

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Калининградский государственный технический университет»

Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота

А.А. Осняч
Е.К. Трунов

ПОДЪЁМНО-ТРАНСПОРТНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

для курсантов и студентов всех специальностей
всех форм обучения



БГАРФ

Калининград
Издательство БГАРФ
2019

УДК 621.869(073)

Осняч, А.А., Трунов, Е.К. Подъемно-транспортное оборудование: лабораторный практикум. – Калининград: Изд-во БГАРФ, 2019. – 58 с.

Лабораторный практикум по дисциплине «Подъемно-транспортное оборудование» предназначен для курсантов и студентов всех специальностей всех форм обучения.

Рассмотрен и одобрен на заседании кафедры инженерной механики и технологии материалов БГАРФ 11 февраля 2019 г., протокол № 5.

Рис. 9, прилож. 6.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Балтийской государственной академии рыбопромыслового флота.

Рецензенты: **Макаров В.В.**, канд. техн. наук, доцент кафедры инженерной механики и технологии материалов БГАРФ;
Малыгина Е.С., канд. физ.-мат. наук, доцент Института физико-математических наук и информационных технологий БФУ им. И. Канта



БГАРФ

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. РУЧНОЙ ПРИВОД ГРУЗОПОДЪЁМНЫХ МАШИН	6
1.1. Цель работы	6
1.2. Теоретические основы	6
1.3. Порядок выполнения работы	9
1.4. Вопросы для самопроверки.....	10
2. ЭЛЕКТРОПРИВОД ПОДЪЁМНО-ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН	12
2.1. Цель работы	12
2.2. Теоретические основы	12
2.3. Порядок выполнения работы	16
2.4. Вопросы для самопроверки.....	17
3. УНИФИЦИРОВАННЫЕ СБОРОЧНЫЕ ЕДИНИЦЫ ГРУЗОПОДЪЁМНЫХ МАШИН	18
3.1. Цель работы	18
3.2. Теоретические основы	18
3.3. Порядок выполнения работы	23
3.4. Вопросы для самопроверки.....	23
4. ЛЕНТОЧНЫЕ ТОРМОЗА	25
4.1. Цель работы	25
4.2. Теоретические основы	25
4.3. Порядок выполнения работы	29
4.4. Вопросы для самопроверки.....	30
5. КОЛОДОЧНЫЕ ТОРМОЗА	31
5.1. Цель работы	31
5.2. Теоретические основы	31
5.3. Порядок выполнения работы	34
5.4. Вопросы для самопроверки.....	35
6. ДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ ПОДЪЁМЕ ГРУЗА	37
6.1. Цель работы	37
6.2. Теоретические основы	37
6.3. Порядок выполнения работы	40
6.4. Вопросы для самопроверки.....	41
УКАЗАНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДЛЯ КУРСАНТОВ И СТУДЕНТОВ, ВЫПОЛНЯЮЩИХ ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ ПО ТПО	43
ПРИЛОЖЕНИЯ	44
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	58

ВВЕДЕНИЕ

Задачи лабораторного практикума:

- ознакомление с устройством и конструкцией типовых сборочных единиц, входящих в состав подъемно-транспортного оборудования;
- выяснение причин выхода из строя и критериев работоспособности сборочных единиц и деталей подъемно-транспортных машин;
- получение практических навыков по работе с отдельными подъемно-транспортными механизмами и машинами;
- получение практических навыков по оценке эксплуатационно-технических характеристик сборочных единиц и их деталей, а также машин в целом.

Предусматривается самостоятельная подготовка курсантов к выполнению лабораторных работ путем изучения соответствующих тем по рекомендуемой литературе и конспекту лекций и настоящим методическим указаниям. Непосредственно перед выполнением каждой из лабораторных работ намечено проводить экспресс-контроль готовности курсантов к выполнению данной лабораторной работы на персональных компьютерах и решать вопрос о допуске к работе.

Оформление отчетов по лабораторным работам производится в соответствии с требованиями ЕСКД к оформлению отчетной технической документации, а именно: отчет оформляется на белых листах писчей бумаги формата А4 (210x297) на одной стороне листа с высотой букв не менее 3-х миллиметров. Цифры и буквы пишутся чернилами или пастой разборчиво, по начертанию, близкому к чертежному шрифту или оформляются на компьютере. Небрежно оформленные отчеты не принимаются к проверке.

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

- цель работы;
- перечень задач, решаемых при выполнении работы;
- перечень оборудования и инструмента, используемого при выполнении работы;
- схемы, таблицы, графики и результаты расчетов;
- выводы по работе.

Примеры оформления отчетов приведены в приложении к настоящим методическим указаниям и представлены на стендах кафедры.

Отчет подписывается курсантом и визируется учебным мастером или преподавателем, последние подписи подтверждают факт выполнения лабораторной работы.

После оформления отчета в соответствии с требованиями ЕСКД он сдается на проверку преподавателю. Контрольные вопросы приведены в настоящих методических указаниях. Лабораторная работа считается принятой, если она выполнена, оформлена и защищена.

Лабораторный практикум по курсу «Транспортное перегрузочное оборудование» является важнейшей частью этой дисциплины, определяющей техническую грамотность инженеров-управленцев. Опираясь на естественно-научную и общепрофессиональную подготовку курсантов и студентов, указанная дисциплина дает базу для эффективного восприятия и усвоения последующих специальных дисциплин.



1. РУЧНОЙ ПРИВОД ГРУЗОПОДЪЁМНЫХ МАШИН

1.1. Цель работы

Ознакомление с составом, конструкцией и особенностями эксплуатации ручных приводов к грузоподъемным машинам.

1.2. Теоретические основы

Устройства, приводящие в движение рабочие органы машин, называются приводами. В общем случае привод состоит из источника энергии, передаточного механизма и аппаратуры управления. Тип привода определяется источником энергии. В ручных приводах в качестве источника энергии используется мускульная сила рабочего. Рабочий, в зависимости от продолжительности работы, может прикладывать усилие от 10 до 80 даН, в то время как масса перемещаемого груза может достигать 1 000 и более кг. Возможность перемещения таких грузов с использованием усилий рабочего обеспечивается путем применения передаточного механизма. Простейшим из них является рычаг.

Широко используются полиспасты, где за счет применения подвижных и неподвижных блоков, огибаемых канатом, достигается выигрыш в силе. Этот выигрыш определяется кратностью полиспаста и может достигать десятки раз.

Наиболее распространенными передаточными механизмами при ручном приводе являются зубчатые, червячные и цепные передачи. Выигрыш в силе в зубчатых передачах обуславливается тем, что усилие, возникающее при контакте зуба шестерни (малого колеса) и зуба колеса (большого) уравнивается вращающимися моментами на валах этих колес. Величина этих моментов пропорциональна размерам (делительным радиусам – r_1 и r_2) этих колес.

Рабочий через рукоятку прикладывает к валу шестерни вращающий момент

$$T_p = T_1 = F_p \cdot L, \quad (1.1)$$

где F_p – усилие рабочего, прикладываемое к рукоятке, соединенной с валом шестерни;

L – длина рукоятки.

При этом на валу колеса будет действовать вращающий момент

$$T_2 = T_1 \cdot u \cdot \eta, \quad (1.2)$$

где u – передаточное число передачи;

η – коэффициент полезного действия ступени передачи.

Таким образом, ориентировочно T_2 при использовании зубчатых передач будет больше момента T_1 в u раз.

В червячных передачах связь между моментами T_1 и T_2 выражается формулами (1.1) и (1.2), но принцип передачи движения в них такой же, как в паре винт-гайка. Червячное колесо – гайка с наружной резьбой – зубьями, которые скользят по виткам червяка. Витки червяка, если их распрямить, будут представлять наклонную плоскость, по которой скользят зубья колеса. Выигрыш в силе в этом случае, как и при перемещении груза по наклонной плоскости, обусловлен тем, что приходится преодолевать силы трения скольжения и часть веса груза, зависящую от угла подъема витков червяка.

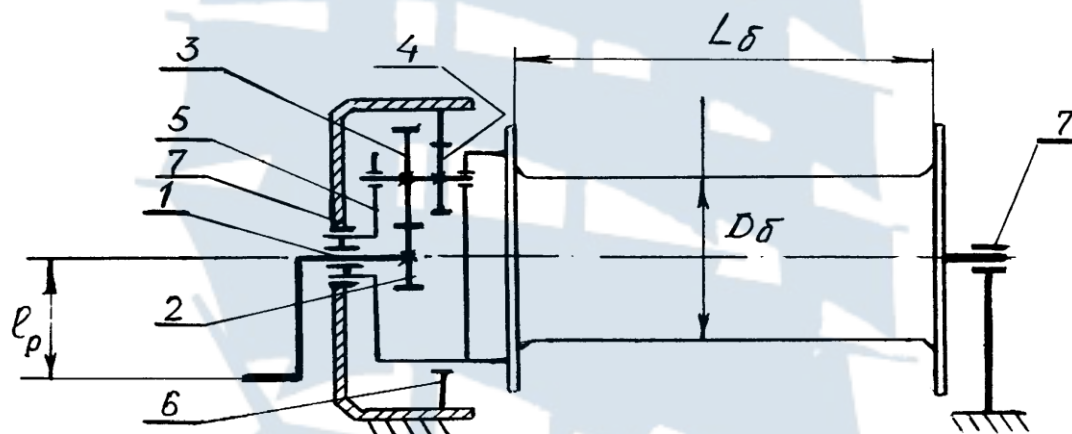


Рис. 1.1. Судовая лебедка

Рис. 1.1. Судовая лебедка

На рис. 1.1 представлена кинематическая схема ручной лебедки с планетарной передачей. В этих передачах, состоящих из зубчатых колес, некоторые колеса имеют подвижную геометрическую ось. Это так называемые сателлиты. Усилие рабочего прикладывается к рукоятке (1). На оси рукоятки закреплено зубчатое колесо (2), число зубьев которого z_a . Это колесо называют центральным или солнечным. Это колесо приводит в движение сателлиты (3), число зубьев z_g , сателлиты (4), число зубьев – z_f . Зубчатые колеса (3) и (4) соединены

между собой и представляют единый блок, так называемый двухвенцовый сателлит. Двухвенцовые сателлиты вращаются на осях, которые закреплены в водиле (5) и в торце барабана лебедки. Сателлиты (4) обкатываются по зубьям колеса (6), закрепленного неподвижно. Это так называемое корончатое колесо, число зубьев z_b . Колесо имеет внутренние зубья. В лебедке использованы подшипники скольжения (7).

Передаточное число этой планетарной передачи:

$$u_{л} = 1 + (z_b \cdot z_g) / (z_a \cdot z_f). \quad (1.3)$$

Для лебедки кафедры:

$$u_{л} = 1 + (100 \cdot 16) / (16 \cdot 20) = 6.$$

Коэффициент полезного действия лебедки равен 0,94.

В ручной тали, (рис. 1.2), используется червячная и цепная передачи. Усилие рабочего F_p прикладывается к бесконечной (замкнутой) цепи (1), которая вращает приводную звездочку (2), делительный диаметр которой d_1 . Звездочка закреплена на валу червяка (3). Червячное колесо (4) и звездочка (5) грузовой пластинчатой цепи (6), закреплены на одном валу и приводятся в движение червяком. Грузовая цепь охватывает не только звездочку (5), но и подвижный ролик (блок) (7), на оси которого подвешена обойма с грузовым крюком. Ролик, грузовая цепь и звездочка (5) образуют полиспаст, кратность которого $m = 2$.

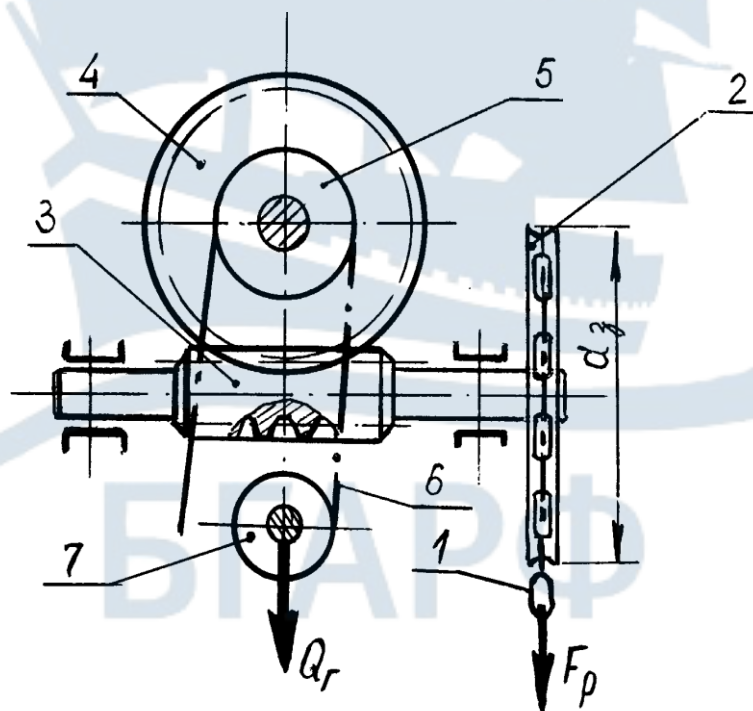


Рис. 1.2. Таль ручная червячная

Передаточное число тали равно передаточному числу червячной пары:

$$u_T = u_{\text{ч}} = z_2 / z_1, \quad (1.4)$$

где z_2 – число зубьев червячного колеса;

z_1 – число заходов червяка.

Чаще всего для обеспечения самоторможения червячной передачи число заходов червяка принимают равным единице. Число зубьев колеса – от 32 до 300.

КПД червячно-цепной тали сравнительно низок – 0,7...0,8.

При проведении лабораторной работы используется рычажно-цепная таль РЦТ-1,5. В этой тали вместо червячной передачи используется зубчатая передача, а приводятся во вращение зубчатые колеса качающимся рычагом, к которому прикладывается усилие рабочего. Подъем груза осуществляется грузовой цепью. Конструкция подъемной части полностью аналогична червячно-цепной тали. Кинематическая схема тали РЦТ-1,5 приведена в приложении 1.

1.3. Порядок выполнения работы

1.3.1. Подготовка к работе:

- ознакомиться с настоящими методическими указаниями;
- подготовить бланки отчета по работе (см. приложение 1);
- пройти контроль готовности к работе и получить допуск к выполнению работы;
- ознакомиться с конструкцией тали РЦТ-1,5, назначением ее основных деталей, указав на кинематической схеме номера их позиций и другие данные;
- выполнить замеры основных деталей тали: длину рукоятки – l_p , межосевое расстояние зубчатой пары – a_w , число зубьев шестерни – z_1 , колеса – z_2 , число зубьев цепного колеса (звездочки) – z_3 , длину десяти звеньев грузовой цепи – l_{10} , ширину внутреннего звена цепи – B . Размеры крюка: диаметр зева – D , размеры поперечного сечения крюка – h , b_1 , b_2 , диаметр хвостовика – d ;
- занести в отчет по работе массы m_i чугунных чушек, перегрузка которых будет производиться;
- подготовить рабочие места для перегрузки чушек: на «складе» сформировать штабель груза, подготовить трассу для транспортировки груза, подготовить рабочие площадки для пакетирования груза у тали и после перемещения груза;

- распределить обязанности членов бригады: бригадира, стропальщика-сигнальщика, лебедчика, хронометриста и грузчиков;
- бригадиру обеспечить грузчиков и стропальщика рукавицами, хронометриста — секундомером, провести инструктаж по технике безопасности и расставить членов бригады по рабочим местам.

1.3.2. Ход работы:

- по сигналу бригадира грузчики переносят груз к месту погрузки и загружают чушки в корзину до ее заполнения. Время заполнения корзины $t_{\text{заг}}$ заносится в протокол хронометристом;
- стропальщик осуществляет строповку корзины, время строповки $t_{\text{ст}}$ заносится в протокол;
- после сигнала готовности лебедчик поднимает груз, при этом подсчитывается число качаний рычага $n_{\text{п}}$ и замеряется время подъема груза $t_{\text{п}}$, данные заносятся в протокол;
- лебедчик опускает груз, подсчитывается число качаний рычага $n_{\text{оп}}$ и фиксируется время опускания $t_{\text{оп}}$;
- корзина освобождается, груз извлекается из корзины и укладывается на площадке разгрузки, время всех операций $t_{\text{отгр}}$ и $t_{\text{раз}}$ замеряется и заносится в протокол;
- груз с разгрузочной площадки переносится на склад.

1.3.3. Обработка результатов

Выполняются расчеты технико-экономических характеристик тали и заполняется отчет по форме приложения 1.

1.4. Вопросы для самопроверки

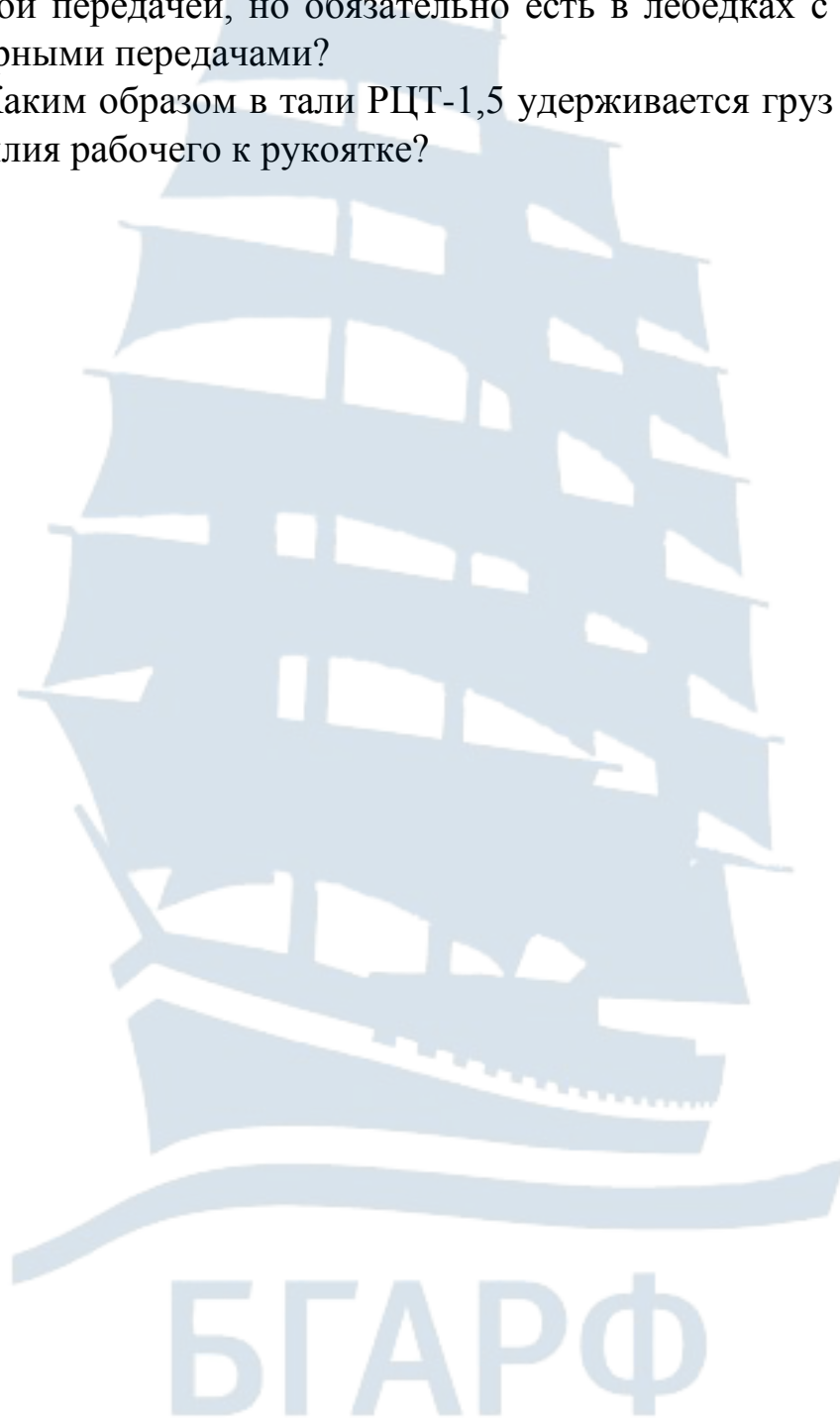
1. Что называется передачей, с какой целью передачи включаются в состав механизмов?
2. Какие параметры передач являются основными?
3. Передаточное число тали РЦТ-1,5 равно двум. Равен ли двум выигрыш в силе?
4. Есть ли в тали РЦТ-1,5 полиспаст? Какова его кратность?
5. Что такое полиспаст и зачем он используется в грузоподъемных машинах?
6. Как расшифровывается обозначение цепи, установленной на тали ПР-25,4-6000 ГОСТ 13568-75?
7. Что ограничивает грузоподъемность тали РЦТ-1,5?

8. Можно ли трем рабочим без применения ручных лебедок переместить в трюме ящик массой в 500 кг? Как это сделать?

9. Есть ли преимущества у ручных лебедок с планетарными передачами перед лебедками с зубчатыми или червячными передачами?

10. Какое из важнейших устройств может отсутствовать на тали с червячной передачей, но обязательно есть в лебедках с зубчатыми и планетарными передачами?

11. Каким образом в тали РЦТ-1,5 удерживается груз без приложения усилия рабочего к рукоятке?



2. ЭЛЕКТРОПРИВОД ПОДЪЁМНО-ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН

2.1. Цель работы

Ознакомление с составом, конструкцией и технико-экономическими характеристиками транспортного перегрузочного оборудования.

2.2. Теоретические основы

Электропривод транспортного перегрузочного оборудования и, в частности, подъёмно-транспортных машин состоит из электродвигателя, передаточного механизма и аппаратуры управления.

2.2.1. Электродвигатели

В приводах к ПТМ, как правило, используются специальные крановые электродвигатели, асинхронные трехфазного тока напряжением 380 В. В механизмах подъема груза и поворота кранов – серии МТ (В) с фазовым ротором, в механизмах качания стрелы и механизмах передвижения – серии МТК (В) с короткозамкнутым ротором. Крановые двигатели обладают значительной перегрузочной способностью $T_{max}/T_{ном} = 2,6-3,3$, удовлетворительно работают при частых пусках и торможениях, допускают регулировку угловой скорости аппаратурой управления. Их мощность и скорость вращения зависят от относительной продолжительности включения ПВ %. В обозначение двигателей входят: буквенное обозначения типа и цифровые – габаритного размера двигателя и размера статора, например МТ(В)62-10, $N_3 = 72$ кВт, $n_3 = 572$ об/мин при ПВ = 15 % и этот же двигатель при ПВ = 40 % имеет $N_3 = 48$ кВт, $n_3 = 581$ об/мин.

В приводах к машинам непрерывного транспорта чаще всего используются электродвигатели общепромышленного назначения асинхронные, трехфазного тока на 220 и 380 В с короткозамкнутым ротором. Они просты по конструкции (у них обмотка ротора замыкается в самом двигателе и их можно включать в сеть без реостатов), но у них меньше пусковой момент, чем у крановых. В условное обозначение этих двигателей по ГОСТ 15150-69 входят: 4 – порядковый номер серии; А – вид двигателя – асинхронный; А – станина и щиты двигателя алюминиевые (отсутствие знака – чугунные или стальные); М – модернизированный; двух- или трехзначное число – высота оси вращения ротора; А, В – длина сердечника статора; L, S, M – устано-

вочный размер по длине станины; 2, 4, 6, 8 – число полюсов; УЗ – климатическое исполнение и категория размещения.

Число полюсов p позволяет определить синхронное число оборотов двигателя n_c , равное числу оборотов магнитного поля. При частоте тока $f = 50$ Гц

$$N_c = 6000/p, \quad (2.1)$$

где N_c – число оборотов, которое развивает двигатель на холостом ходу (без нагрузки).

Как правило, на щитке электродвигателя указаны:

- тип электродвигателя и его обозначение;
- номинальная мощность двигателя в кВт;
- номинальное число оборотов в об/мин;
- ГОСТ или ТУ по которому выпускается двигатель;
- масса электродвигателя в кг;
- $\cos \varphi$, КПД, схема соединения обмоток.

2.2.2. Передаточный механизм

В качестве передаточных механизмов используются зубчатые и червячные механизмы и механизмы с гибкой связью – ременные и цепные передачи. Зубчатые и червячные механизмы, как правило, конструктивно оформлены в отдельную сборочную единицу – редуктор. Редуктор – механизм, состоящий из передач зацеплением с постоянным передаточным числом u , заключенный в отдельный корпус и предназначенный для понижения угловой скорости ω_t – выходного (тихоходного) вала по сравнению с ω_b – входного вала. Одновременно вращающий момент на выходном валу T_t увеличивается примерно в u раз по сравнению с моментом T_b , приложенным к входному валу.

Если редуктор не обеспечивает необходимой угловой скорости исполнительного органа, то в состав привода включают открытые передачи: зубчатые, цепные, ременные. Цепные и ременные передачи чаще всего используются в приводах к машинам непрерывного транспорта – ленточным и цепным конвейерам.

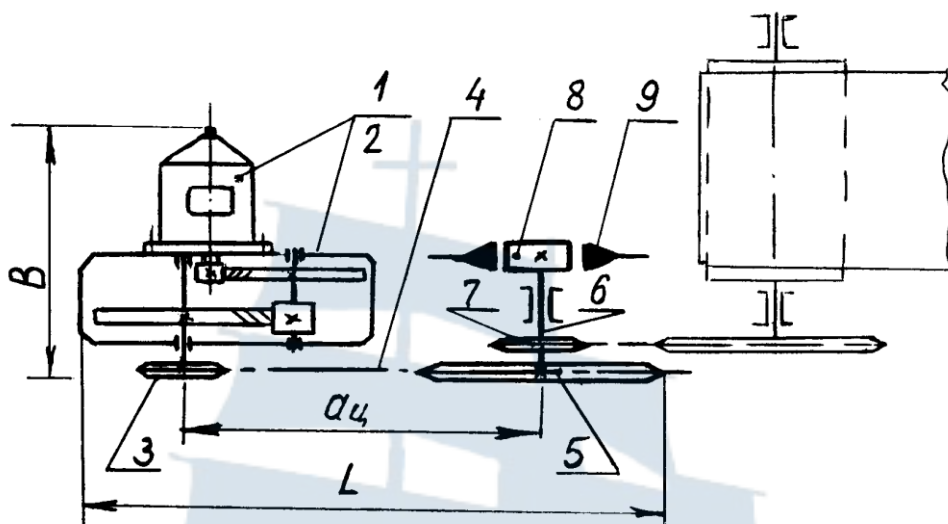


Рис. 2.1

На рис. 2.1 приведена кинематическая схема привода к ленточному транспортеру. Этот привод установлен в лаборатории кафедры. В приводе используется стандартный мотор-редуктор Мц2С-У3. Это агрегат, в котором конструктивно объединены цилиндрический двухступенчатый косозубый соосный редуктор (1) и электродвигатель (2). На тихоходном валу редуктора закреплена малая (ведущая) звездочка цепной передачи (3). Приводной цепью (4) звездочка связана с большой (ведомой) звездочкой (5), которая насажена на промежуточном валу (6). На этом валу закреплены ведущая звездочка (7) второй цепной передачи, тормозной шкив (8) колодочного тормоза. Движение со звездочки (6) через приводную цепь должно передаваться ведомой звездочке, насаженной на приводной барабан ленточного транспортера. Последние изделия в лаборатории не установлены.

Привод к грузовой лебедке, включающий электродвигатель, ременную передачу и двухступенчатый цилиндрический редуктор, приведен ниже в приложении 2.

В приводах механизмов порталных кранов используются различные редукторы: цилиндрические одно-, двух- и трехступенчатые, червячные, планетарные, комбинированные (коническо-цилиндрические) и открытые зубчатые и реечные передачи.

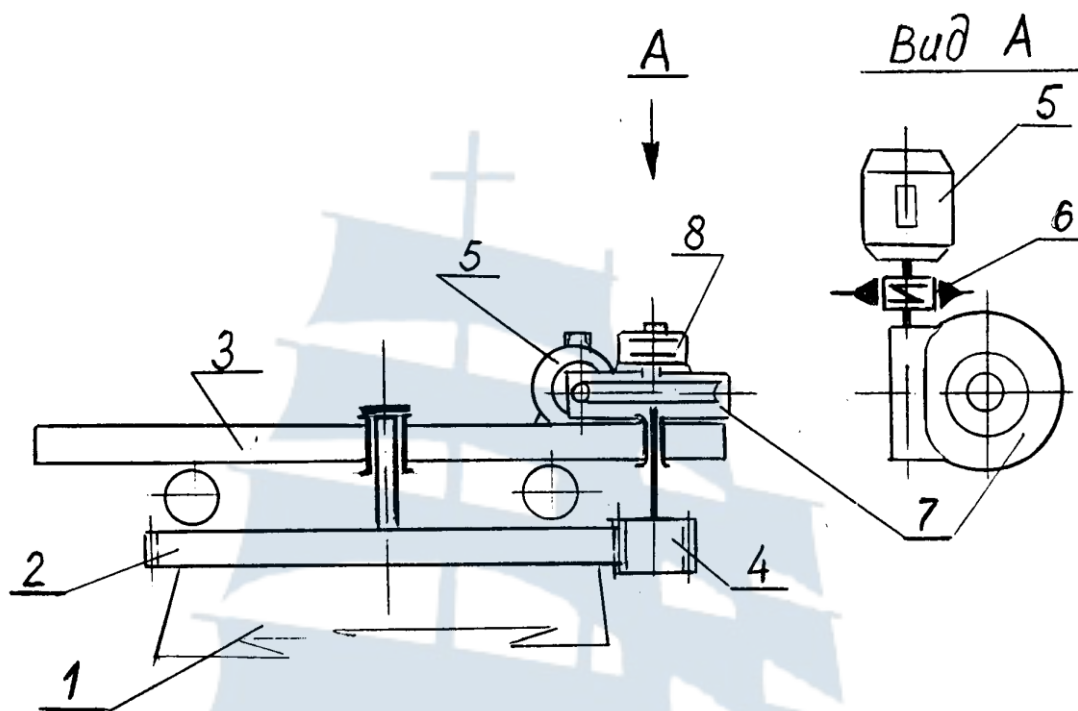


Рис. 2.2

На рис. 2.2 приведена кинематическая схема механизма поворота портального крана с червячным редуктором (7), на тихоходном валу которого закреплена шестерня (4) открытой зубчатой передачи. Колесо (2) этой передачи неподвижно закреплено на портале крана (1). Электродвигатель (5) передает вращающий момент T , через червячный редуктор шестерне, которая обкатываясь вокруг колеса, приводит во вращательное движение поворотную часть крана (3).

2.2.3. Аппаратура управления

Аппаратура управления электроприводом обеспечивает пуск электродвигателя, регулирование скорости вращения последнего, его выключение и предохранение от перегрузки и коротких замыканий. В этой лабораторной работе устройство и работа аппаратуры не изучается.

2.2.4. Основные параметры электропривода

Основными кинематическими параметрами привода являются:
– общее передаточное число привода

$$u_{\text{общ}} = |\omega_{\text{вх}}| / |\omega_{\text{вых}}|, \quad (2.2)$$

где $\omega_{\text{вх}}$, $\omega_{\text{вых}}$ – угловые скорости входного (ведущего) и выходного (ведомого) валов соответственно;

- коэффициент полезного действия – $\eta_{\text{общ}}$;
- вращающий момент, приложенный со стороны рабочего органа к выходному валу привода T_p , Нм.

Для приводов, состоящих из последовательно соединенных передач,

$$u_{\text{общ}} = u_1 u_2 \dots u_n, \quad (2.3)$$

где u_i – передаточное число i -ой передачи;

$$\eta_{\text{общ}} = \eta_1 \eta_2 \dots \eta_n, \quad (2.4)$$

где η_j – КПД j -го звена, расположенного между электродвигателем и рабочим валом машины.

Момент сил сопротивления T_p определяется конкретно для каждого рабочего органа как произведение усилия, приложенного к этому органу, на плечо действия этого усилия.

2.3. Порядок выполнения работы

2.3.1. Подготовка к работе:

- ознакомиться с настоящими методическими указаниями;
- подготовить бланки отчета по работе (см. приложение 2);
- пройти контроль готовности к работе и получить допуск к ее выполнению;
- ознакомиться с составом привода к грузовой лебедке, назначением основных узлов и сборочных единиц, указав на кинематической схеме номера их позиций;
- выполнить необходимые замеры для определения технико-экономических показателей лебедки (см. приложение 2);
- занести паспортные данные электродвигателя и редуктора, приведенные на их щитках (табличках);
- на внутренней стороне клинового ремня найти условное обозначение ремня и занести его в отчет.

2.3.2. Ход работы

- выполнить подъем груза, замерив при этом число оборотов валов электродвигателя – ведущего шкива, и ведомого шкива – тихоходного вала редуктора;
- зафиксировать время подъема груза на высоту один метр.

2.3.3. Обработка результатов

Выполняются расчеты технико-экономических характеристик грузовой лебедки в соответствии с формулами, приведенными в приложении 2, п. 8, приводятся выводы по работе.

2.4. Вопросы для самопроверки

1. Преимущества и недостатки электропривода механизмов подъёмно-транспортных машин.
2. С какими целями между электродвигателем и исполнительным органом машины устанавливаются передачи?
3. Какие основные характеристики электродвигателя приводятся на его щитке?
4. Какой из электродвигателей одинаковой мощности и марки будет иметь большую массу, если первый имеет синхронное число оборотов $n_c = 3\ 000\ \text{мин}^{-1}$, второй $n_c = 750\ \text{мин}^{-1}$? Почему?
5. Как определяется передаточное число (отношение) цилиндрической зубчатой передачи? Многоступенчатого цилиндрического редуктора?
6. Как определяется передаточное число червячной передачи? Что такое число заходов червяка?
7. Может ли ременная передача в приводе к лебедке выполнять функции предохранительного устройства?
8. Почему передаточное число ременной передачи, определенное по отношению диаметров шкивов, не совпадает с передаточным числом, определенным по замерам с помощью тахометра?
9. Почему ременная передача установлена в качестве быстроходной ступени привода, а цепная (в приводе к ленточному транспортеру) в качестве тихоходной?
10. Можно ли электродвигателем, мощность которого 700 ватт (от стиральной машины), поднять груз, масса которого 5 т?

БГАРФ

3. УНИФИЦИРОВАННЫЕ СБОРОЧНЫЕ ЕДИНИЦЫ ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ МАШИН

3.1. Цель работы

На примере лебедки Т-66Д ознакомиться с назначением, конструкцией и подбором сборочных единиц механизмов подъема груза.

3.2. Теоретические основы

Современные грузоподъемные машины состоят из унифицированных сборочных единиц (блоков), соединенных между собой посредством легко разъемных элементов. Блоки изготавливаются на специализированных заводах в соответствии с принятым принципом (рядом) унификации. При этом обеспечивается высокое качество изготовления, возможность использования в машинах различной грузоподъемности и, что главное для эксплуатационника, максимум удобств при ремонте. Ремонт сводится к замене блоков без разборки смежных узлов. Это приводит к уменьшению времени простоя портового оборудования и повышению экономических показателей порта.

Изучение основных стандартизованных и унифицированных деталей, сборочных единиц и изделий выполним на примере лебедки общего назначения Т-66Д, выпускаемой в соответствии с ГОСТ 22914-67. Общий вид лебедки приведен на рис. 3.1, кинематическая и электрическая схемы в приложении 3.

Лебедка состоит из сварной рамы (1), электродвигателя (2), упругой муфты (3), одна из полумуфт которой служит тормозным шкивом колодочного тормоза (4), электрогидравлического толкателя (5), цилиндрического двухступенчатого редуктора (6), барабана (7), выносной опоры (8), аппаратуры управления (9).

Габаритные размеры лебедки – L, B, H , без аппаратуры управления – L_0, H_0 , установочные размеры – h, L_1 .

С частью унифицированных сборочных единиц мы познакомились в лабораторных работах № 1 и № 2. Это электродвигатели, редукторы, ременные и цепные передачи. Остановимся на остальных.

3.2.1. Канаты

Чаще всего в механизмах подъема используются стальные канаты. В их обозначения входят:

– буквенное обозначение характера свивки прядей из отдельных проволок – ТК, ЛК, ТЛК – свивка с точечным, линейным и точечно-линейным контактом проволок;

– буквенное обозначение относительного диаметра проволок в пряди – О, Р, РО, З – одинаковый диаметр, разный, имеются слои с разными и одинаковыми диаметрами проволок, между слоями есть заполняющие проволоки;

– числа $6 \times n$ – число прядей и число проволок в прядях;

– 7×7 – конструкция металлического сердечника каната – канатик из 7 прядей по 7 проволок в каждой пряди;

– наличие органического сердечника;

– номер государственного стандарта, по которому изготавливается канат.

Важной характеристикой каната является шаг свивки $p_{св}$ – расстояние между двумя метками, в которое укладывается число витков, равное числу прядей в канате. При браковке каната подсчитывается число отрывов проволок на шаге свивки. Если канат односторонней свивки, то число разорванных проволок не должно превышать 5 % от общего числа проволок в канате. Для каната крестовой свивки – 10 %.

3.2.2. Барабаны

На барабанах при наматывании каната происходит преобразование вращательного движения привода механизма в поступательное движение груза. Как правило, барабаны имеют цилиндрическую форму с гладкой или желобчатой с винтовыми канавками поверхностью. Барабаны с гладкой поверхностью используются при многослойной навивке каната, с винтовыми канавками – для однослойной навивки.

По правилам Госгортехнадзора диаметр барабана D_{δ} связан с диаметром каната коэффициентом e

$$D_{\delta} \geq d_k h, \quad (3.1)$$

где h – задается правилами Госгортехнадзора в зависимости от режима работы механизма.

Сами барабаны изготавливаются литыми из чугуна или стали и сварными.

Правилами Госгортехнадзора нормированы способы крепления канатов на барабанах. Оно должно быть надежным, доступным для осмотра, удобным для смены каната и достаточно простым в изготовлении. Канат в месте крепления не должен подвергаться резкому изгибу. Этим требованиям отвечают крепления на планках или клиновое. Правилами Госгортехнадзора предусмотрено обязательное наличие на барабане 1,5-2 неприкосновенных витков каната, обеспечивающих уменьшение натяжения каната в месте его крепления.

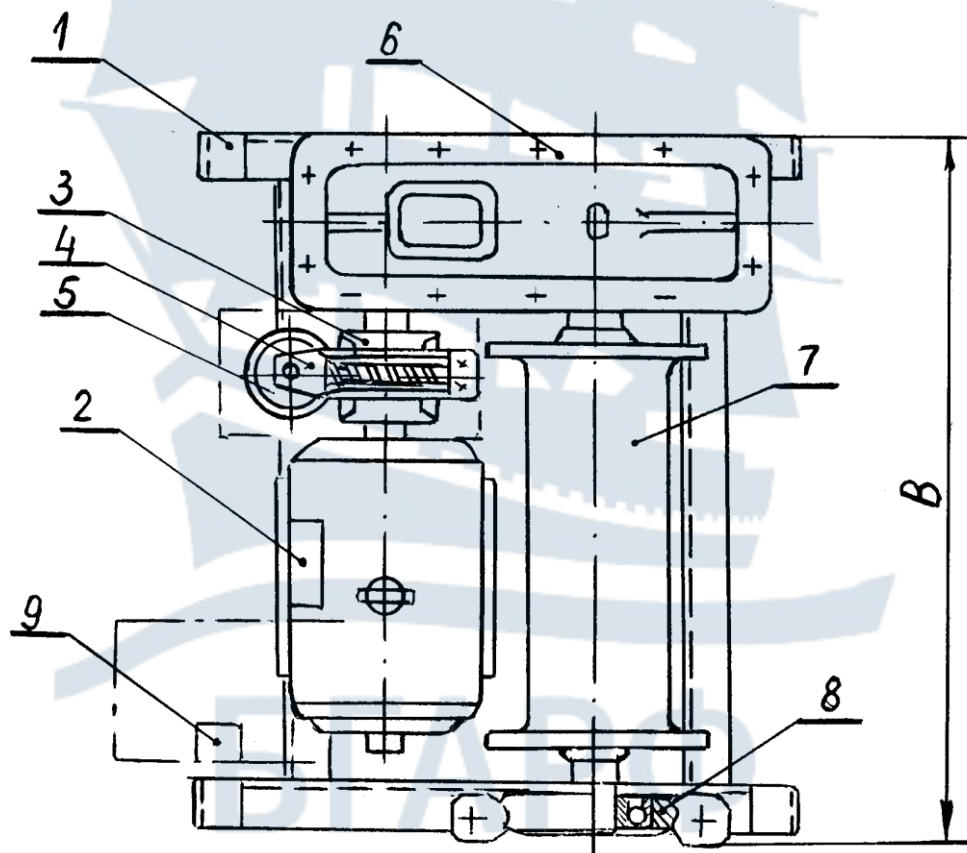
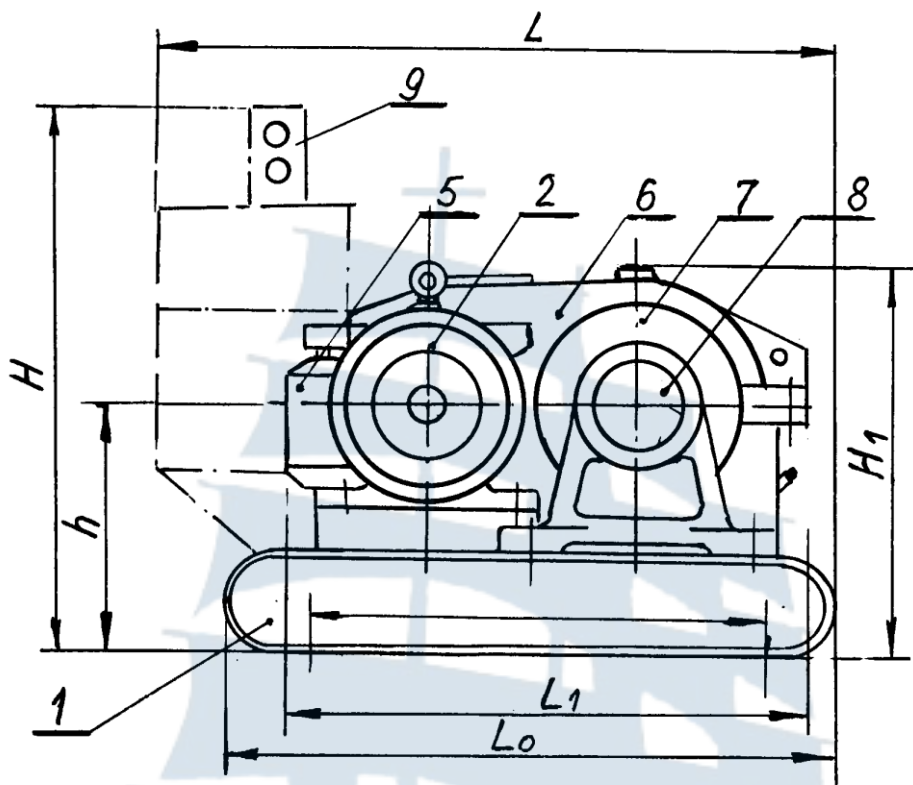


Рис. 3.1

Важной эксплуатационной характеристикой барабана является его канатоемкость L_k (м). Для гладкого барабана с многослойной навивкой ее можно определить по формуле

$$L_k = \pi D_{\text{ср}} i z / 1000, \quad (3.2)$$

где $D_{\text{ср}}$ – средний диаметр навивки, мм;
 i – число слоев каната на барабане;
 z – число рабочих витков на барабане.
В свою очередь

$$D_{\text{ср}} = D_{\text{б}} + d_k i, \quad (3.3)$$

$$z = l_{\text{б}} / d_k = (D_{\text{борт}} - D_{\text{б}}) / (2d_k) - 2, \quad (3.4)$$

где $l_{\text{б}}$ – длина барабана, мм;
 $D_{\text{борт}}$ – диаметр бортов (реборд) барабана, мм.

3.2.3. Крюковая подвеска

Крюк вместе с подвижной обоймой полиспаста является стандартной сборочной единицей – крюковой подвеской. Конструкция крюковой подвески зависит от кратности полиспаста и грузоподъемности крюка. Каждый крюк должен иметь клеймо завода изготовителя и паспорт с указанием грузоподъемности и сведениями о материале. Стандартные крюки, отвечающие ГОСТ 6619-75, изготавливаются ковкой или штамповкой из малоуглеродистой стали 20, что гарантирует от внезапного разрушения крюка. Сталь 20 имеет протяженную площадку текучести, поэтому при перегрузке крюк будет разгибаться.

Крюк имеет разную грузоподъемность, определяемую режимом его эксплуатации. Главный размер крюка – диаметр его зева D , остальные размеры подобраны так, чтобы прочность крюка во всех сечениях была обеспечена.

3.2.4. Муфты

Валы сборочных единиц и отдельных изделий, входящих в состав привода, соединяются между собой муфтами. Вал электродвигателя с валом редуктора соединяются, как правило, компенсирующими упругими муфтами. Наиболее часто используются муфты упругие втулочно-пальцевые (МУВП) ГОСТ 21425-93. Валы барабанов с тихоходным валом редуктора соединяются зубчатой муфтой ГОСТ 5006-83. В лебедках небольшой грузоподъемности (до 1 т) барабан одним концом насаживается на тихоходный вал редуктора, и вращающий момент

с вала редуктора через шпонку передается барабану. Другой конец барабана через свою ось передает усилие на подшипник, закрепленный в выносной опоре (см. рис. 3.1, позиция 8).

Муфты подбираются по величине допускаемого вращающего момента $[T_m]$ и диаметру соединяемых валов. Условное обозначение муфт: МУВП 250-32-I.40-II-УЗ ГОСТ 21424-93, где 250 – $[T_m]$ в Нм, 32 и 40 – диаметры валов; I, II – тип исполнения.

3.2.5. Тормоза

Механизмы грузоподъемных машин обязательно снабжают тормозами, которые, используя силы трения, уменьшают скорость движения и останавливают поступательно-перемещающиеся или вращающиеся массы.

Из всего многообразия ленточных и колодочных тормозов унифицированы колодочные тормоза. В качестве тормозного шкива используется одна из полумуфт (см. рис. 3.1). Как правило, колодки постоянно прижаты к тормозному шкиву пружиной через систему рычагов. Это так называемые нормально замкнутые тормоза. Размыкание тормоза происходит в момент включения электродвигателя механизма подъема груза. Размыкание тормоза осуществляется или электромагнитом (длинноходовым или короткоходовым) или, как в лебедке Т-66Д, электрогидротолкателем.

Основные характеристики тормозов – величина тормозного момента T_t и диаметр тормозного шкива D_t . Величины D_t и T_t входят в условное обозначение тормоза. Например, ТКГ-160-104 ОСТ 24.920.08-82, тормоз колодочный переменного тока с электрогидравлическим толкателем, где $D_t = 160$ мм; $T_t = 104$ Нм.

3.2.6. Аппаратура управления

Пуск и реверсирование двигателя осуществляется электрической пусковой аппаратурой, состоящей из стандартных изделий: барабанного контроллера, магнитных пускателей, резисторов, различных реле. Каждый из типов электродвигателей имеет свою схему управления. Так статоры электродвигателей (6) и (7) тали Т-66Д (см. п. 4.2 приложения 3) подсоединяются к электрической сети через магнитный пускатель (8). Обмотки статоров электродвигателя лебедки М1 и электродвигателя гидротолкателя М2 включаются нажатием одной из кнопок поста управления (9).

3.3. Порядок выполнения работы

3.3.1. Подготовка к работе:

- ознакомиться с настоящими методическими указаниями;
- подготовить бланки отчета по работе (см. приложение 3);
- пройти контроль готовности к работе и получить допуск к ее выполнению;
- ознакомиться с конструкцией лебедки Т-66Д, назначением сборочных единиц, указав на кинетической схеме номера их позиций и другие данные;
- выполнить замеры: габаритов лебедки – L, B, H , установочных размеров – h, L_1 ; размеров барабана $L_6, l_6, D_6, D_{\text{борт}}$; размеров тормозного шкива – D_T, b_T ; диаметров валов редуктора d_1 и электродвигателя – d_2 ; диаметр каната – d_k , шаг свивки каната $p_{\text{св}}$; размеров крюка D, S, h, b_1, b_2 ;
- занести в протокол работы табличные параметры электродвигателя, редуктора, электрогидравлического толкателя;
- определить высоту подъема груза – $h_{\text{п}}$, м.

3.3.2. Ход работы:

- выполнить трехкратный подъем груза без использования полиспаста, фиксируя время подъема груза и время его опускания. Результаты занести в таблицу;
 - выполнить как и ранее подъемы груза при кратности полиспаста $m = 2$ и $m = 3$.
- Данные занести в таблицу наблюдений, табл. 6.2.

3.3.3. Обработка результатов:

- выполняются расчеты технико-экономических характеристик лебедки по форме приложения 3;
 - в разделе отчета «выводы» приводятся выводы по работе.
- В выводах необходимо дать оценку технико-экономических характеристик лебедки Т-66Д.

3.4. Вопросы для самопроверки

1. Что такое стандартизация и унификация изделий, используемых в подъёмно-транспортных механизмах?
2. Обеспечивает ли унификация узлов ПТМ экономический эффект при эксплуатации портового оборудования? Если да, то за счет чего?

3. Зачем в канатах типа «компаунд» пряди изготавливают из проволок разного диаметра?
4. Можно ли при осмотре каната определить какой он свивки – односторонней или крестовой?
5. Что такое шаг свивки каната?
6. Почему нормы на количество оборванных проволок каната при его дефектации у канатов крестовой свивки в два раза больше, чем для канатов одинарной свивки?
7. Каким образом крепятся канаты к крюкам и другим конструкциям? Какие для этого используются детали?
8. Зачем по правилам Госгортехнадзора на барабане предусмотрено 1,5 неприкосновенных витка каната?
9. Почему один и тот же крюк имеет разную грузоподъемность?
10. Зачем в ПТМ используются муфты? Где? Какие?
11. Почему тормоз в лебедке Т-66Д установлен на валу электродвигателя?
12. Зависит ли скорость подъема груза лебедкой Т-66Д от кратности полиспаста?
13. Какие параметры определяют грузоподъемность лебедки?
14. По каким параметрам подбирается канат, в частности, для грузовой лебедки Т-66Д?



БГАРФ

4. ЛЕНТОЧНЫЕ ТОРМОЗА

4.1. Цель работы

Ознакомление с конструкцией и особенностями работы ленточных тормозов.

4.2. Теоретические основы

Механизмы грузоподъемных машин и палубные механизмы обязательно снабжают тормозами, которые, используя силу трения, уменьшают скорость движения и останавливают поступательно-перемещающиеся или вращающиеся массы. В механизмах подъема тормоза останавливают груз и удерживают его в подвешенном состоянии. В механизмах передвижения и поворота кранов тормоза останавливают или уменьшают скорость движущейся или поворачивающейся конструкции.

Тормозной момент в большинстве тормозов создается за счет сил трения, возникающих на рабочих поверхностях тормозов в результате прижатия этих поверхностей друг к другу. Для увеличения сил трения рабочие поверхности тормозов изготавливают из специальных материалов, обладающих повышенным коэффициентом трения и высокой износостойкостью. Чаще всего это специальная фрикционная лента или накладка, изготовленные из асбестовых нитей или крошки. Ленты, тканые из асбестовых нитей, имеют коэффициент трения $f = 0,35 \dots 0,4$. Накладки, вальцованные из крошки асбеста и лагекса, $-f = 0,4 \dots 0,45$.

Тормоза механизмов грузоподъемных машин устанавливают, как правило, на приводном валу, так как на нем действует минимальный вращающий момент, и тормоз получается более компактным. В палубных механизмах (шпилях, брашпилях, швартовных лебедках, грузовых стрелах и промышленных лебедках) чаще всего используются ленточные тормоза, обладающие рядом достоинств по сравнению с другими тормозами, например, колодочными.

Ленточный тормоз (рис. 4.1) имеет огибающую тормозной шкив (1) упругую стальную ленту (2), к рабочей поверхности которой прикреплена фрикционная лента (3). Стальная лента крепится одним концом (8) к станине или тормозному рычагу, а другим концом (4) через винтовую стяжку (5) к нажимной части тормозного рычага (6). Торможение осуществляется затяжкой ленты под действием замыка-

ющего груза (7) или пружины. Угол обхвата лентой тормозного шкива составляет, как правило, $180-270^\circ$, а величина зазора между лентой и шкивом в расторможенном состоянии 1-3 мм.

Сила трения F_T , создаваемая при нажатии ленты, является разностью усилий натяжения набегающей F_1 и сбегающей F_2 ветвей (рис. 4.1, б-г):

$$F_T = F_1 - F_2. \quad (4.1)$$

На основании формулы Эйлера для гибкой нити, огибающей цилиндр

$$F_1 = F_2 e^{f\alpha}, \quad (4.2)$$

где $e \approx 2,718$ (основание натуральных логарифмов);

f – коэффициент трения фрикционной ленты о шкив;

α – угол обхвата лентой тормозного шкива, рад.

В зависимости от размещения точек крепления концов тормозной ленты относительно оси вращения тормозного рычага различают простые, дифференциальные и суммирующие ленточные тормоза.

В простом ленточном тормозе (рис. 4.1, б) набегающий конец ленты крепится к неподвижной точке станины, а сбегающий – к тормозному рычагу со стороны замыкающего груза.

При вращении тормозного шкива по стрелке I величина усилия, прилагаемого к рычагу,

$$G_1 = F_2 a/l. \quad (4.3)$$

При вращении в другую сторону, по стрелке II,

$$G_2 = F_1 a/l, \quad (4.4)$$

так как конец ленты, прикрепленный к рычагу, становится набегающим. С учетом (4.1)

$$G_2 = F_2 e^{f\alpha} a/l. \quad (4.5)$$

Из (4.3) и (4.5) следует, что величина усилия замыкания тормоза различна при разном направлении вращения тормозного шкива: $G_2 > G_1$. При одинаковом замыкающем тормозе груза G будет различна величина тормозного момента T_{T1} и T_{T2} при вращении тормозного шкива в разные стороны. То есть простые ленточные тормоза являются тормозами одностороннего действия, у которых $T_{T1} \neq T_{T2}$.

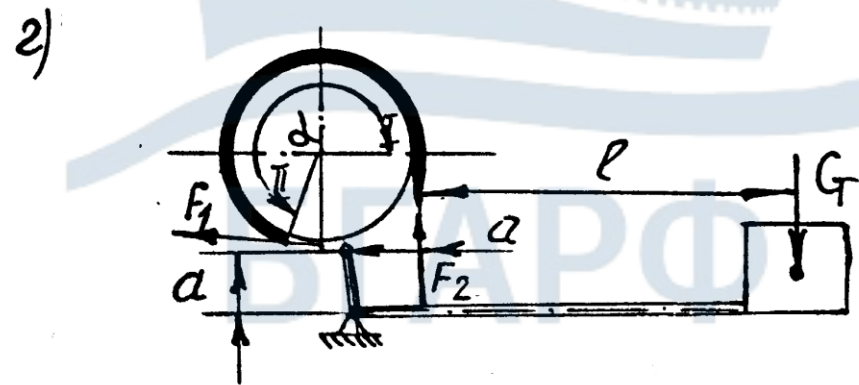
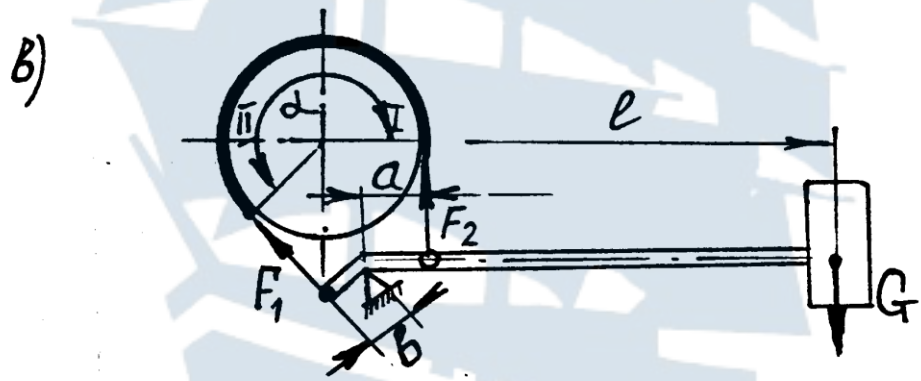
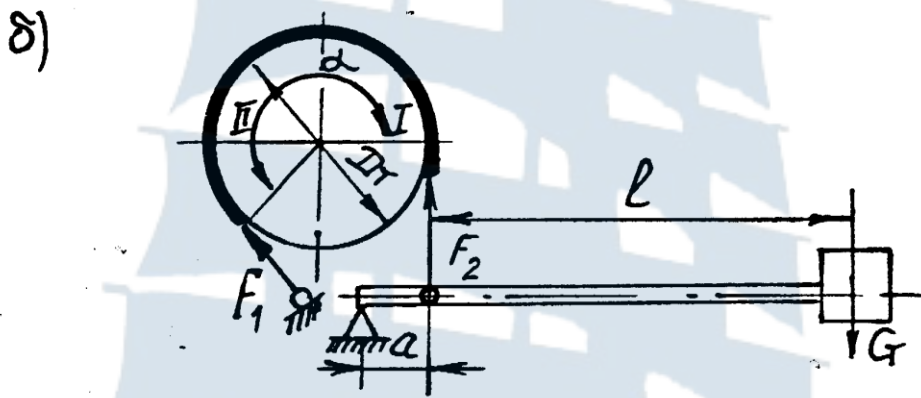
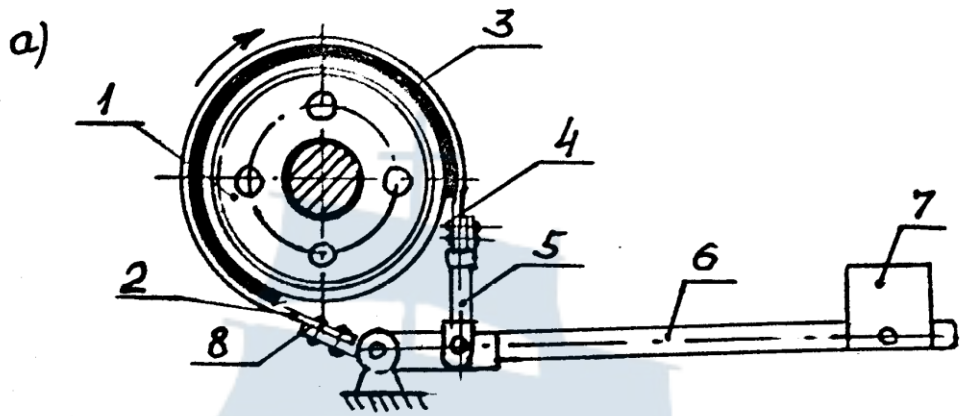


Рис. 4.1

Дифференциальный ленточный тормоз (рис. 4.1, в) отличается от простого тем, что набегающий и сбегающий концы ленты крепятся к рычагу по обе стороны от оси вращения последнего. Из условия равновесия тормозного рычага

$$G_1 = (F_2a - F_1b) / l, \quad (4.6)$$

а при изменении направления вращения

$$G_2 = (F_1a - F_2b) / l. \quad (4.7)$$

Таким образом, у дифференциального тормоза усилие для замыкания тормоза всегда меньше, чем у простого ленточного тормоза. При определенном соотношении плеч a и b возможно самопроизвольное замыкание тормоза. Чтобы этого явления не было, нужно, чтобы

$$a > be^{f\alpha}.$$

Суммирующий ленточный тормоз (рис. 4.1, г) является тормозом двустороннего действия. В нем оба конца тормозной ленты прикреплены к рычагу так, что их натяжения F_1 и F_2 создают на рычаге моменты одинаковой величины, если плечи одинаковы: $a = b$. Отсюда при любом направлении вращения

$$G = a (F_1 + F_2) / l. \quad (4.8)$$

Однако для создания тормозного момента, равного моменту простого тормоза, а тем более дифференциального, нужно заметно большее замыкающее усилие.

Тормозной момент, создаваемый ленточным тормозом, зависит от размеров шкива D_T , размеров рычагов и их веса, главным образом от веса замыкающего груза G . Расчетная величина тормозного момента для простого ленточного тормоза определяется по формулам:

– при вращении по часовой стрелке:

$$T_T = [(G_p c + Gl)(be^{f\alpha} - 1)D_T \eta] / (2a); \quad (4.9)$$

– при вращении против часовой стрелки:

$$T_T = [(G_p c + Gl)(e^{f\alpha} - 1)D_T \eta] / (2e^{f\alpha} a); \quad (4.10)$$

для дифференциального тормоза:

$$T_T = [(e^{f\alpha} - 1) (G_p c + Gl)D_T \eta] / [2(ae^{f\alpha} - a)]; \quad (4.11)$$

для суммирующего тормоза:

$$T_T = [(G_p c + Gl)(e^{f\alpha} - 1)D_T \eta] / [2a(e^{f\alpha} + 1)]. \quad (4.12)$$

В формулах (4.9)-(4.12):

G_p – вес рычага;

c – плечо равнодействующей силы веса рычага;

η – КПД тормоза.

4.3. Порядок выполнения работы

4.3.1. Подготовка к работе:

- ознакомиться с настоящими методическими указаниями;
- подготовить бланки отчета по работе (см. приложение 4);
- пройти контроль готовности к работе и получить допуск к ее выполнению;
- ознакомиться с устройством лабораторной установки, определить тип тормозов;
- выполнить замеры элементов тормозов, уравнивающего рычага, занести результаты замеров в отчет.

4.3.2. Ход работы:

Последовательно для каждого из тормозов:

- подвесить замыкающий груз G на рычаг тормоза;
- вставить в гнездо уравнивающий рычаг для создания внешнего вращающего момента T_y таким образом, чтобы тормозной шкив вращался по часовой стрелке;
- постепенно увеличивая груз на рычаге до тех пор, пока не будет медленного поворота тормозного шкива;
- занести величину этого груза G_y в табл. 6.1;
- выполнить перестановку уравнивающего рычага для создания T_y , направленного против часовой стрелки;
- определить величину G_y в этом случае.

4.3.3. Обработка результатов:

- по данным эксперимента и параметрам уравнивающего рычага вычислить тормозные моменты, создаваемые тормозами при вращении тормозного шкива в разные стороны;
- по формулам (4.9)-(4.12) вычислить T_T^p ;
- в раздел отчета «выводы» привести оценку величин расхождения тормозных моментов T_T и T_T^p , дать объяснения этих расхождений. По данным эксперимента сделать оценку основных свойств тормозов.

4.4. Вопросы для самопроверки

1. Где и почему устанавливаются тормоза в грузоподъемных механизмах?
2. Какие тормоза являются стопорными, спускными, замкнутыми, разомкнутыми?
3. Достоинства и недостатки ленточных тормозов.
4. Чем можно объяснить, что простой ленточный тормоз является односторонним?
5. В каких механизмах грузоподъемных машин целесообразно использовать простой ленточный тормоз?
6. Какой основной недостаток дифференциального ленточного тормоза, из-за которого он редко используется?
7. В каких механизмах грузоподъемных машин целесообразно использовать суммирующий тормоз?
8. Какие основные недостатки свойственны всем ленточным тормозам?
9. Чем можно объяснить расхождение в величинах тормозных моментов, полученных экспериментально и расчетами по формулам Эйлера?
10. Указать расчетное сечение тормозной ленты, при ее расчете на прочность.



БГАРФ

5. КОЛОДОЧНЫЕ ТОРМОЗА

5.1. Цель работы

Ознакомление с конструкцией и особенностями работы колодочных тормозов.

5.2. Теоретические основы

Наибольшее распространение в подъёмно-транспортных машинах получили колодочные тормоза. В этих тормозах тормозной момент T_T получается за счет сил трения, возникающих между тормозным шкивом и колодками, которые прижимаются к этому шкиву системой рычагов. На рабочих поверхностях колодок закреплены фрикционные накладки из асбестовой ленты или вальцованной асбестовой ленты (феррадо). Используются чугунные колодки без накладок.

Колодочные тормоза просты по конструкции и надежны в эксплуатации, лишены недостатков ленточных тормозов, пригодны для двухстороннего торможения и используются в ПТМ в качестве стопорных нормально замкнутых (закрытых) тормозов.

Все колодочные тормоза, имея одни и те же основные элементы, отличаются большим конструктивным разнообразием. Имеются тормоза с прямыми и криволинейными рычагами, к которым колодки прикреплены неподвижно или шарнирно. Замыкание (прижатие колодок к тормозному шкиву) осуществляется или грузом (см. приложение 5) или пружинами (см. рис. 5.1). Размыкание тормоза осуществляется или электромагнитом (длинноходовым или короткоходовым) или электрогидротолкателем (см. рис. 5.1). Каждая из таких конструкций имеет как достоинства, так и недостатки, которые и определяют область применения соответствующих типов тормозов.

5.2.1. Колодочный тормоз ТКГ-160

Колодочный тормоз ТКГ-160 с электрогидравлическим толкателем приведен на рис. 5.1. Этот тормоз установлен на грузовой лебедке Т-66Д (см. выше лабораторную работу «Унифицированные сборочные единицы грузоподъёмных машин»). Тормоз замыкается пружиной (1), регулировка силы замыкания, приложенной к угловому рычагу (2), осуществляется перемещением гайки (3) по винту (4). Колодки с вальцованной асбестовой лентой 5 на рычагах закреплены шарнирно, чем обеспечивается отсутствие поперечной нагрузки на тормозной вал. Пружина и система рычагов обеспечивает постоянное

прижатие колодок к тормозному шкиву, то есть это тормоз нормально замкнутый.

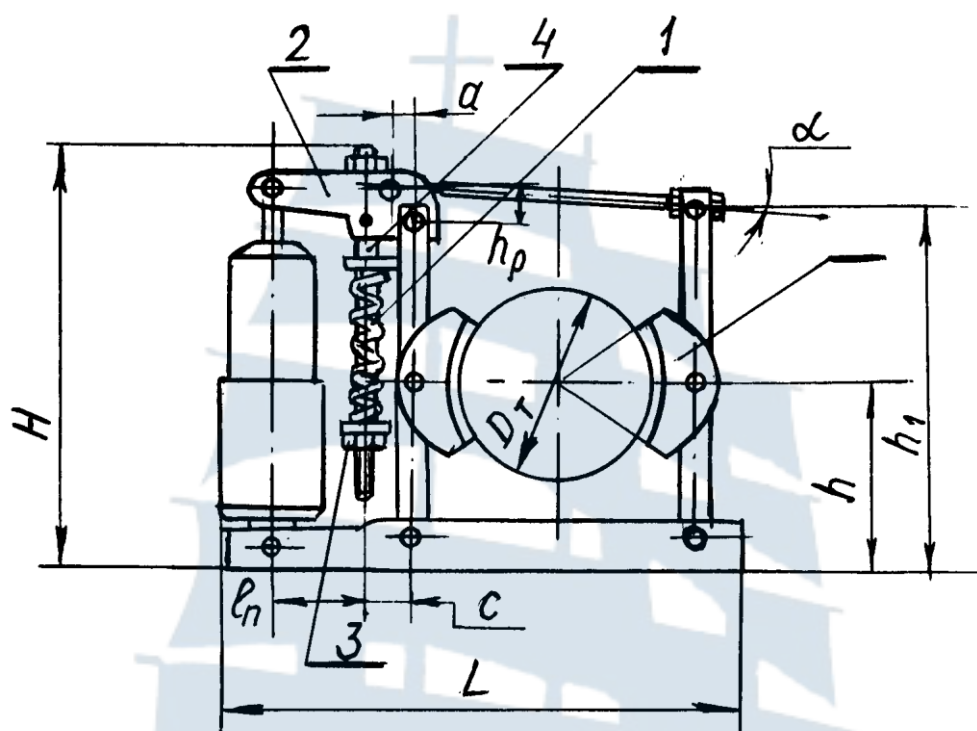


Рис. 5.1

Размыкание тормоза обеспечивается усилием размыкания F_p , приложенным к угловому рычагу (2). Это усилие создает электрогидротолкатель марки ТЭГ-162М. Величина усилия, развиваемого электрогидротолкателем, $F_p = 16$ кгс, ход штока толкателя $h_{шт} = 25$ мм. Время размыкания t_p тормоза составляет 0,2 секунды. Тормозной момент, развиваемый тормозом, $T_T = 100$ Нм. Запас торможения, равный отношению T_T к величине вращающего момента, приложенного к валу, на котором расположен тормоз T_3 , по правилам Госгортехнадзора при среднем режиме (4 группа режима работ по ГОСТ 25835-83) должен быть не менее 1,75. Для лебедки Т-66Д (см. лабораторную работу): $T_T/T_3 = 100/21,2 = 4,70$.

5.2.2. Электрогидротолкатель

Принципиальная схема электрогидравлического толкателя приведена на рис. 5.2. Электродвигатель (1), на валу которого закреплено роторное колесо (2), обеспечивает прокачку рабочей жидкости под поршень со штоком (3). Давление, создаваемое центробежным насосом, перемещает поршень в цилиндре (4). При выключении электро-

двигателя шток опускается, вытесняя рабочую жидкость в полости, расположенные между цилиндром и корпусом. В качестве рабочей жидкости используется масло АМГ-10 или трансформаторное масло. Электрогидравлический толкатель работает с меньшими ускорениями, а значит и динамическими нагрузками, чем электромагнит, и поэтому чаще используется в приводах ПТМ.

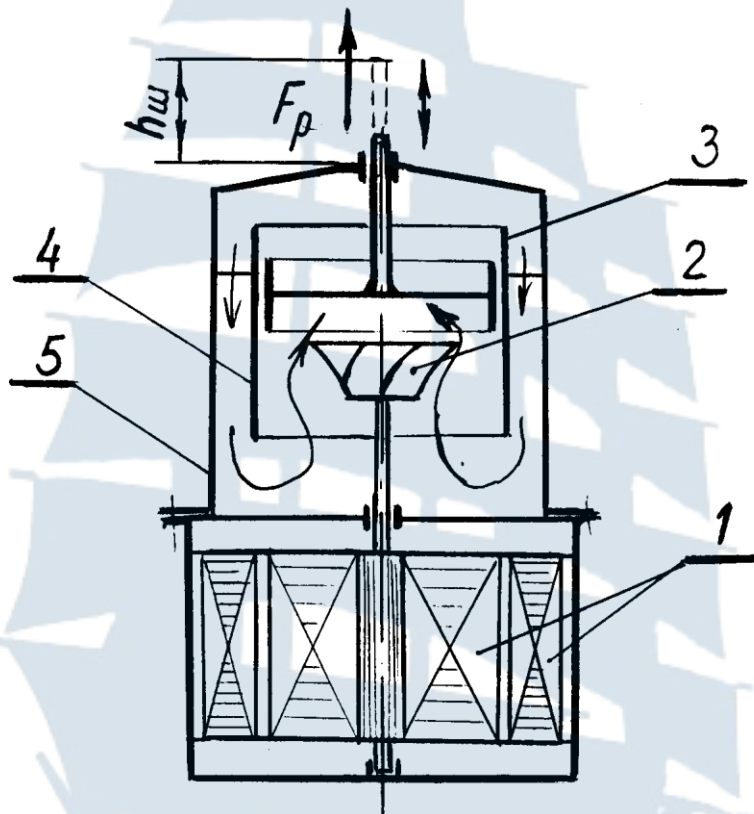


Рис. 5.2

5.2.3. Колодочный тормоз станда

В приложении 5 приведена схема колодочного тормоза, установленного на ведомом валу цепной передачи станда «Цепная передача». Эта упрощенная копия колодочного тормоза с прямыми рычагами, шарнирно закрепленными колодками, замыкаемого весом груза. Размыкание такого тормоза осуществляется длинноходовым электромагнитом.

5.2.4. Расчеты тормозов

Тормозной момент, развиваемый тормозом, определяется величиной сил прижатия колодок к тормозному шкиву F_{Π} и величиной коэффициента трения колодок о шкив f .

Величина $F_{\text{п}}$, одинаковая для каждой из колодок, определяется как системой рычагов, так и усилием замыкания этой системы F_3 . Так для тормоза ТЭГ-162М (рис. 5.1) усилие прижатия колодок

$$F_{\text{п}} = T_{\text{т}} / (fD_{\text{т}}), \quad (5.1)$$

где f – коэффициент трения для вальцованной асбестовой ленты (феррадо) $f = 0,4 \dots 0,45$. Если принять $f = 0,4$, то усилие $F_{\text{п}} = 100 / (0,45 \cdot 0,6) = 1390$ Н. Усилие замыкания тормоза, то есть усилие, развиваемое пружиной,

$$F_3 = [F_{\text{п}} h (h_{\text{р}} + a \operatorname{tg} \alpha) / h_1 - G_{\text{п}} l_n] / l_n \eta, \quad (5.2)$$

где $h_1, h, h_{\text{р}}$ – ординаты шарниров рычагов (см. рис. 5.1);

a, c, l_n – плечи сил $F_3, F_{\text{р}}$;

$G_{\text{п}}$ – сила тяжести элементов толкателя, соединенных с рычажной системой тормоза;

η – КПД рычажной системы.

Усилие размыкания $F_{\text{р}}$ будет в $(l_n + a) / c$ раз меньше F_3 .

Величина тормозного момента $T_{\text{т}}$ для тормоза, установленного на стенде «Цепная передача», определяется аналогично. При выполнении эксперимента нам известна величина груза G , замыкающего тормоз. Величина тормозного момента $T_{\text{т}}$ определяется экспериментально в соответствии со схемой 4.2. приложения 4. Из условия равновесия системы рычагов – углового и рычага E , находится $F_{\text{п}}$, и по формуле (5.1), величина $T_{\text{т}}^{\text{р}}$ (см. приложение 5). Расхождение расчетного значения тормозного момента $T_{\text{т}}^{\text{р}}$ и определенного экспериментально $T_{\text{т}}^{\text{э}}$ связано с неточностью в определении коэффициента трения f , КПД системы и погрешности замеров размеров рычагов.

5.3. Порядок выполнения работы

5.3.1. Подготовка к работе:

- ознакомиться с настоящими методическими указаниями;
- пройти контроль готовности к работе и получить допуск к ее выполнению;
- ознакомиться с деталями колодочного тормоза ТКГ-160 и действующим тормозом, установленным на лебедке Т66-Д;
- ознакомиться с устройством колодочного тормоза, установленного на стенде «Цепная передача» и сопоставить конструкцию с кинематической схемой;

– выполнить замеры геометрических параметров тормоза, рычага для создания уравновешивающего момента T_y и занести эти размеры в протокол работы.

5.3.2. Ход работы:

- подвесить к угловому рычагу тормоза замыкающий груз $G = 2$ кг;
- установить в гнездо уравновешивающий рычаг и, подвешивая к нему уравновешивающий груз G_y , добиться, чтобы этот груз преодолел T_T ;
- занести величину груза G_y в протокол;
- повторить опыт еще два раза, устанавливая колодки и тормозной шкив в разные положения, чтобы получить новые значения G_y ;
- выполнить операции по определению G_y , как это было сделано выше для $G = 4$ и 6 кг;
- данные эксперимента занести в протокол (табл. 6.1).

5.3.3. Обработка результатов эксперимента:

- вычислить величину тормозного элемента по данным эксперимента и занести в табл. 6.1;
- выполнить расчет тормозного момента по формуле, приведенной в приложении 5.

В разделе «Выводы» оценить величину расхождения тормозных моментов $T_T^{\text{э}}$ и $T_T^{\text{р}}$ и объяснить причины расхождения, а также указать, основываясь на данных эксперимента, является ли колодочный тормоз тормозом одностороннего действия.

5.4. Вопросы для самопроверки

1. Почему в колодочных тормозах используется сочетание криволинейных рычагов с неподвижными относительно рычагов колодками или прямых рычагов с колодками, закрепленными на рычагах шарнирно?

2. Зависит ли величина тормозного момента при одном и том же D_T от ширины колодок B_K ?

3. Почему в тормозах используют или чугунные колодки, или колодки с фрикционными накладками?

4. Есть ли преимущества размыкания колодочного тормоза с помощью электрогидротолкателя по сравнению с размыканием электромагнитами?

5. В тормозе ТКГ-160 тормозной момент $T_T = 100$ Нм создается за счет пружины. Как регулируется величина силы затяжки (замыкания) тормоза?

6. В тормозе ТКГ-160 для размыкания тормоза используется электрогидравлический толкатель ТЭГ-162М. Усилие давления штока на угловой рычаг $F_p = 16$ кгс. Это усилие больше или меньше усилия, развиваемого пружиной?

7. Каким образом в лабораторной работе определяется T_T° ?

8. Зависит ли величина тормозного момента T_T° от направления вращения тормозного шкива?

9. Можно ли по данным лабораторной работы найти величину коэффициента трения тормозных накладок?



6. ДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ ПОДЪЁМЕ ГРУЗА

6.1. Цель работы

Изучение динамических явлений, возникающих в канате при подъёме груза.

6.2. Теоретические основы

6.2.1. Коэффициент динамичности

При работе с одним и тем же грузом G усилия в тросе при различных режимах подъема (опускания) груза будут различны. Наиболее неблагоприятны при работе с грузами следующие режимы:

- а) подъём с подхватом,
- б) подъём с веса,
- в) останов груза при его спуске,
- г) останов груза при его подъёме.

Во всех перечисленных случаях к статическим напряжениям от груза добавляются динамические напряжения, вызываемые силами инерции груза и каната. Последними, из-за их малости, можно пренебречь.

В случаях а) и б) динамические напряжения возникают из-за преодоления состояния покоя груза, скорость которого в начальный момент времени $v = 0$, а к концу периода разгона достигает скорости, с которой груз поднимается при установившемся движении v . При торможении груз имеет начальную скорость v и останавливается, то есть его скорость падает до нуля. В этом случае наибольшие усилия в тросе возникают при торможении опускаемого груза, так как силы инерции направлены в ту же сторону, что и силы веса груза. При подъёме груза силы инерции, возникающие при торможении, направлены в противоположную сторону, то есть помогают затормозить груз.

Во всех рассмотренных случаях основные факторы, влияющие на величину сил инерции, кроме скорости перемещения груза – это время торможения и величина тормозного пути. Они зависят от многих причин: тормозного момента, развиваемого тормозом; времени срабатывания тормоза; объема троса, находящегося на барабане; многослойности навивки троса и т. д. Перечисленные факторы трудно учесть. Поэтому, с погрешностью в сторону преувеличения динамических напряжений для всех режимов, теоретическое определение этих напряжений целесообразно проводить в предположении о мгновенной остановке груза.

Рассмотрим два положения груза. Начальное, когда он опускается со скоростью v и длина вытравленного каната l . Конечное – груз остановился, скорость его равна нулю. В начальном положении кинетическая энергия системы $\mathcal{E}_0 = Mv^2/2$, в конечном – $\mathcal{E}_1 = 0$.

При равномерном движении канат растянут грузом на величину $\Delta l_{\text{ст}} = Mg/\lambda$, где λ – податливость каната $\lambda = EA/l$ (A – площадь поперечного сечения каната).

После остановки конца каната у барабана (остановка барабана) груз продолжает двигаться, растягивая канат до величины $\Delta l_{\text{д}}$. Определим работу приложенной к грузу упругой реакции каната:

$$\mathcal{R}_y = -\lambda \int_0^{\Delta l_{\text{д}}} (\Delta l_{\text{ст}} + y) dy = \lambda(\Delta l_{\text{ст}} \cdot \Delta l_{\text{д}} + 1/2 \Delta l_{\text{д}}^2). \quad (6.1)$$

Работа сил тяжести

$$\mathcal{R}_T = G\Delta l_{\text{д}} = Mg\Delta l_{\text{д}} = \lambda\Delta l_{\text{ст}} \cdot \Delta l_{\text{д}}. \quad (6.2)$$

Из теоремы об изменении кинетической энергии

$$\mathcal{E}_0 - \mathcal{E}_1 = \Sigma \mathcal{R};$$

$$-\mathcal{E}_0 = Mg\Delta l_{\text{д}} - \lambda\Delta l_{\text{ст}} - 1/2 \Delta l_{\text{д}}^2 = \lambda\Delta l_{\text{д}}^2;$$

$$\frac{Mv^2}{2} = \frac{\lambda\Delta l_{\text{д}}^2}{2},$$

откуда

$$\Delta l_{\text{д}} = v \sqrt{\frac{\Delta l_{\text{ст}}}{g}}, \quad (6.3)$$

динамические напряжения

$$\sigma_{\text{д}} = \frac{\Delta l_{\text{д}} E}{l} = \frac{Ev \sqrt{\frac{\Delta l_{\text{ст}}}{g}}}{l}. \quad (6.4)$$

Коэффициент динамичности

$$K_{\text{дин}} = \frac{\sigma_{\text{д}}}{\sigma_{\text{ст}}} = \frac{\Delta l_{\text{д}}}{\Delta l_{\text{ст}}} = \frac{v \sqrt{\frac{\Delta l_{\text{ст}}}{g}}}{\Delta l_{\text{ст}}}. \quad (6.5)$$

Величина $\Delta l_{\text{ст}}$ зависит от податливости каната, то есть от механических и геометрических характеристик каната, в частности, от его

длины. Чем меньше длина каната при остановке груза, тем больше динамические напряжения в канате.

Коэффициент динамичности по формуле (6.5) должен вычисляться с учетом того, что канат свит из отдельных проволок и модуль упругости каната E_k не равен модулю упругости стали, из которой изготовлены отдельные проволоки. Кроме того, конец каната не жестко закреплен у места схода с барабана, как это предполагалось при выводе формулы (6.5). Часть каната, навитая на барабан, также участвует в деформации. Все перечисленное выше не позволяет с достаточной степенью точности определять $K_{дин}$ расчетным путем по формуле (6.5). Более надежные результаты дает экспериментальное определение величины коэффициента динамичности.

6.2.2. Замеры динамических усилий

Для экспериментального определения величины коэффициента динамичности необходимо измерить усилие F_d , которое действует в тросе при различных режимах работы. Для фиксации быстропротекающих процессов используются различные осциллографы, фиксирующие величину электрических импульсов. Такие импульсы, пропорциональные величине F_d , возникают в проволочных тензодатчиках, которые наклеиваются на специальную измерительную планку. Последняя размещается между поднимаемым грузом и крюком.

Такая схема замера F_d приведена на рис. 6.1. На этой схеме: груз (1), масса которого известна, поддон (2), измерительная планка (8), на которую наклеены тензодатчики сопротивления (7), подсоединенные через тензометрический усилитель (6) к светолучевому осциллографу. Осциллограф фиксирует изменение напряжения тока, протекающего через тензодатчики.

Менее точно, но с достаточной для практики точностью, можно измерить усилие F_d динамометром, у которого имеются две стрелки, (поз. 4 на рис. 6.1). Одна из стрелок фиксирующая, будучи отклоненной основной стрелкой в момент действия максимальной силы F_{max} , зафиксировывает ее значение. При проведении настоящей работы используется электроталь ТЭ 320 (см. рис. 6.1, поз. 3), расположенная в машинном зале кафедры. Грузоподъемность тали 3,2 т. Таль перемещается по монорельсу (9), который, в свою очередь, перемещается по подкрановым путям (10).

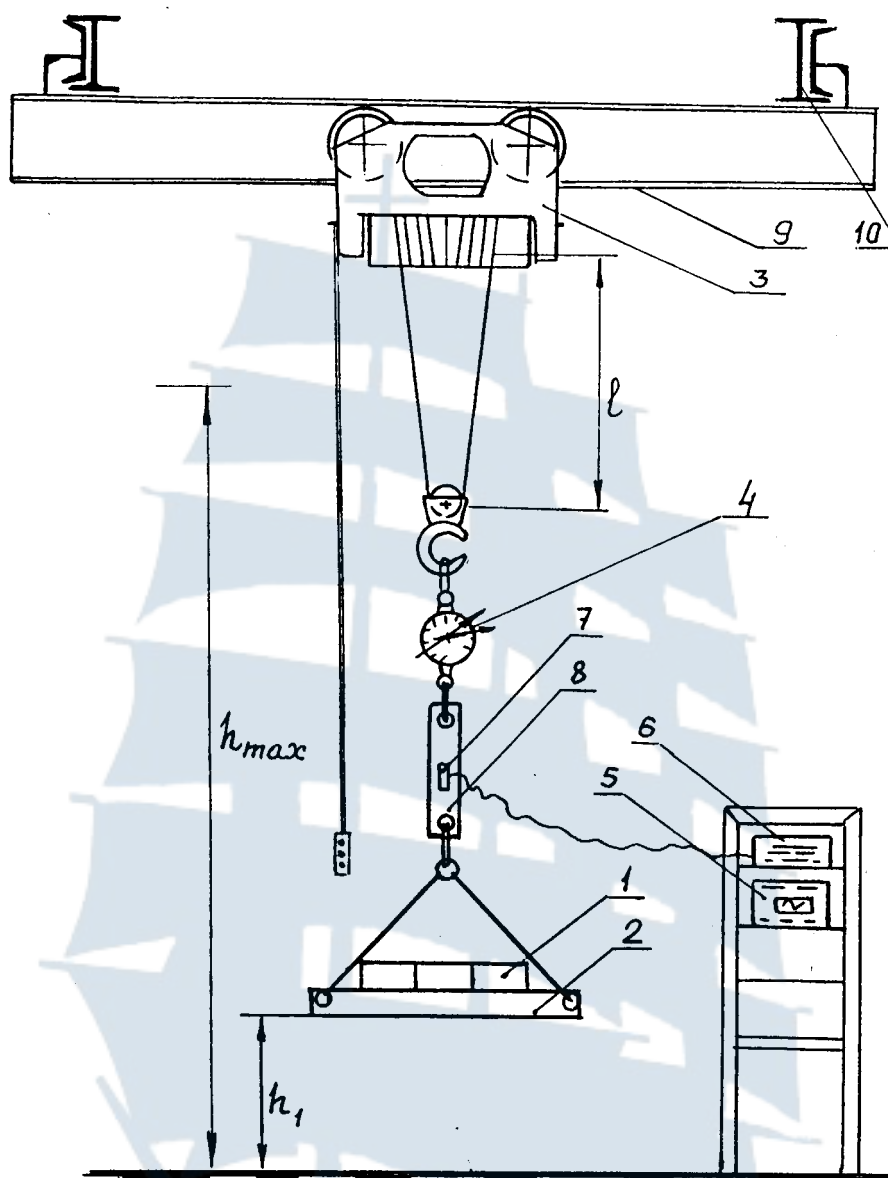


Рис. 6.1

6.3. Порядок выполнения работы

6.3.1. Подготовка к работе:

- ознакомиться с настоящими методическими указаниями;
- пройти контроль готовности к работе и получить допуск к ее выполнению;
- ознакомиться с оборудованием, используемом при выполнении работы, и занести в отчет по работе параметры используемого оборудования;
- выполнить замеры геометрических параметров, определить массу поднимаемого груза, массу поддона. Все данные занести в отчет.

6.3.2. *Ход работы:*

- произвести проверку готовности тали, грузов, динамометра к проведению замеров;
- осуществить пробные подъемы, торможения при подъеме и спуске груза для проверки работоспособности тали и динамометра;
- подъем груза «с подхватом». Груз находится на полу зала. Крюк тали опускается на минимальную высоту. Таль включается на подъем и груз «подхватывается» при номинальной скорости подъема. По динамометру фиксируется величина $F_{д.п.}$. Опыт повторяется 3 раза. Полученные данные заносятся в табл. 6.1;
- подъем груза «с веса». Груз фиксируется на высоте 0,5-1,0 м от пола. Таль включается на подъем. Фиксируется величина $F_{д.в.}$. Опыт повторяется 3 раза. Данные заносятся в отчет, в табл. 6.1;
- торможение спускаемого груза. Груз опускается с высоты 2-3 м и не доходя 1 м до пола останавливается. Фиксируется величина $F_{д.то.}$. Опыт повторяется 3 раза. Полученные данные заносятся в отчет, в табл. 6.1;
- торможение поднимаемого груза. Груз поднимается с постоянной скоростью и на высоте 2 м останавливается. Фиксируется величина $F_{д.тп.}$. Опыт повторяется 3 раза. Результаты заносятся в отчет, в табл. 6.1.

6.3.3. *Обработка результатов эксперимента:*

- вычисляются средние значения усилий в тросе для каждого из режимов;
- вычисляются значения динамических коэффициентов в каждом из режимом как отношение $F_{д.i}/G$, где G сила тяжести груза и поддона;
- выполняется расчет величины коэффициента динамичности по формуле (6.5);
- в разделе «Выводы» оценивается расхождение величин $K_{д}$ и $K_{д}^p$ и объясняется причина расхождений.

6.4. Вопросы для самопроверки

1. Чем можно объяснить разницу в величине усилий в тросе при разных режимах подъема и опускания груза?

2. Будет ли опускание груза электроталью равноускоренным под действием земного притяжения?
3. Для какой цели в электротали ТЭ-320 поставлен грузоупорный тормоз?
4. Чем можно объяснить, что коэффициент динамичности $K_{дин}$ по формуле (6.5) зависит от $\Delta l_{ст}$?
5. Можно ли $\Delta l_{ст}$ для канатов вычислять по формуле Гука, принимая модуль упругости каната $E = 2,1 \cdot 10^5$ МПа?
6. Чем можно объяснить заметное отличие в величинах коэффициентов динамичности, определенных по показаниям динамометра и по расчету?
7. Какую величину коэффициента динамичности следует принимать при расчете прочности троса – по показаниям динамометра или по расчету?
8. Какую величину коэффициента динамичности следует принимать при расчете прочности металлоконструкции (монорельса, подкрановых путей) электротали?
9. Зависит ли коэффициент динамичности от высоты расположения монорельса?
10. Связано ли указание Госгортехнадзора о необходимости иметь на барабане два запасных витка троса с динамическими процессами, протекающими при подъеме и опускании груза?



БГАРФ

Указания по технике безопасности для курсантов и студентов, выполняющих лабораторные работы по ТПО

1. Курсанту (студенту) следует выполнять только ту лабораторную работу, к которой он допущен преподавателем и при условии, что безопасные методы выполнения известны ему.

2. До выполнения лабораторных работ каждый курсант (студент) должен изучить соответствующий раздел курса, ознакомиться с установкой, устройством приборов.

3. Следует быть внимательным во время выполнения работы. Не отвлекаться и не отвлекать других.

4. Перед пуском установки необходимо проверить, что это можно сделать, не подвергая опасности находящихся рядом.

5. Нельзя облакачиваться и опираться на приборы и машины, класть на них конспекты, инструмент, заготовки и другие предметы.

6. Следует прочно и надежно крепить к установкам необходимые приспособления и детали.

7. Без разрешения преподавателя или учебного мастера запрещается включать рубильники, магнитные пускатели и другие электроприборы.

8. Запрещается заходить за ограждения и снимать предохранительные кожухи.

9. При выходе из строя машины или прибора запрещается их ремонтировать, необходимо об этом сообщить преподавателю или учебному мастеру.

10. Курсант (студент), не ознакомившийся с данной инструкцией, не прошедший инструктаж по технике безопасности и не расписавшийся в журнале инструктажа, к выполнению лабораторных работ не допускается.

БГАРФ

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

РУЧНОЙ ПРИВОД ГРУЗОПОДЪЁМНЫХ МАШИН

1. Цель работы: ознакомиться с принципами работы, устройством и использованием грузоподъёмных машин с ручным приводом.

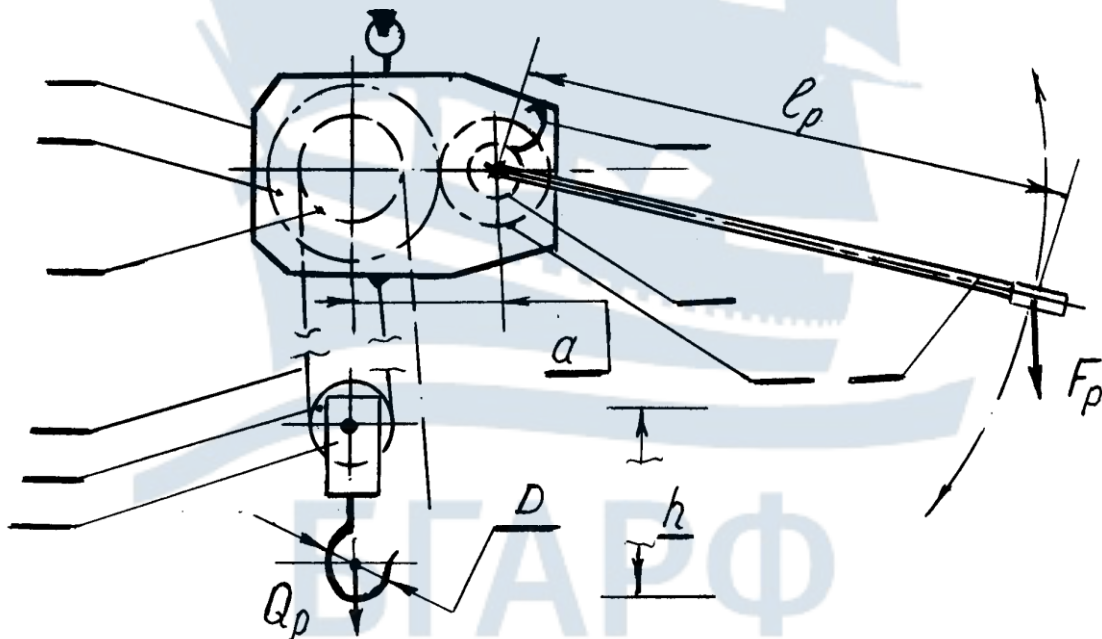
2. Задачи:

- ознакомиться с принципами, заложенными в основу ручных приводов;
- ознакомиться с конструкцией тали РЦТ-1,5 и сопоставить натуру с кинематической схемой;
- выполнить замеры, необходимые для расчета продолжительности цикла перегрузки груза;
- расчетным путем оценить технико-экономические параметры тали РЦТ-1,5.

3. Оборудование и принадлежности:

- рычажно-цепная таль РЦТ-1,5;
- измерительный инструмент;
- секундомер;
- чугунные чушки.

4. Схема тали РЦТ-1,5:



- 1 – корпус тали; 2 – зубчатое колесо; 3 – звездочка; 4 – грузовая цепь;
5 – ролик; 6 – крюковая подвеска; 7 – шестерня; 8 – храповое колесо;
9 – собачка; 10 – рычаг

5. Замеры:

5.1. Параметры тали РЦТ-1,5:

$$l_{10} = \quad \text{мм}, \quad B = \quad \text{мм}, \quad l_p = \quad \text{мм}, \quad a = \quad \text{мм}, \quad z_1 = \quad ,$$

$$z_2 = \quad , \quad z_3 = \quad ,$$

$$D = \quad \text{мм}, \quad d = \quad \text{мм}, \quad h = \quad \text{м}.$$

5.2. Параметры перегрузочного процесса

5.2.1. Масса грузов:

$$m_1 = \quad \text{кг}, \quad m_2 = \quad \text{кг}, \quad m_3 = \quad \text{кг}, \quad m_4 = \quad \text{кг}, \quad m_5 = \quad \text{кг},$$

$$m_k = \quad \text{кг}.$$

5.2.2. Время операций при перегрузке:

Операции	$t_{\text{заг}}$	$t_{\text{застр}}$	$T_{\text{под}}$	$t_{\text{оп}}$	$t_{\text{отстр}}$	$t_{\text{раз}}$	$t_{\text{ц}}$
Время, сек							
Число качаний	—	—			—	—	

6. Технико-экономические характеристики

6.1. Грузовая цепь

$$t = t_{10} / 10 = \quad / 10 = \quad \text{мм}; \quad \text{Цепь ПР} - \quad -$$

ГОСТ 13568-75.

6.2. Звездочка

$$d_3 = t / \sin(180^\circ / z_3) = \quad / (180^\circ / \quad) = \quad \text{мм}.$$

6.3. Передаточное число рычажной системы

$$u_{\text{рыч}} = 2 l_p / d_3 = 2 \quad / \quad = \quad .$$

6.4. Передаточное число зубчатой пары

$$u_3 = z_2 / z_1 = \quad / \quad = \quad .$$

6.5. Общее передаточное число тали

$$u_T = u_{\text{рыч}} u_3 = \quad = \quad .$$

6.6. Коэффициент полезного действия тали

$$\eta_T = \eta_3 \eta_{\text{ц}} \eta_{\text{п}}^2 \eta_{\text{ск}} = \quad = \quad .$$

6.7. Силы веса груза и грузозахватного устройства

$$Q_p = [(m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5) + m_{\text{кор}} + m_{\text{кп}}] * g = [(\quad + \quad + \quad + \quad + \quad + \quad) + \quad + \quad] * \quad = \quad \text{Н}.$$

6.8. Усилие рабочего при подъеме груза

$$F_p = Q_p / (u_T \eta_T m) = \quad / (\quad) = \quad \text{Н}.$$

6.9. Выигрыш в силе

$$i = Q_p / F_p = \quad / \quad = \quad \text{раз}.$$

6.10. Скорость подъема груза

$$v = h / t_{\text{п}} = \quad / \quad = \quad \text{м/с} = \quad \text{м/мин}.$$

6.11. Масса груза, вызывающая разрыв цепи

$$m_{\text{пред}} = Q_{\text{раз}} * m = \quad * \quad = \quad \text{кг}.$$

7. Выводы

ЭЛЕКТРОПРИВОД ПОДЪЁМНО-ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН

1. Цель работы: ознакомиться с составом и конструкцией электроприводов механизмов подъёмно-транспортных машин.

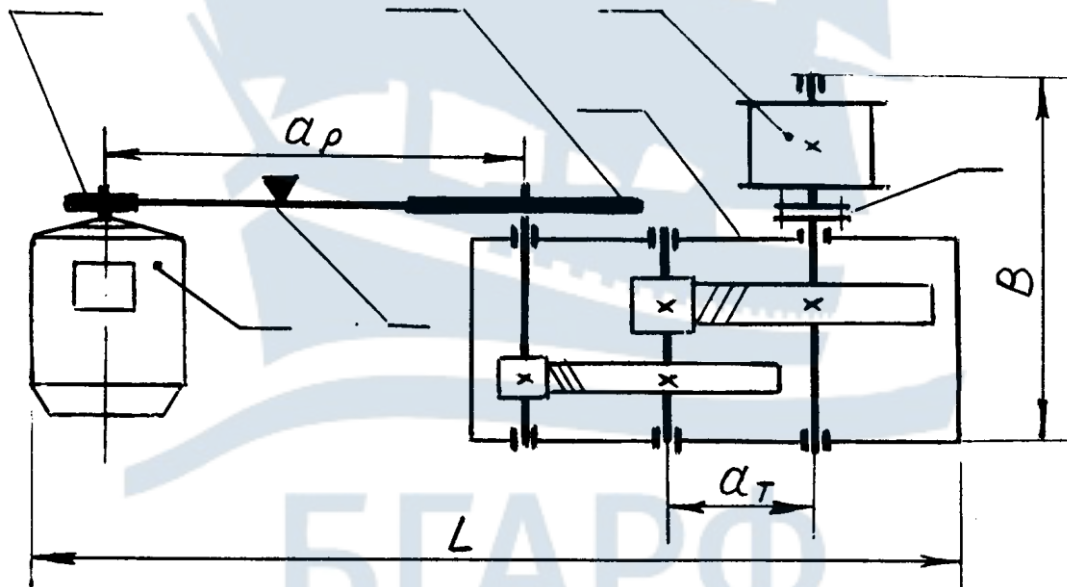
2. Задачи:

- ознакомиться с составом электроприводов и их основными параметрами;
- ознакомиться с лабораторным стендом и сопоставить его с кинематической схемой;
- выполнить необходимые замеры для определения технико-экономических показателей грузовой лебедки;
- выполнить расчеты по определению технико-экономических показателей лебедки.

3. Оборудование и принадлежности:

- стенд «Грузовая лебедка»;
- магнитный ручной тахометр ИО-30;
- измерительный инструмент;
- набор тарированных грузов.

4. Кинематическая схема грузовой лебедки:



- 1 – электродвигатель; 2 – малый шкив ременной передачи; 3 – клиновой ремень;
 4 – большой шкив ременной передачи, цилиндрический двухступенчатый редуктор с косозубыми колесами; 5 – фланцевая муфта;
 6 – грузовой барабан лебедки

5. Замеры:

5.1. Габаритные размеры лебедки

$L =$ мм, $B =$ мм, $H =$ мм.

5.2. Параметры ременной передачи

ШКИВЫ: $D_1 =$ мм, $D_2 =$ мм, межосевое расстояние:

$a =$ мм.

ремень: $b_0 =$ мм, $h =$ мм.

5.3. Размеры барабана

$L_6 =$ мм, $D_6 =$ мм.

6. Паспортные данные:

6.1. Электродвигатель

тип _____, мощность номинальная $N_3 =$ кВт, частота вращения $n_3 =$ об/мин, масса $m_3 =$ кг, ГОСТ 19523–81;

6.2. Редуктор

тип _____, момент крутящий на тихоходном валу $T_T =$ кгс·м, передаточное число номинальное $u_p =$ _____, масса $m_p =$ кг;

6.3. Ремень

тип _____, длина $l_p =$ мм, обозначение:

7. Данные эксперимента:

7.1. Масса поднимаемого груза $m_T =$ кг;

7.2. Число оборотов эл-ля, равное числу оборотов малого шкива

$n_3 = n_1 =$ _____ ;

7.3. Число оборотов большого (ведомого) шкива $n_2 =$ об/мин;

7.4. Время подъема груза на высоту $h_{II} =$ м, $t_{II} =$ сек.

8. Расчет технико-экономических показателей:

8.1. Передаточное число привода

$u_{\text{рем}} \approx D_2/D_1 =$ _____ / _____ = _____, $u_{\text{рем.з}} = n_2/n_1 =$ _____ / _____ = _____,

$u_{\text{рем.р}} = (u_{\text{рем}} + u_{\text{рем.з}}) / 2 = ($ _____ + _____ $) / 2 =$ _____ ;

$u_{3,р} = (z_2/z_1)(z_4/z_3) = ($ _____ / _____ $)($ _____ / _____ $) =$ _____ * _____ = _____ ;

$u_{\text{общ}} = u_{\text{л}} = u_p u_{\text{рем.р}} =$ _____ * _____ = _____ .

8.2. Коэффициент полезного действия привода лебедки

$\eta_{\text{пр}} = \eta_{\text{рем}} \eta_p \eta_M \eta_6 =$ _____ * _____ * _____ * _____ = _____ .

8.3. Скорость подъема груза

$$n_6 = n_3 / u_{л1} = \quad / \quad = \quad \text{об/мин}, \quad v_r = (\pi n_6 / 30)(D_6 / 2) =$$

$$= (\quad * \quad / \quad) (\quad / \quad) = \quad \text{м/с};$$

$$v_{г.з} = h_{п} / t_{п} = \quad / \quad = \quad \text{м/с}.$$

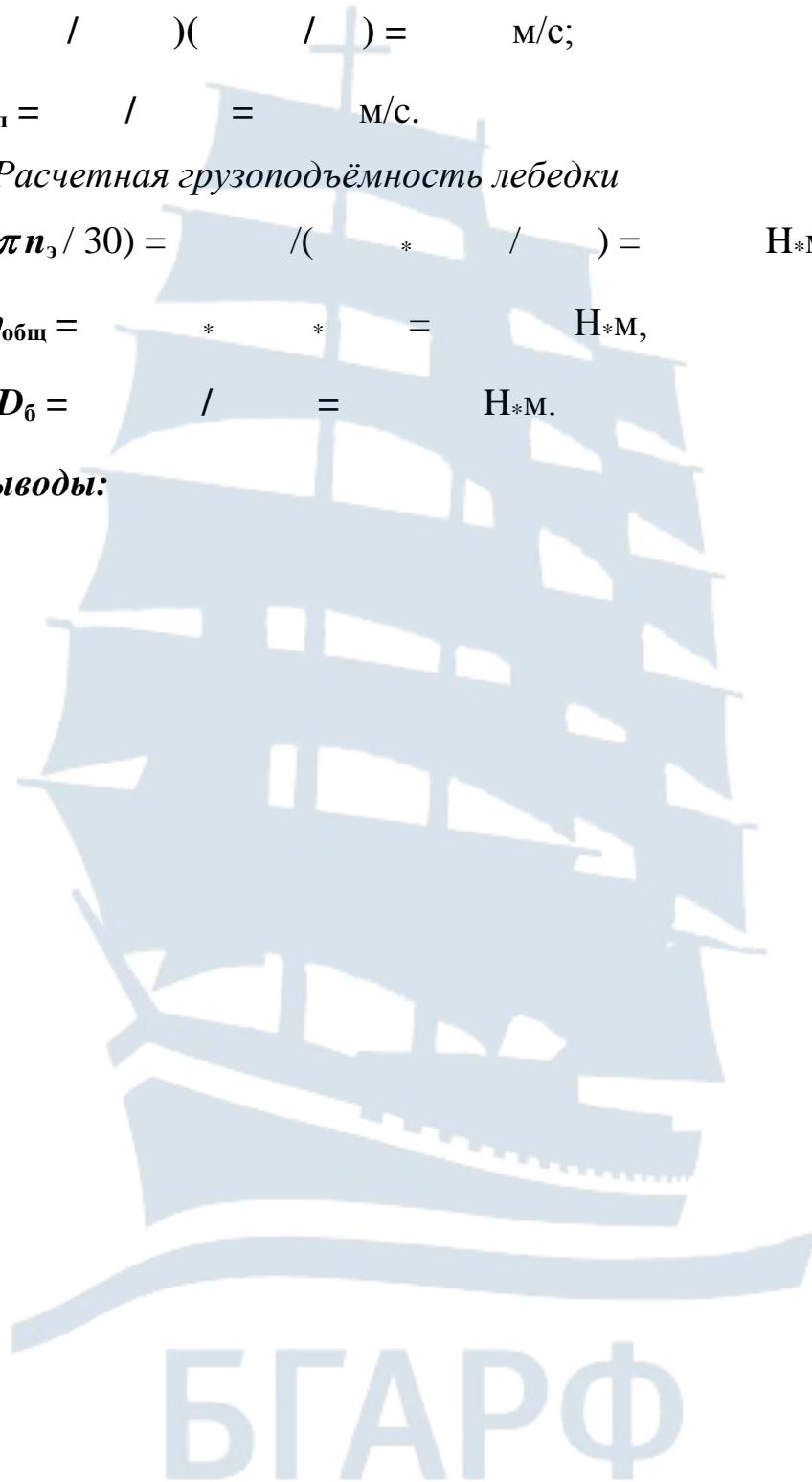
8.4. Расчетная грузоподъемность лебедки

$$T_3 = N_3 / (\pi n_3 / 30) = \quad / (\quad * \quad / \quad) = \quad \text{Н*м},$$

$$T_6 = T_3 u_{л1} \eta_{\text{общ}} = \quad * \quad * \quad = \quad \text{Н*м},$$

$$Q_p = 2T_6 / D_6 = \quad / \quad = \quad \text{Н*м}.$$

9. Выводы:



УНИФИЦИРОВАННЫЕ СБОРОЧНЫЕ ЕДИНИЦЫ ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ МАШИН

1. Цель работы: ознакомиться с назначением, конструкцией и стандартами на основные узлы и сборочные единицы грузоподъемных машин.

2. Задачи:

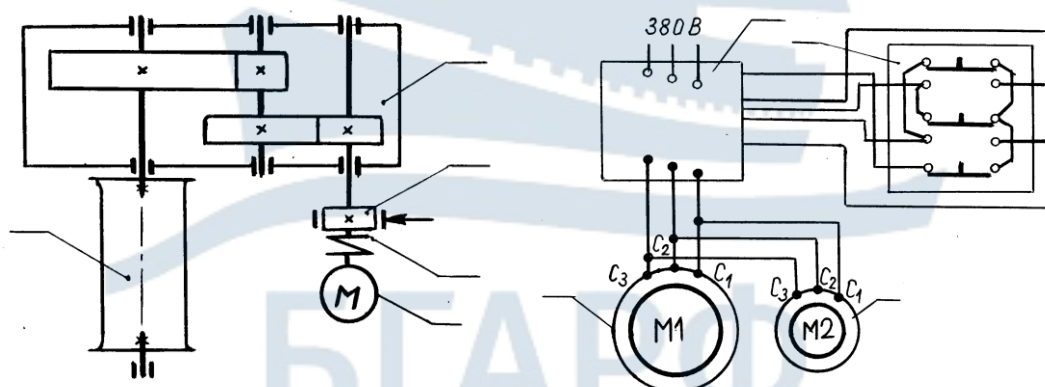
- ознакомиться с конструкцией лебедки Т-66Д и сопоставить натуру с кинематической схемой;
- выполнить необходимые замеры для определения параметров лебедки;
- выполнить подъемы грузов для определения скорости подъема при разной кратности полиспаста;
- выполнить расчеты по определению технико-экономических показателей лебедки Т-66Д.

3. Оборудование и принадлежности:

- грузовая лебедка Т-66Д ГОСТ 2914-67;
- полиспасты разной кратности;
- крюковая подвеска на грузоподъемность 1 тс;
- поддон с набором тарированных грузов;
- секундомер;
- измерительный инструмент;
- ГОСТы и альбомы унифицированных сборочных единиц ПТМ.

4. Схемы:

- кинематическая схема лебедки;
- электрическая схема.



- 1 – электродвигатель; 2 – упругая муфта; 3 – колодочный тормоз;
4 – редуктор; 5 – барабан лебедки; 6 – статор электродвигателя привода лебедки; 7 – статор электродвигателя гидротолкателя;
8 – магнитный пускатель; 9 – кнопочный пост управления

5. Параметры:

5.1. Геометрические, по замерам на натуре:

- лебедка: $L =$ мм, $B =$ мм, $H =$ мм, $L_1 =$ мм,
 $h =$ мм;
- барабан: $L_6 =$ мм, $l_6 =$ мм, $D_6 =$ мм,
 $D_{\text{борт}} =$ мм;
- валы: $d_3 =$ мм, $d_1 =$ мм;
- тормозной шкив: $D_T =$ мм, $b_T =$ мм;
- канат: $d_k =$ мм;
- шаг свивки $p_{\text{св}} =$ мм;
- крюк: $D =$ мм, $S =$ мм, $h =$ мм, $b_1 =$ мм,
 $b_2 =$ мм, $d =$ мм.

5.2. Паспортные:

- электродвигатель: АОС2-31-4, исполнение М 101, $N_3 = 3$ кВт,
 $n_3 = 1350$ об/мин, $m_3 = 36$ кг., ГОСТ 17632-65;
- муфта: упругая с резиновыми штифтами 25-28-1. 30-3. -УЗ
 МН 21-42-44-73;
- тормоз: ТКГ-160-10 ОСТ 24.290.08-82;
- толкатель электрогидравлический ТЭГ-162М ОСТ 24.298.06-83:
 усилие подъема – 16 кгс, ход штока – 25 мм;
- редуктор: РЦД-250, $u_p = 24,60$, $T_T = 88$ кгс*м, $m_p = 82$ кг;
- канат: ЛК-РО-6х19 ГОСТ 3070-66, канат 8,1-Г-1-1-Н-160,
 $d_k = 8,1$ мм, $Q_{kp} = 3\ 600$ кгс;
- крюк: однорогий № 6 ГОСТ 6627-66, грузоподъемность при
 работе в легком режиме $Q = 1,0$ тс;
- крюковая подвеска одноблочная (обоймица) ОСТ 24.191.08-81.

6. Данные эксперимента:

6.1. Высота подъема груза $h_{\text{п}} =$ м, масса поднимаемого груза $m_{\text{г}} =$ кг.

6.2. Время подъема и опускания груза.

Таблица 6.2

Кратность полиспаста	$m = 1$				$m = 2$				$m = 3$			
	1	2	3	средн. знач-е	1	2	3	средн. знач-е	1	2	3	средн. знач-е
Подъем												
Опускание												

7. Технико-экономические характеристики:

7.1. Скорость подъема груза:

7.1.1. По результатам эксперимента:

$$v_{п1} = h_{п1} / t_{п1} = \dots / \dots = \dots \text{ м/с}, \quad v_{п2} = h_{п2} / t_{п2} = \dots / \dots = \dots \text{ м/с}, \\ v_{п3} = h_{п3} / t_{п3} = \dots / \dots = \dots \text{ м/с};$$

7.1.2. Расчетная:

$$n_6 = n_3 / u_p = 1350 / 24,6 = 54,9 \text{ об/мин}, \quad v_n = \pi \cdot n_6 \cdot D_6 / 60 \cdot 1000 = \\ = 3,14 \cdot 54,9 \cdot 150 / 60 \cdot 1000 = 0,431 \text{ м/с} = 25,9 \text{ м / мин};$$

$$v_{п1}^* = v_n / m, \quad v_{п1}^* = 25,9 / 1 = 25,9 \text{ м / мин}, \quad v_{п2}^* = 25,9 / 2 \approx 13,0 \text{ м / мин}; \\ v_{п3}^* = 25,9 / 3 = 8,63 \text{ м / мин};$$

7.2. Канатоемкость барабана лебедки:

$$i = [(D_{нар} - D_6) / 2 - 2 \cdot d_k] / d_k = [(\dots - \dots) / 2 - 2 \cdot \dots] / \dots = \dots;$$

$$D_{ср} = D_6 + i \cdot d_k = \dots + \dots \cdot \dots = \dots \text{ мм};$$

$$z = l_6 / d_k = \dots / \dots = \dots;$$

$$L_k = \pi \cdot D_{ср} \cdot i \cdot z / 1000 = 3,14 \cdot \dots / 1000 = \dots \text{ м}.$$

7.3. Расчетная грузоподъемность лебедки (режим Л):

7.3.1. По условию прочности каната:

$$[Q_k] = Q_{кр} / [n] = \dots / 5 = \dots \text{ кгс}, \quad Q_{л} = m \cdot [Q_k];$$

$$Q_{л1} = 1 \cdot \dots = \dots \text{ кгс (даН)}, \quad Q_{л2} = 2 \cdot \dots = \dots \text{ кгс};$$

$$Q_{л3} = 3 \cdot \dots = \dots \text{ кгс}.$$

7.3.2. По условию использования мощности электродвигателя:

$$T_3 = N_3 / (\pi \cdot n_3 / 30) = 3000 / (3,14 \cdot 1350 / 30) = 21,2 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$\eta_{пр} = \eta_m \cdot \eta_p \cdot \eta_6 = 0,98 \cdot 0,96 \cdot 0,99 = 0,93;$$

$$T_6 = T_3 \cdot u_p \cdot \eta_{пр} = 21,2 \cdot 24,6 \cdot 0,93 = 486 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$F_t = S_{max} = 2000 \cdot T_6 / D_6 = 2000 \cdot 486 / 150 = 6480 \text{ Н} = 660 \text{ кгс};$$

$$Q_{л1}^* = m \cdot S_{max} \cdot \eta_n, \quad Q_{л1}^* = 1 \cdot 660 \cdot 0,96 = 634 \text{ кгс}, \quad Q_{л2}^* = 2 \cdot 660 \cdot 0,94 = \\ = 1240 \text{ кгс};$$

$$Q_{л3}^* = 3 \cdot 660 \cdot 0,92 = 1820 \text{ кгс}.$$

8. Выводы:

ЛЕНТОЧНЫЕ ТОРМОЗА

1. Цель работы: ознакомление с особенностями конструкции и работы ленточных тормозов.

2. Задачи:

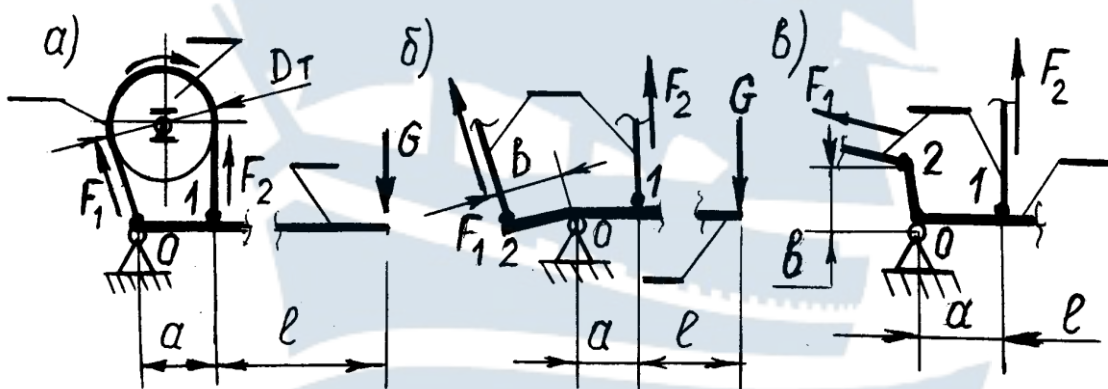
- ознакомиться с конструкцией тормозов, установленных на стенде «Тормоза» и выполнить замеры их геометрических параметров;
- провести замеры величин тормозных моментов, при вращении тормозного шкива в разные стороны;
- расчетным путем оценить величины тормозных моментов.

3. Оборудование и принадлежности:

- лабораторный стенд «Тормоза»;
- набор грузов;
- измерительный инструмент.

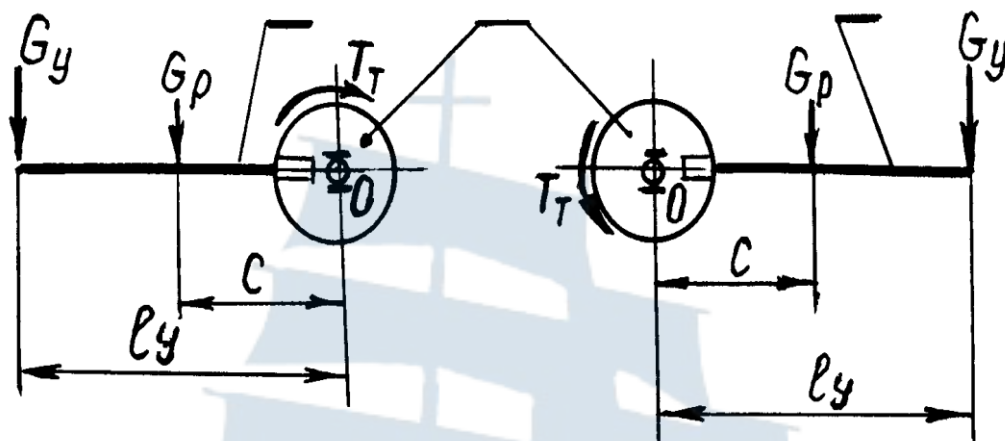
4. Схемы:

- ленточных тормозов разных типов:
 - а) простой ленточный тормоз;
 - б) дифференциальный ленточный тормоз;
 - в) суммирующий ленточный тормоз.



1 – тормозная лента, 2 – тормозной шкив, 3 – замыкающий рычаг тормоза

– замера тормозного момента:



1 – уравновешивающий рычаг; 2 – тормозной шкив

5. Параметры:

5.1. Ленточных тормозов:

- простого: $D_T =$ мм, $B_{л} =$ мм, $\delta_{л} =$ мм, $\delta_{ф} =$ мм,
 $l =$ мм, $a =$ мм, $\alpha =$ град., рад;
- дифференциального: $l =$ мм, $a =$ мм, $b =$ мм,
 $\alpha =$ град., рад;
- суммирующего: $l =$ мм, $a =$ мм, $b =$ мм,
 $\alpha =$ град., рад.

5.2. Уравновешивающего рычага:

- $l_p =$ мм, $c =$ мм, $G_p =$ кг.

6. Данные эксперимента:

Таблица 6.1

Направление вращения	По часовой стрелке			Против часовой стрелки		
	значения			значения		
Типы тормозов	G	G_y	T_T	G	G_y	T_T
	кгс	кгс	кгс*м	кгс	кгс	кгс*м
Простые						
Дифференциальные						
Суммирующие						

– уравновешивающий момент $T_y = T_T$ в кгс*М

$$T_y = G_p * c + G_y * l_p = \quad * \quad + G_y * \quad = \quad + \quad * G_y.$$

7. Расчетные величины тормозных моментов:

7.1. Простой ленточный тормоз:

– вращение по часовой стрелке

$$T_T^P = [(G_p * l_p + G * l)(e^{f\alpha} - 1) * D_T * \eta] / (2 * a) = \quad ;$$

– вращение против часовой стрелки

$$T_T^P = [(G_p * l_p + G * l)(e^{f\alpha} - 1) * D_T * \eta] / (2 * a * e^{f\alpha}) = \quad ;$$

7.2. Дифференциальный ленточный тормоз:

– вращение по часовой стрелке

$$T_T^P = [(e^{f\alpha} - 1)(G_p * l_p + G * l) * D_T * \eta] / [(a - b * e^{f\alpha})] = \quad ;$$

– вращение против часовой стрелки

$$T_T^P = [(e^{f\alpha} - 1)(G_p * l_p + G * l) * D_T * \eta] / [(b - a * e^{f\alpha})] = \quad ;$$

7.3. Суммирующий ленточный тормоз:

– вращение в любую сторону

$$T_T^P = [(G_p * l_p + G * l)(e^{f\alpha} - 1) * D_T * \eta] / [2 * a(e^{f\alpha} + 1)] = \quad .$$

8. Выводы:

КОЛОДОЧНЫЕ ТОРМОЗА

1. Цель работы: ознакомление с особенностями конструкции и работы колодочных тормозов.

2. Задачи:

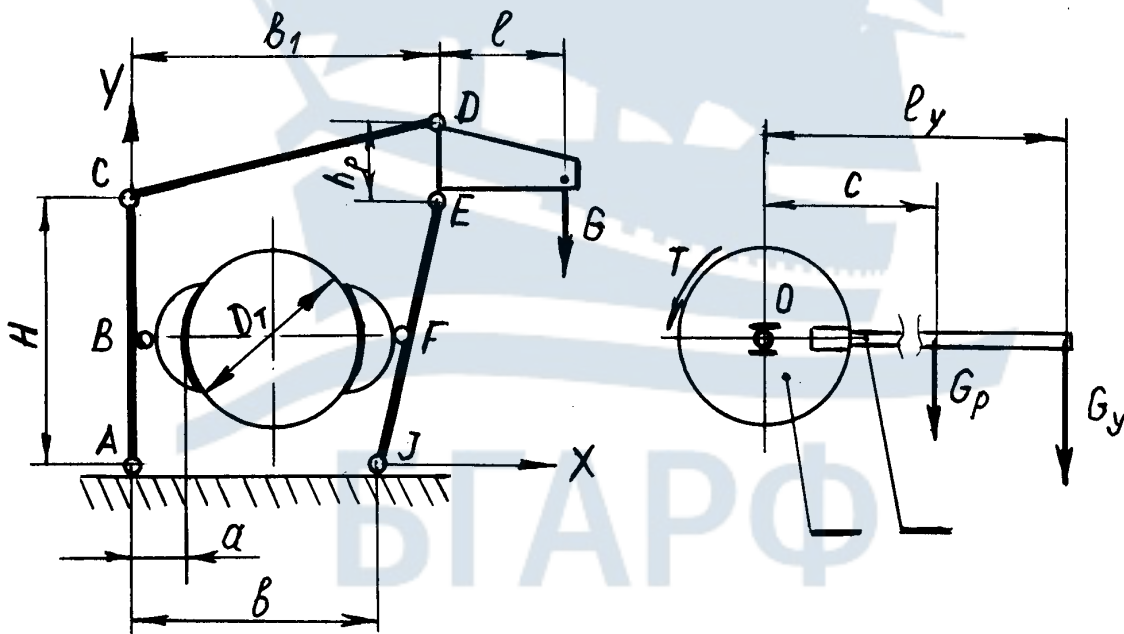
- ознакомиться с особенностями конструкции и процессом работы колодочного тормоза с электрогидротолкателем;
- провести замеры параметров колодочного тормоза, установленного на стенде «Цепная передача»;
- получить экспериментальные данные по величине тормозного момента для колодочного тормоза с замыканием грузом;
- расчетным путем оценить величину тормозного момента.

3. Оборудование и принадлежности:

- грузовая лебедка Т-66Д;
- стенд «Цепная передача»;
- набор грузов;
- измерительный инструмент.

4. Схемы:

- колодочный тормоз;
- схема замера тормозного момента.



5. Замеры:

– геометрические параметры тормоза:

$$D_T = \quad \text{мм}, B_k = \quad \text{мм}, a = \quad \text{мм}, b = \quad \text{мм}, b_1 = \quad \text{мм}, l = \quad \text{мм};$$

$$l_p = \quad \text{мм}, H = \quad \text{мм}, Y_b = \quad \text{мм}, Y_d = \quad \text{мм}, Y_e = \quad \text{мм}, Y_f = \quad ;$$

– параметры уравновешивающего рычага:

$$l_y = \quad \text{мм}, c = \quad \text{мм}, G_y = \quad \text{кг}.$$

6. Данные эксперимента:

Таблица 6.1

Грузы	вращение по часовой стрелке				
	G_{y1} кг	G_{y2} кг	G_{y3} кг	$G_{y \text{ сред}}$ кг	T_T кгс*м
2,0					
4,0					
6,0					
	вращение против часовой стрелки				
	G_{y1} кг	G_{y2} кг	G_{y3} кг	$G_{y \text{ сред}}$ кг	T_T кгс*м
2,0					
4,0					
6,0					

– уравновешивающий момент $T_y = T_T$ в кгс*м

$$T_y = G_{y \text{ сред}} * l_y + G_p * c = \quad * \quad + \quad * \quad = \quad \text{кгс*м};$$

– расчетный тормозной момент

$$T_T^p = D_T * f * G * l * [H / Y_b + (Y_f + h_p) / Y_f] / (2 * h_p) = \quad \text{кгс*м}.$$

7. Выводы:

ДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ ПОДЪЁМЕ ГРУЗА

1. Цель работы: изучение динамических процессов, происходящих при подъёме и опускании груза.

2. Задачи:

– ознакомиться с конструкцией и техническими характеристиками передвижной электрической тали ТЭ 320–511 и устройством подкрановых путей;

– получить экспериментальные величины усилий в тросе при подъеме груза на разных режимах;

– расчетным путем оценить величину коэффициента динамичности.

3. Оборудование и принадлежности:

– электрическая таль ТЭ 320–511, № 51120;

– поддон с тарированными грузами;

– динамометр на усилие 20 кН с фиксирующей стрелкой;

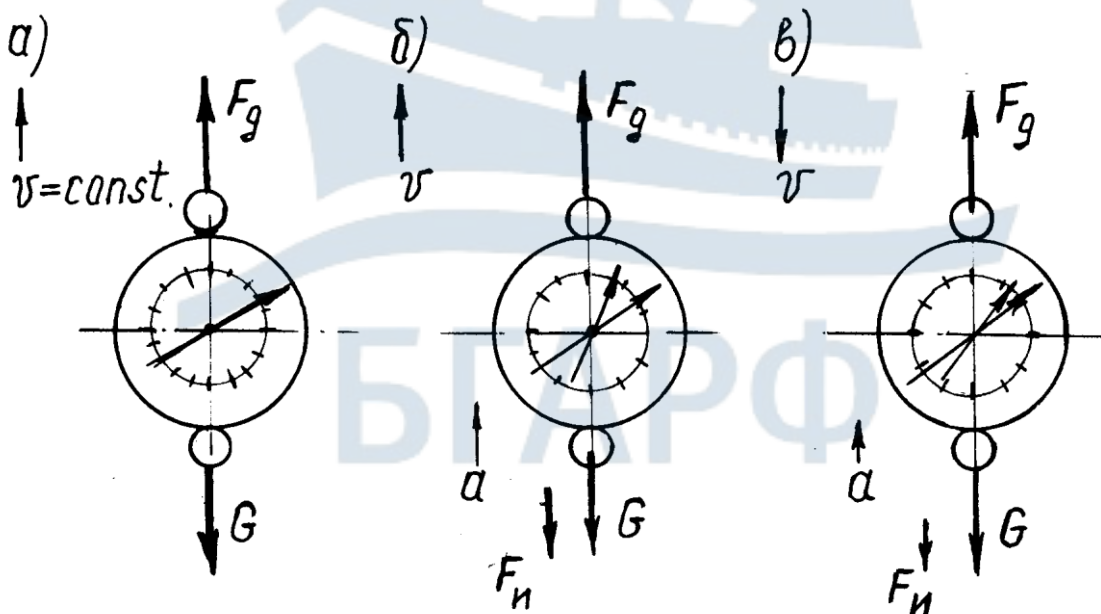
– измерительный инструмент.

4. Схема кинематических и силовых факторов при подъеме и торможении груза:

а) подъём груза при установившемся движении;

б) подъём груза с «подхватом»;

в) останов груза при спуске.



5. Параметры:

5.1. Электрическая таль ТЭ 320–511:

– грузоподъемность $Q = 3,2 \text{ тс} = 32 \text{ кН}$, скорость подъема груза $v = 8 \text{ м/мин}$;

– время торможения $t_T = 0,2 \text{ с}$.

5.2. Канат:

– тип ЛК-Р 6x19 ГОСТ 2688–80, диаметр каната $d_k = 13,5 \text{ мм}$;

– площадь поперечного сечения каната $A_k = 70,6 \text{ мм}^2$;

– модуль упругости каната $E_k = 1,65 \cdot 10^5 \text{ Н/мм}^2$, масса 1 000 м каната 596 кг.

5.3. Металлоконструкция:

– монорельс – двутавр № 30 ГОСТ 8239-72 / Ст 3 ГОСТ 535-79;

– подкрановая балка – двутавр № 36 ГОСТ 8239-72 / Ст 3 ГОСТ 535-79.

5.4. Груз:

– масса груза и поддона $G =$ кг.

6. Данные эксперимента:

Таблица 6.1

Режим работы	Замеры усилий в канате				
	$F_{д1}$, кН	$F_{д2}$, кН	$F_{д3}$, кН	$F_{д\text{ сред}}$	k_d
Подъем с «подхватом»					
Подъем с «веса»					
Торможение опускаемого груза					
Торможение поднимаемого груза					

7. Коэффициент динамичности:

– по данным эксперимента:

$$k_d = F_{д\text{ сред}} / (G * g) = F_{д\text{ сред}} / (\quad * 9,81) = F_{д\text{ сред}} / \quad ;$$

– расчетное значение коэффициента динамичности:

$$A = (v / 60) / t_T = (8,0 / 60) / 0,2 = 0,667 \text{ м / с}^2.$$

8. Выводы:

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Степанов А.Л. Перегрузочное оборудование портов и транспортных терминалов. – СПб.: Политехника, 2013.

2. Хальфин М.Н. Грузоподъемные машины для монтажных и погрузочно-разгрузочных работ. – Ростов: Феникс, 2006.



978980002151

**Андрей Анатольевич Осняч
Евгений Константинович Трунов**

ПОДЪЁМНО-ТРАНСПОРТНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

для курсантов и студентов всех специальностей
всех форм обучения

*Ведущий редактор О.В. Напалкова
Младший редактор Г.В. Деркач*

Лицензия № 021350 от 28.06.99.

*Компьютерное редактирование
И.В. Леонова*

Печать офсетная.

*Подписано в печать 24.05.2019 г.
Усл. печ. л. 3,6. Уч.-изд. л. 4,0.*

Заказ № 1465. Тираж 40 экз.

Доступ к архиву публикации и условия доступа к нему:
<http://bgarf.ru/academy/biblioteka/elektronnyj-katalog/>

БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»

*Издательство БГАРФ,
член Издательско-полиграфической ассоциации высших учебных заведений
236029, Калининград, ул. Молодежная, 6.*