

29/5/10

Одобрено кафедрой
«Железнодорожный путь,
машины и оборудование»

ГРУЗОПОДЪЕМНЫЕ МАШИНЫ НЕПРЕРЫВНОГО ТРАНСПОРТА

Руководство к выполнению лабораторных работ
для студентов IV и V курсов

специальности

170900 ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫЕ, СТРОИТЕЛЬНЫЕ,
ДОРОЖНЫЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ



Москва – 2003

Составитель — канд. техн. наук, доц. А.Н. ЧЕРКАСОВ

Рецензент — канд. техн. наук, доц. Е.П. ЩЕБЛЫКИН

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

Лабораторные работы, являясь составной и неотъемлемой частью учебного процесса, помогают лучше усвоить обширный теоретический материал, получить ясное представление о конструктивных особенностях машины в целом и ее отдельных механизмов, научиться проводить измерения величин, необходимых для кинематических, энергетических и прочностных расчетов.

Работа в лаборатории заставляет студента вникнуть в физическую сущность основных понятий, учит его применять теоретические положения к решению практических задач, развивает навыки постановки и проведения эксперимента.

Приступая к выполнению лабораторных работ, необходимо ознакомиться с методическими указаниями и помнить, что при эксплуатации подъемно-транспортных установок и действующих моделей необходимо соблюдать правила техники безопасности.

Все опыты на лабораторных занятиях студенты проводят самостоятельно и после надлежащего оформления отчетов сдают преподавателю зачет, в ходе которого нужно правильно ответить на вопросы преподавателя по выполненным лабораторным работам.

Лабораторная работа № 1

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛИСПАСТОВ

Полиспасты широко применяют в грузоподъемных кранах, при этом они бывают одинарными или сдвоенными с кратностью от 2 до 12. Возможно также их использование в натяжных устройствах ленточных конвейеров.

Задание

1. Собрать на лабораторном стенде сдвоенный полиспаст с кратностью $a = 3$, изучить его работу, поднимая и опуская испытательный груз.
2. Составить схему этого полиспаста, указать составные части и объяснить почему и в каких видах грузоподъемных кранов применяют сдвоенные полиспасты.
3. Ответить на следующие вопросы:
 - какое назначение имеет полиспаст;
 - почему диаметр уравнительного блока может быть значительно меньше диаметра остальных блоков;
 - на что расходуется энергия в работающем полиспасте;
 - какие значения имеют коэффициенты полезного действия канатных блоков и полиспаста в целом.
4. Рассчитать массу поднимаемого с помощью этого полиспаста груза Q при условии, что усилие в навиваемом на грузовой барабан канате составляет $S_6 = 20$ кН.
5. Собрать на лабораторном стенде одинарный полиспаст с кратностью $a = 6$, установив в закрепленной ветви пружинный динамометр.
6. Опробовать механизм в работе с испытательным грузом и изучить распределение усилий в ветвях полиспаста при подъеме и опускании груза.
7. Определить опытным путем значение КПД полиспаста. Для этого провести серию опытов по подъему и опусканию грузов различной массы. В каждом опыте измерить значения минимального S_{\min} и максимального S_{\max} усилий в грузовом канате. Составить таблицу результатов измерений и рассчитать для каждого опыта вели-

чину КПД полиспаста. Коэффициент полезного действия полиспаста рассчитывают в данном случае по формуле

$$\eta_n = \frac{S_{\min}}{S_{\max}}.$$

8. Построить график зависимости η_n от массы поднимаемого груза и сделать выводы по выполненной лабораторной работе.

Лабораторная работа № 2

ПРОВОЛОЧНЫЕ КАНАТЫ

Стальные проволочные канаты находят широкое применение в грузоподъемных машинах и в машинах непрерывного транспорта. Они отличаются большим разнообразием конструкций. Это канаты с органическим или стальным сердечником, канаты с одинарной или двойной свивкой, с односторонней или крестовой свивкой, с правой или левой свивкой, с точечным, линейным или объемным касанием проволок, открытого или закрытого исполнения.

Задание

1. Выбрать из предложенных образцов три типа канатов, изучить их конструкцию, измерить диаметр, посчитать число прядей и проволок в прядях, написать стандартное обозначение по типу ТК6 × 19(1 + 6 + 6/6) + 1о.с., ЛК6 × 36(1 + 7 + 14/14) + 1о.с. и т.п. Изобразить в увеличенном масштабе сечение каждого каната. Классифицировать конструкцию канатов по приведенным выше признакам.
2. Ответить на следующие вопросы:
 - при подъеме груза канат огибает блоки полиспаста и навивается на грузовой барабан. В каком случае и почему канат быстрее изнашивается;
 - какими способами на стадии проектирования или в эксплуатации уменьшают износ канатов, увеличивая тем самым срок их службы;
 - как правильно выбраковывать канат на находящейся в эксплуатации подъемно-транспортной машине.

Лабораторная работа № 3 ГРУЗОВОЙ БАРАБАН

Задание

1. Познакомиться с конструкцией предложенного для изучения образца грузового барабана, начертить схему и указать детали барабана.

2. Измерить:

— длину барабана L_6 ;

— диаметр барабана D_6 ;

— глубину нарезной канавки h ;

— толщину стенки обечайки барабана b ;

— диаметр вала под ступицей $d_в$;

— расстояние от центра ступицы до центра опорного подшипника l .

Кроме указанных измерений следует подсчитать число рабочих витков Z_p , исключив из общего числа 3 витка на крепление каната и 1,5 витка, которые не при каких условиях не должны сматываться с барабана.

3. Выполнить расчеты диаметра грузового каната $d_к$, канатоемкости барабана V и возможной высоты подъема груза H при работе механизма с полиспастом кратностью $a = 2$. Для этого используют следующие формулы:

$$d_к = \frac{h}{0,3} \text{ (мм)},$$

$$V = Z_p \times \pi D_6 \text{ (м)},$$

$$H = \frac{V}{a} \text{ (м)}.$$

4. Определить соотношения $\frac{D_6}{d_к}$, $\frac{L_6}{D_6}$ и оценить насколько размеры барабана соответствуют правилам конструирования и тре-

бованиям Госгортехнадзора при условии, что механизм работает в режиме 4М.

5. Проверить равнопрочность двух основных деталей барабана: обечайки и вала. Прочность обечайки будет обеспечена, если усилие в навиваемом на барабан канате не превысит величину

$$S_6 = [\sigma] \delta t, \text{ Н},$$

где $[\sigma]$ — допускаемое напряжение от сжатия, равное для чугуна марки СЧ15, из которого изготовлена обечайка, 90 мПа (9000 н/см²);

t — шаг навивки каната, равный $t = 1,1 d_к$, см.

Предельно допустимое усилие S_6 по условиям прочности вала составит

$$S_6 = \frac{2[\sigma] \cdot W}{l}, \text{ Н},$$

где $[\sigma] = 80$ мПа (8000 Н/см²) — допускаемое напряжение для стали марки Ст40 при изгибе;

W — момент сопротивления сечения вала, равный $W = 0,1 d_в^3$, см.

6. Исследовать нагрузки, действующие на узел крепления каната к барабану, и обосновать требование Госгортехнадзора о так называемых полутора «неприкосновенных» витках. Этот раздел лабораторной работы студенты выполняют в виртуальном варианте перед экраном компьютера, но результаты исследований оформляют, как и прежде, в отчете.

Завершая лабораторную работу следует сделать заключение о применимости этого грузового барабана, указать грузоподъемность установки, высоту подъема груза, тип применяемого полиспаста.

Лабораторная работа № 4
ТОРМОЗА ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ МАШИН

Задание

1. Изучить конструкцию колодочных электромагнитных тормозов с электрогидротолкателем и короткоходовым электромагнитом. Составить принципиальную схему каждого тормоза и указать составные части тормозных механизмов.

2. Ответить на следующие вопросы:

— какие регулировочные устройства предусмотрены в конструкции тормозов и каким образом осуществляется регулирование величины тормозного момента;

— какие преимущества имеет тормоз с электрогидротолкателем перед тормозом с электромагнитным толкателем;

— какие механизмы вызывают прижатие колодок к тормозному шкиву (затормаживание) и отводят колодки от шкива;

— на каком валу грузоподъемного механизма (быстроходном, тихоходном, промежуточном) устанавливаются обычно тормоз и почему.

Лабораторная работа № 5
СОЕДИНИТЕЛЬНЫЕ МУФТЫ

Задание

1. Изучить на моделях конструкцию трех видов соединительных муфт: упругой втулочно-пальцевой, упругой торовой и зубчатой.

2. Записать в табличной форме значения основных параметров муфт, включая величину передаваемого крутящего момента, допускаемые угловое, осевое и радиальные смещения.

3. Сравнить технические показатели муфт и сделать выводы на каких валах целесообразно их применение.

Лабораторная работа № 6
ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМА ПЕРЕДВИЖЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ТАЛИ

Для проведения исследований студентам предоставляется ходовая тележка электрической тали с необходимыми для обзора и измерений разрезами корпуса.

Задание

1. Изучить устройство механизма передвижения тали, составить кинематическую схему и указать составные части механизма.

2. Измерить диаметр приводного колеса тележки D_k и диаметры всех зубчатых колес цилиндрического редуктора.

3. Рассчитать скорость передвижения электрической тали по монорельсу. Для этой цели следует:

3.1. Определить по соотношению диаметров зубчатых колес передаточные числа всех трех ступеней редуктора, а затем общее передаточное отношение редуктора:

$$i_p = i_1 \times i_2 \times i_3.$$

3.2. Установить частоту вращения приводных колес электротали

$$n_k = \frac{n_d}{i_p} \text{ (об/мин),}$$

где $n_d = 1500$ об/мин — частота вращения электродвигателя.

3.3. Определить скорость движения электрической тали

$$V = \frac{\pi D_k n_k}{60} \text{ (м/с),}$$

где D_k — диаметр приводного колеса, м.

Лабораторная работа № 7

РЕГУЛИРОВКА ТОРМОЗНОГО МОМЕНТА КОЛОДОЧНОГО ТОРМОЗА

Работу выполняют на лабораторном стенде (рис. 1), в состав которого входят станина 1, тормозной шкив 2 на опорах 6, колодочный тормоз 3, рычаг 4 нагрузочного устройства и перемещающийся вдоль рычага груз 5.

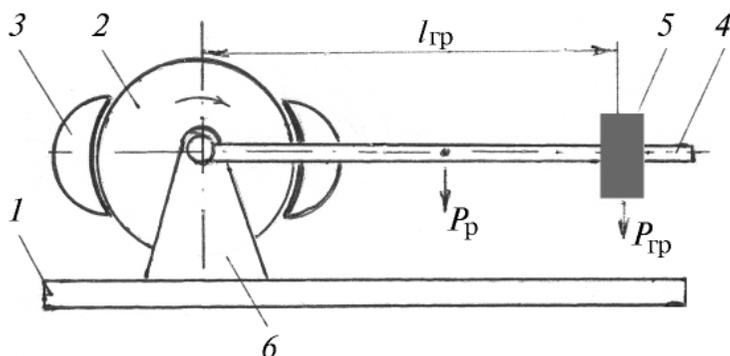


Рис. 1. Схема лабораторного стенда

Момент от нагрузочного устройства M_n заставляет шкив вращаться по часовой стрелке, а тормозной момент M_t , развиваемый колодочным тормозом, удерживает его от проворачивания. Таким образом основным условием эксперимента является равенство моментов M_n и M_t .

$$M_n = M_p + M_{гр},$$

где M_p — момент от силы тяжести рычага P_p относительно оси вращения шкива;

$M_{гр}$ — аналогичный момент от силы тяжести груза $P_{гр}$.

Величину M_n регулируют перемещением груза вдоль рычага, а M_t — вращением гайки, которая сжимает или ослабляет рабочую пружину.

Задание

Отрегулировать тормоз на величину тормозного момента M_t , указанную преподавателем.

Порядок выполнения

1. Снять с рычага груз.
2. Выключить тормоз.
3. Поднять опустившийся рычаг за его конец через динамометр и зарегистрировать необходимое для этого усилие P .

4. Измерить длину рычага l_p и рассчитать момент M_p

$$M_p = P l_p, \text{ Нм.}$$

5. Определить расчетом величину $M_{гр}$ как разницу

$$M_{гр} = M_t - M_p, \text{ Нм.}$$

6. Установить на рычаг груз, сила тяжести $P_{гр}$ которого известна и, рассчитав величину плеча $l_{гр}$ по формуле

$$l_{гр} = \frac{M_{гр}}{P_{гр}}, \text{ м,}$$

переместить груз в нужное положение на рычаге.

7. Включить тормоз и, удерживая рычаг с грузом в горизонтальном положении, вращать регулировочную гайку тормоза до тех пор, пока рычаг не перестанет опускаться. Это означает, что $M_t = M_n$, т.е. тормоз отрегулирован на заданную величину тормозного момента.

Лабораторная работа № 8

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЖИМА РАБОТЫ ГРУЗОПОДЪЕМНОГО МЕХАНИЗМА

Задание

Определить группу режима работы грузоподъемного механизма козлового крана, если за 8-часовую смену им перегружены 64 трехтонных и 36 пятитонных контейнеров.

Грузоподъемность козлового крана 6,3 т, работает он 260 дней в году в одну смену. При этом среднее время включения грузоподъемного механизма в одном рабочем цикле крана составляет 75 с.

Необходимо рассчитать значения коэффициентов $K_{гр}$, K_r , K_c , ПВ и назвать группу режимов работы этого механизма.

Лабораторная работа № 9

ГРУЗОВАЯ И СОБСТВЕННАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ СТРЕЛОВЫХ КРАНОВ

Работу выполняют на лабораторном стенде, состоящем из опорной площадки и модели башенного крана. Опорная площадка имеет механизм поворота, которым она вместе с моделью крана наклоняется к горизонту на угол до 15° ($0,26$ рад). Стенд, кроме того, оборудован нагрузочным устройством, способным имитировать вертикальную силу тяжести поднимаемого груза и сосредоточенную в центре парусности крана горизонтальную силу ветрового давления. Величины указанных сил измеряют пружинным динамометром.

Задание

1. Определить какой максимальный груз может быть поднят краном при условии сохранения его грузовой устойчивости.
2. Построить грузовую характеристику башенного крана.
3. Определить наибольшее допустимое значение силы ветрового давления, при котором обеспечивается собственная устойчивость крана. Грузовую устойчивость крана оценивают величиной коэффициента грузовой устойчивости

$$K_{гр} = \frac{M_{уд}}{M_{опр}},$$

где $M_{уд}$ — момент сил, удерживающих кран от опрокидывания в сторону поднимаемого груза;

$M_{опр}$ — опрокидывающий момент, создаваемый весом поднимаемого груза. Оба момента рассчитывают относительно ребра опрокидывания крана (точка A на рис. 2).

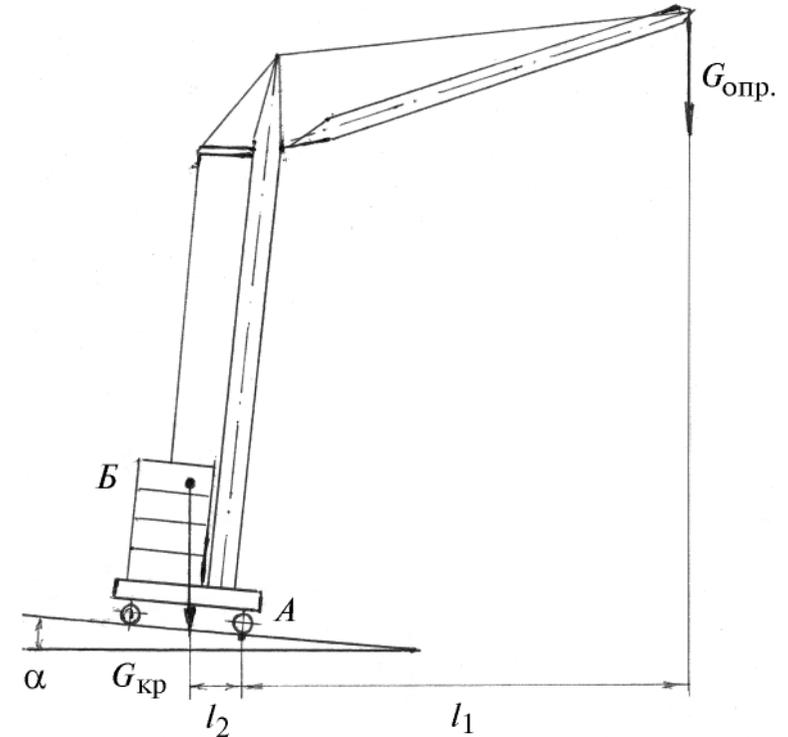


Рис. 2. Расчетная схема крана:

$G_{кр}$ — сила тяжести крана; l_2 — плечо относительно A ; A — ребро опрокидывания; α — угол наклона крана; B — центр массы крана

По правилам Госгортехнадзора коэффициент запаса грузовой устойчивости должен удовлетворять требованию

$$K_{гр} \geq 1,15.$$

Порядок выполнения

1. Наклонить опорную площадку крана на угол $\alpha = 1,5^\circ$ ($0,026$ рад), что соответствует предельно допускаемому уклону по нормам эксплуатации башенных кранов. Стрелу крана специальным механизмом перевести в положение, при котором вылет грузозахватно-

го устройства равен $R = 1,2$ м. Нагрузить кран и, плавно увеличивая нагрузку, зарегистрировать значение $G_{\text{опр}}$ силы тяжести груза, соответствующей началу опрокидывания крана. Началом опрокидывания считают отрыв колес задней оси ходовой тележки от подкрановых рельсов. Измерить плечо l_1 силы $G_{\text{опр}}$ относительно ребра опрокидывания. Начиная опрокидываться, кран находится в состоянии неустойчивого равновесия, когда удерживающий момент практически равен опрокидывающему

$$M_{\text{опр}} = M_{\text{уд}} = G_{\text{опр}} l_1, \text{ Нм.}$$

Однако, чтобы обеспечить запас грузовой устойчивости удерживающий момент должен, по Правилам, не менее, чем на 15% превышать опрокидывающий момент. Поэтому вес максимального груза, который по условиям устойчивости может быть поднят краном, составит

$$G_{\text{max}} = \frac{M_{\text{опр}}}{1,15 l_1}, \text{ Н.}$$

2. Грузовой характеристикой стрелового, в том числе, и башенного крана называют зависимость массы поднимаемого груза Q от вылета R . Чем больше вылет, тем меньше масса поднимаемого груза.

Для построения грузовой характеристики необходимо:

- установить опорную площадку в горизонтальное положение;
- уменьшить вылет стрелы до значения $R = 0,8$ м;
- измерить опрокидывающую силу $G_{\text{опр}}$ с этим вылетом крана;
- затем повторить измерения последовательно на вылетах 1,0; 1,2; 1,4; 1,6 м;
- составить таблицу результатов эксперимента;
- построить график грузовой характеристики $Q_{\text{max}} = f(R)$.

Вылет стрелы R , м	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6
Опрокидывающая сила $G_{\text{опр}}$, Н					
Допустимая масса поднимаемого груза $Q_{\text{max}} = \frac{G_{\text{опр}}}{1,15 \cdot 9,8}$					

3. При расчетах собственной устойчивости крана в качестве основной опрокидывающей силы рассматривают ветровую нагрузку. Но кран при этом должен находиться в самых неблагоприятных условиях с точки зрения устойчивости. Такие условия возникают, если кран стоит с наклоном в сторону противовеса, стрела поднята в положение минимального вылета (рис. 3), а ветер максимальной силы направлен в сторону уклона.

Чтобы определить предельно допустимую силу ветрового давления $[P_v]$ выполняют следующие действия:

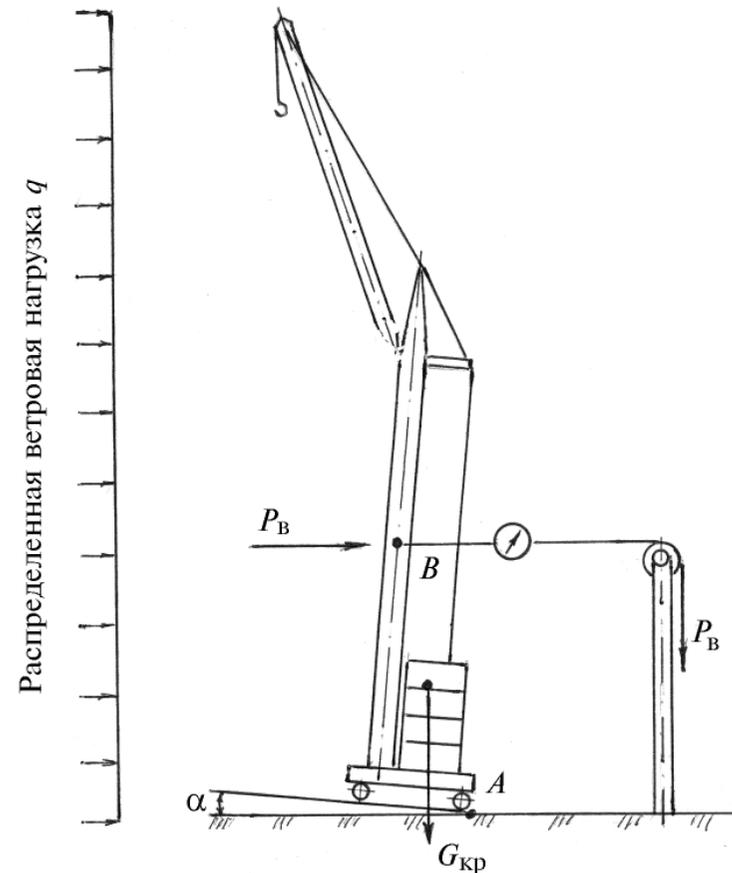


Рис. 3. Проверка запаса собственной устойчивости башенного крана

- поднимают стрелу в положение минимального вылета $R = 0,8$ м;
- кран разворачивают, устанавливая его на опорной площадке противовесом в сторону уклона;
- уклон сохраняют прежним $\alpha = 1,5^\circ$ ($0,026$ рад);
- изменяют запасовку грузового каната таким образом, чтобы он от нагрузочного устройства передавал усилие в центре парусности крана (точка B) в горизонтальном направлении;
- регистрируют значение силы P_B , при которой начинается опрокидывание крана в направлении противовеса.

Затем расчетом определяют допустимое ветровое давление

$$[P_B] = \frac{P_B}{1,15}, \text{ Н}$$

и соответствующую ему распределенную ветровую нагрузку

$$q = \frac{[P_B]}{F}, \text{ Н/м}^2,$$

где F — подветренная площадь крана, равная произведению высоты крана на толщину башни.

Лабораторная работа № 10

ИССЛЕДОВАНИЕ ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА

Цель лабораторной работы — изучение конструкции и работы ленточного конвейера, а также освоение на практике основных теоретических зависимостей, применяемых в расчетах конвейеров.

Работу выполняют на действующей модели ленточного конвейера, в составе которой имеются нагрузочное устройство, имитирующее внешнюю нагрузку от транспортируемого материала, натяжное устройство и устройство изменяющее угол обхвата лентой приводного барабана. Стенд оборудован приборами, позволяющими измерять величину натяжения ленты и силу тока электродвигателя в приводе конвейера.

Задание

1. Изучить конструкцию действующей модели и взаимодействие ее составных частей при работе конвейера, начертить принципиальную схему стенда.

2. Составить кинематическую схему приводного механизма с указанием параметров электродвигателя, редуктора и открытой зубчатой передачи.

3. Измерить скорость движения ленты конвейера, ширину ленты, диаметр приводного барабана, диаметры и шаг установки рабочих и поддерживающих роликовых опор.

4. Провести серию опытов по определению значений коэффициента трения между лентой и приводным барабаном. В распоряжении студентов имеются резиновая конвейерная лента и стальной барабан, а также сменные конвейерная лента, изготовленная из синтетического материала, и резиновый приводной барабан. Поэтому опыты проводят для следующих сочетаний материалов: «резина по стали», «синтетика по стали», «резина по резине», «синтетика по резине».

Резиновую ленту укладывают на ровную стальную поверхность и нагружают ее сверху маркированной пластиной весом G . Сдвигая ленту, измеряют динамометром силу трения F . Повторяют опыты, постепенно увеличивая нагрузку, а затем в такой же последовательности и для других сочетаний материалов. Результаты опытов заносят в таблицу, а затем подсчитывают значения коэффициентов трения по формуле

$$f = \frac{F}{G}$$

и средние значения f_{cp} для каждой серии опытов.

5. Исследовать влияние тягового фактора e^{α} на величину развиваемого конвейером тягового усилия P .

Эту часть лабораторной работы выполняют в следующей последовательности. Устанавливают постоянную для всех опытов силу натяжения конвейерной ленты. Степень натяжения S_H регулируют с помощью натяжного устройства и контролируют по величине прогиба ленты около натяжного барабана.

Включают конвейер и, удерживая ленту динамометром, записывают усилие в набегающей ветви конвейера $S_{нб}$, соответствующее началу пробуксовки ленты на приводном барабане.

Одновременно снимают показания миллиамперметра, включенного в цепь электродвигателя.

Далее определяют расчетом усилие в сбегавшей ветви $S_{сб} = \frac{S_{нб}}{e^{f\alpha}}$, силу тяги конвейера $P = S_{нб} - S_{сб}$ и мощность электродвигателя $N_d = \frac{PV}{102}$. Заменяя поочередно приводной барабан и сменную конвейерную ленту, повторяют опыты в той же последовательности в других сочетаниях материалов и, следовательно, с иными значениями коэффициентов трения.

Таким же образом исследуют влияние угла обхвата α , проведя последовательно опыты с углами обхвата $\alpha = 180^\circ$ и $\alpha = 260^\circ$.

По результатам исследований строят графики и формулируют выводы.

Лабораторная работа № 11

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТРАНСПОРТИРУЕМОГО МАТЕРИАЛА

Определить угол естественного откоса, сыпучесть и плотность транспортируемого материала.

Необходимое оборудование: трибометр с вибростолом, мерный сосуд, взвешивающее устройство, необходимое количество крупнозернистого промытого песка или сортированного гравия мелкой фракции.

Для определения угла естественного откоса α_0 мерный сосуд ставят на плоскость вибростола и доверху заполняют грузом. Затем, открыв дно сосуда, его медленно поднимают, при этом высыпавшийся груз принимает форму конуса с углом естественного откоса. Измерив с помощью угломера этот угол в состоянии покоя, крат-

ковременно включают вибростол, что дает возможность зарегистрировать динамический угол естественного откоса α_d , тесно связанный с производительностью транспортирующих установок.

Сыпучесть груза характеризуется зависимостью предельных касательных напряжений τ от нормального напряжения σ в толще груза, которую строят по результатам испытаний насыпного груза на трибометре. Желоб и рамку трибометра заполняют грузом; порцию материала, лежащую в рамке прижимают к материалу в желобе прижимными пластинами. На грузовую чашку ставят гири в таком количестве, чтобы рамка пришла в движение, срезая материал.

Напряжения σ и τ , необходимые для построения графика, вычисляют по формулам

$$\sigma = \frac{G_m}{F_c}; \quad \tau = \frac{T_c - T_p}{F_c},$$

где G_m — суммарный вес прижимных пластин и материала в подвижной рамке;

F_c — площадь среза;

T_c — сила сдвига;

T_p — сопротивление подвижной рамки.

По опытным значениям σ и τ строят график, который показывает начальное сопротивление материала сдвигу или, в конечном счете, сыпучесть материала.

Насыпной плотностью ρ груза называется масса его частиц в 1 м^3 занимаемого объема. Различают плотность груза свободно насыпанного и уплотненного. При определении насыпной плотности груз насыпают в мерный сосуд до верха после чего, закрыв дно, переносят сосуд на взвешивающее устройство и взвешивают с грузом.

Плотность материала

$$\rho = \frac{M_1}{V_1},$$

где M_1 — масса груза в сосуде, кг;

V_1 — объем сосуда, м^3 .

Далее, сосуд с грузом устанавливают на вибростол и, включив его, пополняют мерный сосуд грузом до тех пор, пока снижение уровня не прекратится. Действуя так же, как и при определении плотности свободно насыпанного груза, устанавливают плотность динамически уплотненного груза.

ГРУЗОПОДЪЕМНЫЕ МАШИНЫ НЕПРЕРЫВНОГО ТРАНСПОРТА

Руководство к выполнению лабораторных работ

Редактор *Е.А. Ямщикова*
Компьютерная верстка *Е.Ю. Русалева*

Тип. зак.	Изд. зак. 278	Тираж 500 экз.
Подписано в печать 2.09.2003	Гарнитура Times.	Офсет
Усл. печ. л. 1,25		Формат 60×90 ¹ / ₁₆

Издательский центр РГОТУПСа,
125993, Москва, Часовая ул., 22/2

Типография РГОТУПСа, 107078, Москва, Басманный пер., 6