение окружной скорости барабана к скорости подъема груза:

$$U_n = \frac{n_n}{n_б} = \frac{V_б}{V_{зр}}, \quad (12.1)$$

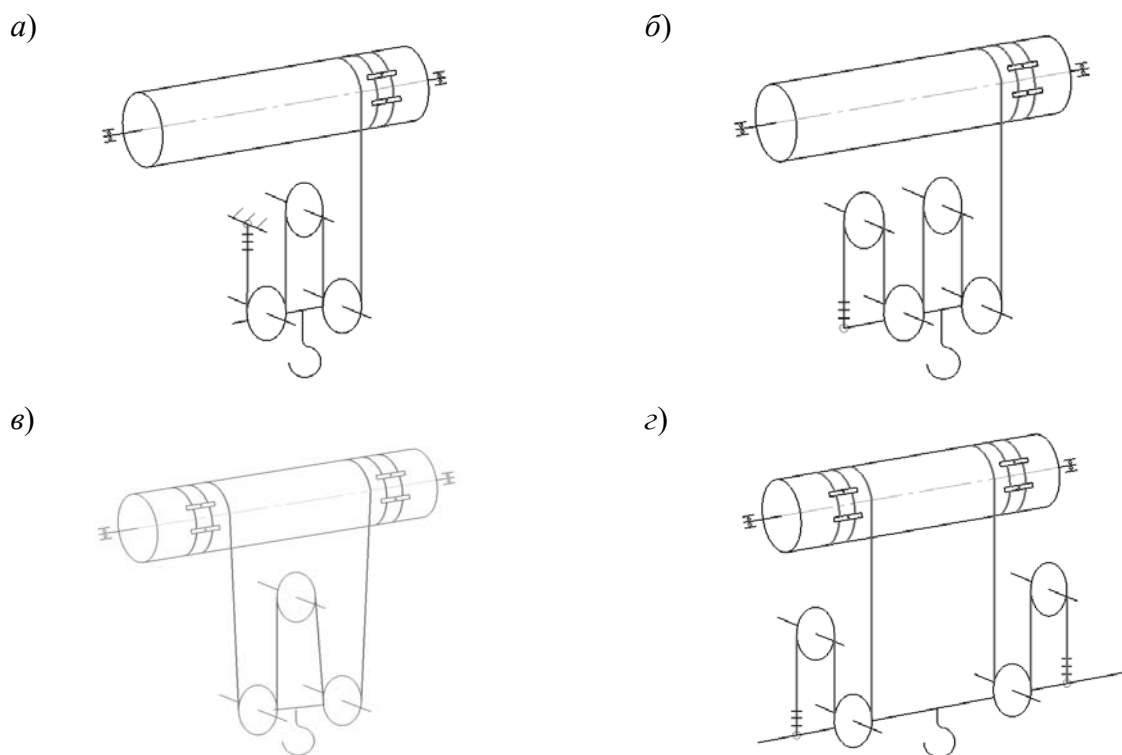
где n_n – число несущих ветвей, на которых подвешен груз, в полиспасте;

$n_б$ – число ветвей, наматываемых на барабан;

$V_б$ – окружная скорость гибкого органа, наматываемого на барабан, м/с;

$V_{зр}$ – скорость подъема груза, м/с.

В одинарных полиспастах один конец каната крепится на барабане, а второй конец закрепляется при четной кратности на неподвижном элементе конструкции (см. рисунок 12.2, *а*, *в*), а при нечетной – на крюковой подвеске (см. рисунок 12.2, *б*, *г*).



а – кратностью четыре; *б* – кратностью пять; *в* – кратностью два; *г* – кратностью три

Рисунок 12.2 – Полиспасты

В одинарных полиспастах при наматывании или сматывании каната с барабана вследствие перемещения каната вдоль оси барабана создается нежелательное изменение нагрузки на опоры барабана. Кроме того, если в одинарном полиспасте отсутствуют обводные блоки и канат с блока крюковой подвески непосредственно передается на барабан, груз не только перемещается по горизонтали, но и отклоняется от вертикали. Для обеспечения строго вертикального подъема груза и одинаковой нагрузки на опоры барабана используются сдвоенные полиспасты. В этом случае на барабане крепят оба конца каната. Для обеспечения нормального положения крюковой подвески при возможной

неравномерной вытяжке ветвей каната обоих полиспастов применяется уравнительный блок 5 (рисунок 12.1) или балансир. Преимуществом балансира является возможность использования целого каната без дополнительного крепления концов на нем. Однако в процессе работы в местах соприкосновения каната с ручьем уравнительного блока присутствует повышенный износ каната, который очень тяжело проконтролировать. Поэтому в кранах тяжелого и весьма тяжелого режимов работы желательно применять балансиры. Тип и кратность полиспаста выбирают в зависимости от конструкции грузоподъемной машины и ее грузоподъемности. В стреловых кранах, как правило, используются простые полиспасты, а для кранов пролетного типа (мостовые, козловые и т. п.) для обеспечения строго вертикального подъема груза – сдвоенные.

Максимальное статическое усилие (натяжение) в канате

$$S_{\max} = \frac{G}{Z_k \cdot U_n \cdot \eta_n}, \quad (12.2)$$

где G – вес номинального груза и крюковой подвески, Н;

Z_k – число ветвей каната, навиваемых на барабан;

U_n – кратность полиспаста;

η_n – КПД полиспаста, принять $\eta_n = 0,92$.

12.2 Порядок выполнения работы

1 По натурным образцам и справочной литературе изучаются и вычерчиваются схемы полиспастов, определяется их тип и кратность.

2 По формуле (12.2) определяется максимальное статическое усилие (натяжение) в канате для каждой схемы.

3 Дается заключение о влиянии кратности на усилие в канате.

Контрольные вопросы

1 Как определяется кратность полиспаста?

2 Что такое полиспаст?

3 От чего зависит максимальное статическое усилие в канате?

4 Когда используют скоростные полиспасты, а когда – силовые?

5 Для чего используют уравнительные блоки и балансиры?

13 Лабораторная работа № 13. Определение КПД полиспастов

Цель работы: получить практические навыки по определению КПД полиспастов.

13.1 Общие сведения

При огибании блока гибким органом одна ветвь набегаем на блок, а другая с него сбегает. Для того чтобы блок свободно вращался, необходимо, чтобы

сила натяжения в сбегающей ветви $F_{сб}$ была больше, чем в набегающей $F_{наб}$ ветви, на величину, достаточную для преодоления основных сопротивлений: сил трения как в опоре блока, так и гибкого органа о ручей блока; сопротивления жесткости каната или цепи при их сгибании-разгибании на блоке или звездочке.

КПД полиспаста

$$\eta_n = \frac{(1 - \eta_{бл}^{U_n}) \eta_{бл}^t}{(1 - \eta_{бл}) U_n}, \quad (13.1)$$

где $\eta_{бл}$ – КПД одного блока;

U_n – кратность полиспаста;

t – число обводных блоков.

Для практических расчетов можно принять для блока на подшипниках скольжения $\eta_{бл} = 0,93 \dots 0,95$, для блока на подшипниках качения $\eta_{бл} = 0,97 \dots 0,98$. Меньшие значения следует выбирать для блоков, работающих при повышенных температурах либо в условиях запыленной или загазованной среды.

13.2 Порядок выполнения работы

1 По формуле (13.1) определяется КПД полиспаста для схем полиспаста, рассматриваемых в лабораторной работе № 11.

2 Дается заключение о влиянии числа блоков на КПД полиспаста.

Контрольные вопросы

1 При выполнении какого условия блок свободно вращается вокруг оси?

2 Какие сопротивления возникают при огибании блока гибким органом?

3 Влияет ли тип используемого подшипника на КПД блока?

4 От чего зависит КПД блока?

5 От чего зависит КПД полиспаста?

14 Лабораторная работа № 14. Динамические нагрузки кранов

Цель работы: изучить различные случаи динамического нагружения механизмов подъема, определить величину и характер изменения динамических нагрузок в канатах.

14.1 Общие сведения

С достаточной для практики точностью определение максимальных динамических нагрузок в элементах механизмов подъема можно проводить по двухмассовой системе с упругим звеном (рисунок 14.1).

Вследствие большой жесткости деталей привода по сравнению с жесткостью канатного полиспаста считаем m_1 массой всех вращающихся деталей ме-

ханизма, m_2 – массой груза. Жесткость между массами определяется жесткостью канатного полиспаста C . К массе m_1 приложена движущая (при пуске двигателя) или тормозная (при торможении привода) сила P , к массе m_2 – вес груза, причём $Q = mg$. В исходном состоянии обе массы неподвижны, усилие в упругом элементе (полиспасте) $F_0 = Q$. От этого начального состояния отсчитываем перемещения X_1 и X_2 .

Исследуем динамический процесс при пуске и торможении механизма подъёма, когда груз висит на канатах (или груз начинает подниматься с опоры без слабины каната).

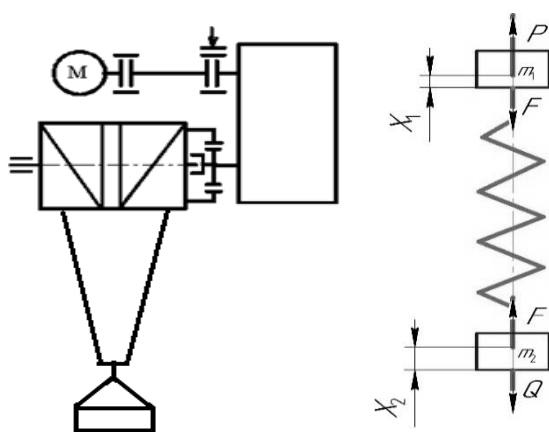


Рисунок 14.1 – Схемы к расчету динамических усилий

Под движущей силой P при пуске механизма понимают усилие, развиваемое двигателем (приведённое к поступательному движению груза):

$$P = P_0 - B\dot{x}_1, \quad (14.1)$$

где P_0 – движущее усилие при неподвижном роторе;

B – коэффициент пропорциональности;

\dot{x}_1 – угловая скорость ротора, приведенная к грузу.

$$P_0 = \frac{T_{\max} \cdot U \cdot i_n}{R_\delta} \cdot \eta_{\text{мех}}, \quad (14.2)$$

где T_{\max} – максимальный момент двигателя, Нм;

U – передаточное число зубчатых передач;

i_n – кратность полиспаста;

R_δ – радиус барабана, м;

$\eta_{\text{мех}}$ – КПД механизма.

Тормозное усилие, приведенное к грузу,

$$P_T = \frac{T_T \cdot U \cdot i_n}{R_\delta \cdot \eta_{\text{мех}}}, \quad (14.3)$$

где T_T – расчетный тормозной момент, Нм.

Сила сопротивления

$$Q = Q_{ep} + G_n, \quad (14.4)$$

где Q_{ep} , G_n – вес груза и крюковой подвески соответственно.

Масса m_1 является результатом приведения к канатам вращающихся масс механизма на участке от двигателя до барабана:

$$m_1 = \delta(I_p + I_M) \frac{U^2 \cdot i_n^2 \cdot \eta_{мех}}{R_\delta^2}, \quad (14.5)$$

где δ – коэффициент, учитывающий моменты инерции масс деталей, вращающихся медленнее, чем вал двигателя, $\delta = 1,154 \dots 1,25$;

I_p – момент инерции ротора двигателя, кг·м²;

I_M – момент инерции зубчатой муфты с тормозным приводом, кг·м².

Масса m_2

$$m_2 = \frac{Q}{g}. \quad (14.6)$$

Под жесткостью C в динамической системе механизма понимается приведенная к канатам суммарная жесткость упругих элементов (валов, зубьев передач, канатов и т. д.) механизма и металлоконструкции. Получить аналитическим методом уточненное значение жесткости механизма довольно трудно. Но так как жесткость канатов (у большинства механизмов подъема) значительно меньше жесткости остальных упругих элементов, то можно записать

$$C \approx C_n = E_K \cdot S_K \frac{a \cdot i_n}{H}, \quad (14.7)$$

где E_K – модуль упругости канатов, $E_K = (1,1 \dots 1,3) \cdot 10^9$ Па – для канатов с органическим сердечником; $E_K = 1,4 \cdot 10^9$ Па – с металлическим;

S_K – площадь металлического сечения каната, м²;

α – число полиспаста ($\alpha = 1$ – для плоских и $\alpha = 2$ – для сдвоенных полиспастов);

H – длина подвески груза (высота подъема), м.

При движении системы усилие в упругом звене

$$F = Q + c(x_1 - x_2). \quad (14.8)$$

Дифференциальные уравнения движения масс в переходный период работы механизма

$$m_1 \frac{d^2 x_1}{dt^2} + C(x_1 - x_2) = P - Q; \quad (14.9)$$

$$m_2 \frac{d^2 x_2}{dt^2} + C(x_1 - x_2) = 0. \quad (14.10)$$

Поскольку в данной работе ставится задача определения усилий в канатах, то после преобразований

$$\ddot{F} + \lambda^2 F = \lambda^2 Q + (P - Q) \frac{C}{m_1}, \quad (14.11)$$

где

$$\ddot{F} = \frac{d^2 F}{dt^2};$$

λ – круговая частота собственных колебаний, $\lambda = \sqrt{C\left(\frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2}\right)}$.

Аналитическое решение уравнения возможно, если ввести допущение $B = 0$, т. е. принять движущее усилие постоянным.

$$F = Q + \frac{m_2(P - Q)}{m_1 + m_2}(1 - \cos \lambda t). \quad (14.12)$$

Тогда период собственных колебаний T и частота колебаний определяются следующим образом:

$$T = \frac{2\pi}{\lambda}; \quad f = \frac{1}{T} = \frac{\lambda}{2\pi}. \quad (14.13)$$

Максимальное усилие в упругой связи (в канатах) будет иметь место при $\cos \lambda t = -1$:

$$F_{\max} = \frac{2(P - Q)m_2}{m_1 + m_2} + Q. \quad (14.14)$$

Динамический коэффициент

$$K_d = \frac{F_{\max}}{Q}. \quad (14.15)$$

14.2 Порядок выполнения работы

1 На основании исходных данных (Q – грузоподъемность, Н; V – скорость подъема груза, м/мин; H – высота подъема, м; группа режима работы) необходимо сделать предварительный статический расчёт, выбрать подвеску, канат, электродвигатель, редуктор, соединительные муфты, тормоз.

2 По формулам (14.1)–(14.7) определяются значения P (для периодов пуска и торможения), m_1 , m_2 , C .

3 С помощью формул (14.8)–(14.15) определяют F_{\max} – максимальное усилие (для процессов пуска и торможения), K_d – динамический коэффициент (для пуска и торможения), T – период, f – частоту собственных колебаний.

Полученные данные сводятся в таблицу 14.1.

Таблица 14.1 – Результаты расчета

Вариант нагружения	Максимальная нагрузка F_{\max} , Н	Динамический коэффициент K_d	Период колебаний T , с	Частота колебаний f , с ⁻¹
Подъём				
Торможение				

Контрольные вопросы

- 1 Что такое движущая сила P ?
- 2 Что характеризует динамический коэффициент?
- 3 Что такое жесткость C ?
- 4 От чего зависит максимальное усилие в упругой связи?
- 5 От чего зависит жесткость канатов?

15 Лабораторная работа № 15. Техническое освидетельствование кранов мостового типа

Цель работы: приобрести практические навыки по проведению технического освидетельствования кранов мостового типа.

15.1 Общие сведения

Грузоподъемные краны до ввода в эксплуатацию и в процессе эксплуатации должны подвергаться техническому освидетельствованию в целях подтверждения их соответствия требованиям [1]. Объем проведения технического освидетельствования определяется изготовителем грузоподъемных кранов. Техническое освидетельствование должно проводиться согласно требованиям, изложенным в руководстве по эксплуатации грузоподъемного крана. При отсутствии в руководстве по эксплуатации грузоподъемного крана соответствующим

ющих указаний техническое освидетельствование грузоподъемных кранов проводится согласно требованиям [1].

15.2 Порядок выполнения работы

Провести техническое освидетельствование крановой тележки с установленными на ней механизмами. По результатам проверки заполнить таблицу 15.1, дать заключение о возможности дальнейшего использования тележки.

Таблица 15.1 – Характерные дефекты и повреждения механизмов, канатно-блочных систем и других узлов кранов

Сборочная единица (узел) крана и проверяемые параметры	Дефект, при котором дальнейшая эксплуатация крана не допускается		Вид контроля, необходимые средства для выполнения контроля
	Мостовые и козловые краны	Измеряемое значение	
1	2	3	4
1 Редукторы, муфты и открытые передачи			
<i>1.1 Подшипники</i>			
1.1.1 Люфты	Ощутимые радиальные и осевые люфты. Ослабление посадок колец		Визуальный контроль, измерение
1.1.2 Состояние колец и тел качения	Выкрашивание, шелушение усталостного характера на беговых дорожках, шариках и роликах		Визуальный контроль
	Раковины, чешуйчатые отслоения коррозионного характера		
	Трещины, обломы		
	Цвета побежалости на беговых дорожках колец, шариках или роликах		
1.1.3 Состояние сепараторов	Отрыв головок заклепок сепараторов		Визуальный контроль
	Вмятины на сепараторах		
	Поломка сепараторов		
<i>1.2 Зубчатые колеса и шестерни</i>			
1.2.1 Состояние поверхности зубьев	Обломы зубьев		Визуальный контроль, лупа, линейка, штангенциркуль
	Трещины любых направлений и расположений		
	Наличие следов усталости на поверхности зубьев		
	Площадь выкрашивания рабочей поверхности		
	20 %		
1.2.2 Износ зубьев по делительной окружности	Износ зубьев редукторов механизмов подъема и лебедок, % от первоначальной толщины зуба		Штангензубомер, необходимый шаблон
	15 %		
1.2.2 Износ зубьев по делительной окружности	Износ зубьев редукторов механизмов передвижения и поворота, % от первоначальной толщины зуба		
	20 %		
	Износ зубьев открытых передач механизмов передвижения и поворота, % от первоначальной толщины зуба		
25 %			

Продолжение таблицы 15.1

1	2	3	4
1.2.3 Износ головки зуба	Минимальная толщина головки 0,2 модуля зуба		Штангензубомер
<i>1.3 Муфты зубчатые</i>			
1.3.1 Состояние зубчатых муфт	Износ зубьев, % от первоначальной толщины		
	15 %		Штангензубомер
	Отсутствие отдельных крепежных деталей или ослабление их затяжки		Визуальный контроль, набор ключей
	Осовой ход муфты более 2...4 мм		Визуальный контроль, штангенциркуль
	Ослабление посадок		Визуальный контроль
<i>1.4 Червячное колесо</i>			
1.4.1 Износ зуба у вершины	Минимальная толщина зуба у вершины 1,0 мм		Штангензубомер
<i>1.5 Детали со шлицами</i>			
1.5.1 Состояние шлицев	Сдвиги, смятие и обломы шлицев		
	Скручивание шлицев совместно с деталями		Визуальный контроль
<i>1.6 Детали со шпоночными пазами и шпонок</i>			
1.6.1 Состояние шпоночных пазов и шпонок	Смятие и сдвиг боковых поверхностей		Визуальный контроль
<i>1.7 Валы и оси</i>			
1.7.1 Состояние валов и осей	Трещины любых размеров и расположений		Визуальный контроль, лупа
	Износ посадочных поверхностей под подшипники		Визуальный контроль, прокручивание внутреннего кольца вручную
<i>1.8 Корпусы редукторов</i>			
1.8.1 Состояние корпуса	Трещины любых направлений и расположений		Визуальный контроль, лупа
	Трещины, выходящие на поверхность разъема и масляной ванны		
	Трещины, выходящие на посадочные поверхности подшипников		
1.8.2 Уровень масла	Уровень масла ниже или выше контрольных рисок маслоуказателя		Визуальный контроль
1.8.3 Крепление редуктора	Отсутствие отдельных крепежных изделий или ослабление их затяжки		Визуальный контроль, набор ключей
2 Тормоза			
<i>2.1 Тормозные шкивы</i>			
2.1.1 Состояние шкива	Трещины и обломы, выходящие на рабочие и посадочные поверхности		Визуальный контроль

Продолжение таблицы 15.1

1	2	3	4
	Выбоины, наличие смазки на поверхности		
2.1.2 Состояние посадки шкива на валу	Ослабление посадки		Визуальный контроль, перемещение шкива вручную
2.1.3 Износ и биение шкива	Износ обода шкива более 25 % первоначальной толщины		Визуальный контроль, штангенциркуль, индикатор с магнитной стойкой
	Волны, царапины и риски глубиной, % от первоначальной толщины обода Не допускается		
	Биение шкива более 0,15 мм		
2.2 Тормозные обкладки (ленты)			
2.2.1 Состояние обкладок	Трещины и обломы, выходящие к отверстиям под заклепки		Визуальный контроль
2.2.2 Износ обкладок (лент)	Износ обкладки (ленты) по отношению к первоначальной толщине 50 %		Визуальный контроль, штангенциркуль
	Износ обкладки до головок заклепок		
2.3 Валики и оси			
2.3.1 Износ валика или оси	Износ валика или оси более 3,0 % их диаметра		Визуальный контроль, штангенциркуль
2.4 Пружина и шток			
2.4.1 Состояние пружины и штока	Изломы, трещины и расслоения		Визуальный контроль, измерительная линейка, штангенциркуль, лупа
	Остаточная деформация, нарушающая работоспособность механизма		
	Поломка пружины		
	Длина хода штока более установленной паспортом предельной величины		
2.5 Гидротолкатели и электромагниты			
2.5.1 Состояние гидротолкателя и электромагнита	Отсутствие жидкости		Визуальный контроль, набор ключей, универсальный электрический набор
	Течь жидкости через уплотнения в корпусе гидротолкателя		
	Заедание штока при срабатывании		
	Обрыв фазы		
	Повреждение обмотки электромагнита		
2.6 Корпус тормоза			
2.6.1 Крепление тормоза	Отсутствие отдельных крепежных деталей или ослабление их затяжки		Визуальный контроль, набор ключей
3 Узлы механизмов и лебедок			
3.1 Барабаны			
3.1.1 Состояние поверхности барабана	Трещины любых направлений и размеров		Визуальный контроль, лупа

Продолжение таблицы 15.1

1	2	3	4
3.1.2 Износ ручья барабана	Износ ручья по профилю более		Визуальный контроль, шаблон
	2 мм		
	Срез или износ канавки		Визуальный контроль, шаблон, штангенциркуль
	50 % первоначального значения		
3.1.3 Крепление каната на барабане	Отсутствие планок или клиньев		Визуальный контроль, набор ключей
	Ослабление затяжки болтов накладок		
	Число запасных витков каната менее 1,5		
3.1.4 Состояние зубчатой ступицы	Отсутствие смазки на зубьях		Визуальный контроль, набор ключей
	Течь смазки		
	Отсутствие отдельных крепежных деталей		
	Ослабление затяжки крепежных деталей		
3.2 Кожухи			
3.2.1 Состояние кожухов	Деформации кожухов		Визуальный контроль
	Отсутствие отдельных крепежных деталей или ослабление их затяжки		
	Сквозная коррозия кожухов		
	Касание кожухов вращающихся деталей		
3.3 Детали с резьбой			
3.3.1 Состояние резьбы и головок болтов	Срывы или сдвиг более двух ниток		Визуальный контроль
	Износ или коррозия ниток		
	Смятие граней под ключ		
4 Канатно-блочные системы			
4.1 Крюковая подвеска			
4.1.1 Состояние крюковой подвески	Отсутствие торцовых шайб на оси, траверсе и ослабление их креплений		Визуальный контроль, набор ключей
	Отсутствие кожухов (ограждений) и ослабление их креплений		
	Отсутствие стопорной планки или ослабление ее крепления		
	Зазор между ограждением и блоком более 20 % диаметра каната		Линейка измерительная
	Износ однорогого крюка более 10 % вертикального сечения		Визуальный контроль, штангенциркуль
	Износ двуроого крюка более 10 % вертикального сечения или более 10 % сечения под углом 45° к вертикали		
	Увеличение ширины зева крюка более 12 %		Штангенциркуль
	Наличие трещин, волосовин, закатов		Визуальный контроль, лупа
	Отсутствие свободного вращения крюка		Свободный поворот крюка от руки
	Отсутствие или неисправность замка		Визуальный контроль, отвод замка рукой
	Отсутствие смазки, скрип крюка		Визуальный контроль, прослушивание
	Не указана грузоподъемность крана		Визуальный контроль

Окончание таблицы 15.1

1	2	3	4
	Трещины в щеках, траверсе или сварных швах		Визуальный контроль, лупа
4.2 Блоки			
4.2.1 Состояние блоков	Трещины желоба и реборд		Визуальный контроль, лупа, шаблон
	Износ ручья блока, % от первоначального радиуса ручья		
	40 %		
	Обломы и сколы реборд		Визуальный контроль, штангенциркуль
	Более 50 % диаметра каната		
	Износ реборды по толщине		
3 мм			
	Отсутствие смазки, проскальзывание каната относительно блока при работе механизма		Визуальный контроль
4.2.2 Состояние опорных деталей	Трещины и деформации		Визуальный контроль, лупа
	Отсутствие стопорных планок или ослабление их крепления		
4.3 Канаты	Нормы браковки канатов в соответствии с «Правилами устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов»		
5 Ходовые колеса и тележки			
5.1 Ходовые колеса			
5.1.1 Состояние ходовых колес	Трещины любых размеров		Визуальный контроль, лупа, штангенциркуль, линейка
	Вмятины и выбоины		
	Отслоение толщиной более 3 мм; раковины площадью 3 % поверхности		
	Износ поверхности катания в % от первоначального диаметра колеса		Визуальный контроль, шаблон, штангенциркуль, линейка
	2 %		
	Разность диаметров колес, связанных между собой кинематически		Визуальный контроль, шаблон, штангенциркуль, линейка
	0,5 %		
	Износ реборд по толщине		Визуальный контроль, шаблон, штангенциркуль, линейка
50 %			
6 Буферы и тупиковые упоры			
6.1 Состояние буферов, упоров и их работоспособность	Отсутствие или некомплектность упругих элементов буферов		Визуальный контроль, набор ключей
	Отсутствие отдельных крепежных деталей или ослабление их затяжки		

Контрольные вопросы

- 1 По каким параметрам контролируются редукторы, муфты и открытые передачи?
- 2 По каким параметрам контролируются узлы механизмов и лебедок?
- 3 По каким параметрам контролируются тормоза?
- 4 По каким параметрам контролируются канатно-блочные системы?
- 5 По каким параметрам контролируются ходовые колеса, тележки, буферы и тупиковые упоры?

16 Лабораторная работа № 16. Техническое освидетельствование кранов стрелового типа

Цель работы: приобрести практические навыки по проведению технического освидетельствования кранов стрелового типа.

16.1 Общие сведения

Грузоподъемные краны до ввода в эксплуатацию и в процессе эксплуатации должны подвергаться техническому освидетельствованию, при проведении которого устанавливается, что грузоподъемный кран и его установка соответствуют его паспортным данным, требованиям [1] и эксплуатационной документации; находится в состоянии, обеспечивающем его безопасную эксплуатацию (работу); организация безопасной эксплуатации (работы) грузоподъемного крана соответствует требованиям промышленной безопасности.

Техническое освидетельствование кранов, за исключением редко используемых, проводится не реже одного раза в 3 года, если иное не установлено изготовителем кранов. Техническое освидетельствование редко используемых кранов проводится не реже одного раза в 5 лет. Результаты проверки, а также расчет каната должны быть внесены в паспорт крана лицом, ответственным за содержание грузоподъемных кранов в исправном состоянии.

16.2 Порядок выполнения работы

Провести техническое освидетельствование крана стрелового типа установленного на полигоне. По результатам проверки заполнить таблицу 15.1 за исключением пп. 5 и 6 таблицы. Сделать заключение о возможности дальнейшей эксплуатации крана.

Контрольные вопросы

- 1 Как часто проводится техническое освидетельствование кранов?
- 2 Какие краны относятся к редко используемым?
- 3 Как часто проводится техническое освидетельствование редко используемых кранов?
- 4 Куда вносятся результаты проверки крана?
- 5 Кто вносит результаты проверки крана?

17 Лабораторная работа № 17. Колебания крана при обрыве груза

Цель работы: изучить принципы приведения масс и жесткостей; теоретически и экспериментально определить коэффициенты жесткости пружин, металлоконструкций и частот собственных колебаний одномассовой системы и моста крана.

17.1 Общие сведения

Реальные машины состоят из большого числа соединенных между собой элементов, обладающих массой и упругостью. Динамические расчеты обычно начинают с составления расчетной схемы, в которую вводят определенные упрощения для облегчения решения поставленной задачи с допустимой точностью. Во многих случаях для достижения требуемого результата используют одномассовые расчетные схемы (модели), в которых реальные параметры машин (массы, коэффициенты жесткости, внешние нагрузки) заменяют приведенными величинами. Приведение производят на основании равенства общей энергии реального механизма и энергии приведенной системы. Важнейшими характеристиками динамических свойств системы являются частота и период собственных колебаний.

Рассмотрим колебания массы, подвешенной на пружине, которая имеет коэффициент жесткости c . Понятно, что такая система является системой с одной степенью свободы, т. к. положение массы в пространстве при вертикальных колебаниях определяется одной независимой координатой x (рисунок 17.1, *a*).

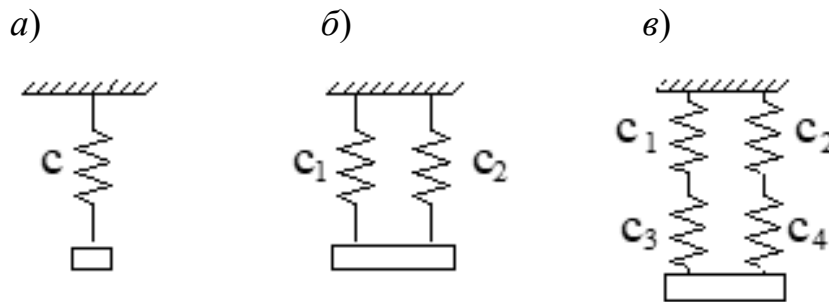


Рисунок 17.1 – Системы колебаний с одной степенью свободы (колебания вертикальные)

Системы, изображенные на рисунке 17.1, *б*, *в*, также имеют одну степень свободы. Они различаются только коэффициентами жесткостей.

Дифференциальное уравнение движения подвижной массы одномассовой системы записывается в виде

$$m\ddot{x} + cx = 0, \quad (17.1)$$

где m – масса груза;

c – коэффициент жесткости.

Или

$$\ddot{x} + \frac{c}{m}x = 0. \quad (17.2)$$

Принимая $c/m = \omega^2$, получим

$$\ddot{x} + \omega^2 x = 0. \quad (17.3)$$

Величина $\omega = \sqrt{c/m}$ называется частотой или круговой частотой колебаний. Решение уравнения (15.3) принимается в форме

$$x(t) = A_0 \sin(\omega t + \alpha), \quad (17.4)$$

где A_0 – максимальная амплитуда колебаний;
 α – начальная фаза колебаний.

Период колебаний определяется по формуле

$$T = \sqrt{m/c} \text{ э.} \quad (17.5)$$

Круговая частота ω , c^{-1} колебаний может быть выражена через период:

$$\omega = 2\pi/c. \quad (17.6)$$

Техническая частота (число колебаний в секунду) определяется по формуле

$$f = 1/T. \quad (17.7)$$

Из формул (17.5) и (17.6) следует, что:

- с увеличением жесткости упругого элемента, например балки, при одной и той же массе частота колебаний возрастает;
- при постоянной жесткости частота колебаний убывает с увеличением массы;
- период колебаний зависит только от массы груза и коэффициента жесткости и не зависит от амплитуды колебаний.

Амплитуда A_0 и начальная фаза α определяются из начальных условий.

При $t = 0$ – $x = x_0$, $\dot{x} = \dot{x}_0$.

В этом случае

$$A_0 = \sqrt{x_0^2 + (\dot{x}_0/\omega)^2}; \quad \operatorname{tg} \alpha = \dot{x}_0/\omega x_0. \quad (17.8)$$

Следует отметить, что невозможно вообразить реальные конструкции без диссипации энергии. Однако в практических задачах с достаточной точностью можно считать, что малое вязкое сопротивление не влияет на период колебаний.

Уравнение свободных колебаний в системах с рассеиванием энергии записывается в виде

$$\ddot{x} + 2n\dot{x} + \omega_1 x = 0 \quad (17.9)$$

Логарифмический декремент колебаний $\gamma = \ln x_n / x_{n+1}$ позволяет определить коэффициент затухания n .

$$n = \frac{\gamma}{T} = \frac{1}{T} \ln x_n / x_{n+1} \quad (17.10)$$

где x_n, x_{n+1} – амплитуды колебаний (определяются по осциллограмме).

Частота собственных колебаний системы с амортизацией может быть найдена по формуле

$$\omega_1 = \sqrt{(\omega^2 - n^2)}. \quad (17.11)$$

Прогиб от сосредоточенной нагрузки в точке приведения масс груза канатов и тележки

$$f_1 = \frac{P_{np} b}{48EI} (3l^2 + 4b^2), \quad (17.12)$$

где P_{np} – приведенная сила от веса груза, канатов и тележки;

I – момент инерции поперечного сечения моста;

E – модуль упругости стали, $E = 2,06 \cdot 10^{11}$ Па.

Прогиб от массы моста в месте приведения

$$f_2 = \frac{ql^4}{24EI} \left(\frac{b}{l} + 2\frac{b^3}{l^3} + \frac{b^4}{l^4} \right), \quad (17.13)$$

где q – распределенная масса моста.

Прогиб в середине моста от распределенной нагрузки

$$f_3 = \frac{5}{384} \frac{ql^4}{EI}. \quad (17.14)$$

17.2 Порядок выполнения работы

1 Опытным путем определить коэффициент жесткости одной пружины.

2 Определить массы основного груза, подвешенного на пружинах и имитирующего приведенную массу моста крана, и вспомогательного груза, имитирующего приведенную массу груза, подвешенного на канатах.

3 Найти приведенную жесткость подвески в соответствии с рисунком 17.1, б, в.

4 Определить начальные условия при навеске дополнительного груза.

5 Записать осциллограмму колебаний основного груза при обрыве связи, на которой подвешен вспомогательный груз.

6 Рассчитать параметры колебательного процесса γ , n , ω_1 , ω .

7 По параметру ω и начальным условиям построить график свободных колебаний груза (без затухания).

8 Для крана, схематически показанного на рисунке 17.2, определить приведенные массу и коэффициент жесткости моста, коэффициент жесткости полиспаста, общую приведенную массу груза и полиспаста.

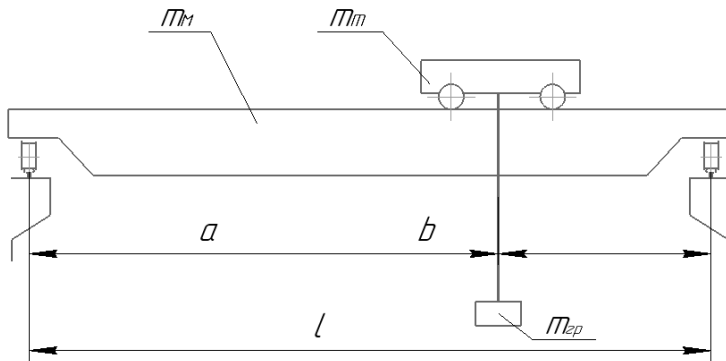


Рисунок 17.2 – Схема крана

9 Составить расчетную схему колебательной системы.

10 Определить круговую частоту и период колебаний моста, если груз внезапно оборвется.

11 Построить график изменения перемещений моста $x(t)$ в зависимости от t за период колебаний T .

Контрольные вопросы

1 Какими параметрами характеризуется колебательный процесс?

2 Как определяется частота собственных колебаний системы?

3 Как изменяется частота колебаний с увеличением массы при постоянной жесткости упругого элемента?

4 Как изменяется частота колебаний с увеличением жесткости упругого элемента?

5 От каких параметров зависит период колебаний?

18 Лабораторная работа № 18. Грейферы и электромагниты

Цель работы: изучить устройство и принцип работы грейферов и электромагнитов.

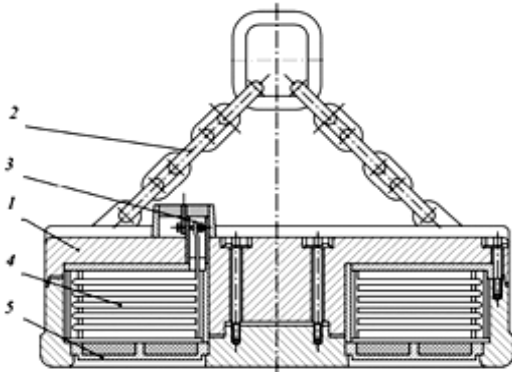
18.1 Общие сведения

Электромагниты постоянного тока широко применяются для подъема стальных и чугунных грузов весом до 30 т. Использование электромагнита (рисунок 18.1) устраняет ручной труд при кантовке груза, однако существует повышенная опасность падения груза или его частей даже при нормальной работе устройства. Подъемная сила электромагнита сильно зависит от типа, формы и температуры груза. Например, электромагнит М42 диаметром 1670 мм, поднимающий стальную плиту массой 16 т, может поднять только 200 кг стальной

стружки. При температуре материала выше 200 °С подъемная сила уменьшается и при 700 °С и выше она почти равна 0.

Грузоподъемные электромагниты изготавливаются круглыми и прямоугольными, а также в виде различных специальных форм.

Круглые электромагниты предназначены для стальных и чугунных грузов относительно небольших размеров или неопределенной формы: плит, болванок, различного скрапа, чугунных чушек, стружки, пакетов, рулонной стали и т. п. Они используются также для подъема бойных шаров, которые при падении дробят крупный чугунный металлолом.



1 – корпус; 2 – цепи; 3 – клеммная коробка; 4 – катушка; 5 – защитные листы

Рисунок 18.1 – Электромагнит

Прямоугольные электромагниты предназначены для стальных и чугунных длинномерных грузов: рельсов, балок, стального проката круглого, прямоугольного и других профилей, труб, листовой стали и т. п. В зависимости от длины грузов применяют два и более прямоугольных магнита, подвешенных на одной траверсе крана. Электромагнитами любых типов можно проводить кантование листов, слябов и других грузов.

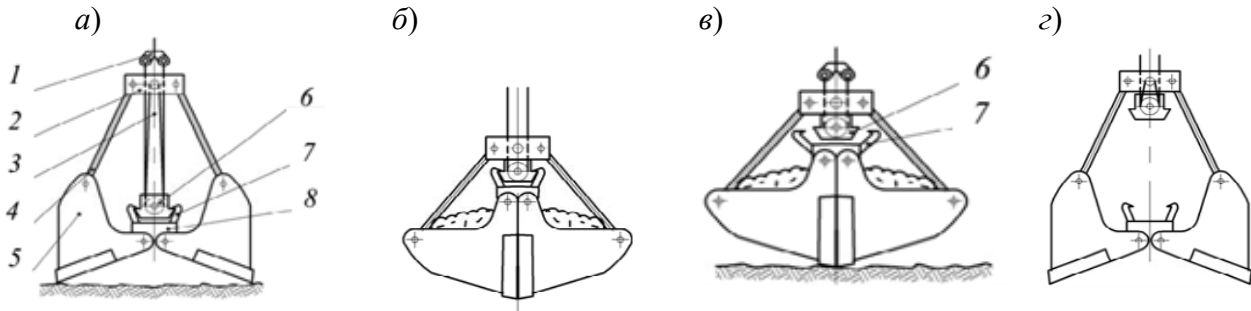
Грейфер состоит из двух челюстей 5, соединенных шарнирно нижней траверсой 8 (рисунок 18.2). Тяги 4 соединяют челюсти с верхней траверсой 2. Канатом 3 подвижная головка 6 соединяется с верхней траверсой 2 и со скобой 1, при помощи которой грейфер навешивается на крюк механизма подъема. Грейферы по кинематике подразделяются на канатные – приводятся в действие канатами, на которых они подвешиваются, и приводные – с расположением на грейфере привода загрузки и разгрузки.

Наиболее широко применяются одноканатные съемные грейферы (см. рисунок 18.2), позволяющие использовать кран как для работы с крюком, так и для работы с грейфером. После освобождения грейфера (см. рисунок 18.2, з) он перемещается на место загрузки и опускается на поднимаемый материал. Головка 6 опускается и происходит захват с нижней траверсой 8 (см. рисунок 18.2, а). При подъеме челюсти начинают смыкаться, и под действием своей массы грейфер захватывает груз (см. рисунок 18.2, б).

После смыкания челюстей и перемещения к месту разгрузки грейфер опускается на поверхность места разгрузки, при этом захваты 7 раскрываются и головка 6 отсоединяется от нижней траверсы 8 (см. рисунок 18.2, в). Подъем скобы 1 вызывает подъем верхней траверсы 2, что приводит к раскрытию грейфера и его опорожнению.

Раскрытия грейфера можно достичь, не опуская его на поверхность, а приводя в действие запорное устройство с помощью тросика или цепи. При нали-

ции двух лебедок на кране возможно применение более производительного двухканатного грейфера, у которого различают подъемный и замыкающий канаты; с помощью последнего осуществляется управление механизмом замыкания и размыкания грейфера. Для работы с кусковыми грузами (руда, камни, скрап) используют многочелюстные грейферы с челюстями клиновидной формы, которые легко проходят между кусками материала, что обеспечивает хорошее заполнение грейфера.



a – начало захвата груза; *б* – перемещение груза; *в* – начало открытия; *г* – положение грейфера после разгрузки; 1 – скоба; 2 – верхняя траверса; 3 – канат; 4 – тяги; 5 – челюсти; 6 – головка; 7 – захваты; 8 – нижняя траверса

Рисунок 18.2 – Грейфер

18.2 Порядок выполнения работы

В качестве объекта лабораторной работы применяется натуральный образец грейфера. Изучаются его конструкция и принцип работы. Вычерчиваются схемы работы грейфера и запасовки канатов.

Контрольные вопросы

- 1 Для чего используются электромагнитные захваты?
- 2 Для чего применяются грейферы?
- 3 Каковы устройство и принцип работы электромагнитов?
- 4 Каковы устройство и принцип работы грейферов?
- 5 Как классифицируются грейферы?

Список литературы

1 Правила по обеспечению промышленной безопасности грузоподъемных кранов: утв. М-вом по чрезвычайным ситуациям Респ. Беларусь 28 июня 2012 г.: с изм. и доп. от 15 мая 2015 г. – Минск: ДИЭКОС, 2015. – 242 с.

2 **Александров, М. П.** Подъемно-транспортные машины: учебник / М. П. Александров. – 2-е изд., перераб. – Москва: Машиностроение, 1984. – 336 с.