

Министерство образования Российской Федерации
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
СЕВЕРО-ЗАПАДНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЗАОЧНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра подъемно-транспортных машин и оборудования

МАШИНЫ НЕПРЕРЫВНОГО ТРАНСПОРТА

Методические указания к выполнению
лабораторных работ

Факультет **машиностроительный**

Направление и специальность подготовки
дипломированных специалистов:

653200 - транспортные машины и транспортно-
технологические комплексы

170900 - подъемно-транспортные, строительные, до-
рожные машины и оборудование

Специализация:

170903 - комплексная механизация и
автоматизация погрузочно-разгрузочных
и транспортно-складских работ

Направление подготовки бакалавров:

551800 - технологические машины и оборудование

Санкт-Петербург

2004

Утверждено редакционно-издательским советом университета
УДК 621.86.06(07)

Машины непрерывного транспорта: Методические указания к выполнению лабораторных работ. –СПб.: СЗТУ, 2004. – 44 с.

Методические указания разработаны в соответствии с государственными образовательными стандартами высшего профессионального образования по направлению подготовки дипломированного специалиста 653200 – «Транспортные машины и транспортно-технологические комплексы» (специальность 170900 – «Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование») и направлению подготовки бакалавра 551800 – «Технологические машины и оборудование».

Тематика лабораторных работ охватывает основные разделы теоретического курса. Приведены указания к выполнению лабораторных работ по исследованию физико-механических свойств насыпных грузов, изучению тяговых органов конвейеров, изучению и исследованию ленточных конвейеров, виброконвейеров, ковшых элеваторов. Даны основные теоретические положения каждой работы, порядок ее выполнения и содержание отчета.

Рассмотрено на заседании кафедры подъемно-транспортных машин и оборудования 10 декабря 2003 г., одобрено методической комиссией машиностроительного факультета 22 декабря 2003 г.

Рецензенты: кафедра подъемно-транспортных машин и оборудования СЗТУ (зав. кафедрой Ю.П. Лапкин, канд. техн. наук, проф.); И.П. Тимофеев, д-р техн. наук, профессор кафедры конструирования горных машин и технологии машиностроения СПГГИ им. Г.В. Плеханова (ТУ).

Составители: Лапкин Ю.П., канд. техн. наук, проф.
Эвелеков В.И., доц.

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

По дисциплине «Машины непрерывного транспорта» (МНТ) предусмотрено 6 лабораторных работ (16 часов). Работы проводятся в лаборатории кафедры подъемно-транспортных машин и оборудования на полноразмерных установках и образцах элементов конвейеров, а также на действующих моделях ленточных конвейеров, вибрационного конвейера, ковшового элеватора.

По лабораторным работам составляется письменный отчет. Содержание отчета указано в конце каждой работы. Заканчивается отчет анализом полученных результатов, общими выводами, согласованными с целью и задачами работы, и ссылками на использованную литературу.

Отчет по лабораторным работам оформляется в отдельной тетради или на сброшюрованных листах формата А4.

При сдаче зачета по лабораторным работам студент обязан предъявить подписанный преподавателем черновик отчета и уметь объяснить цель и основные теоретические положения каждой работы, а также устройство лабораторных установок, порядок выполнения работ, дать анализ и оценку полученных результатов.

Обработка результатов измерений

Перед выполнением лабораторных работ студенты должны ознакомиться с основными метрологическими понятиями и терминами, изложенными в работах [4,5].

При экспериментальных исследованиях величина определяемого параметра редко устанавливается по результату однократного замера (наблюдения) из-за низкой точности измерений.

При обработке результатов измерений с однократным наблюдением ограничиваются указанием класса точности использованных средств.

При измерениях с многократными наблюдениями способ обработки их результатов зависит от количества серий наблюдения, значимости систематических погрешностей и др.

В простейшем случае, когда выполнена одна серия наблюдений с числом измерений $n < 15$ и невозможно исключить систематические погрешности, ограничиваются вычислением среднего арифметического результата измерений m_x^* наблюдаемой величины x (математического ожидания), принимаемого в качестве действительного значения x , и оценкой его среднеквадратического отклонения σ_x^* как показателя точности результата измерения

$$m_x^* = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i;$$

$$\sigma_x^* = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (x_i - m_x^*)^2}.$$

Во всех остальных случаях обработку начинают с исправления результатов наблюдений [5].

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

Перед проведением лабораторных работ все студенты должны ознакомиться с указаниями по технике безопасности, пройти инструктаж и расписаться в журнале учета прохождения инструктажа по технике безопасности.

Организация безопасной работы при выполнении лабораторных работ на электроустановках производится в соответствии с требованиями Государственных стандартов [3].

Приступая к выполнению лабораторной работы, необходимо убедиться в надежности заземления приборов и установок, ознакомиться с их устройством, уяснить порядок и последовательность выполнения работы.

Включение действующих установок и механизмов производится только под наблюдением преподавателя или лаборанта кафедры.

Перед каждым включением подачи напряжения необходимо предупредить всех работающих на электроустановках; перед включением каждого конвейера – убедиться, что его пуск никому не угрожает опасностью.

Строгое соблюдение правил техники безопасности является обязательным для каждого студента, допускаемого к выполнению лабораторных работ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Зенков Р.Л., Ивашков И.И., Колобов Л.Н. Машины непрерывного транспорта. –М.: Машиностроение, 1987.
2. Спиваковский А.О., Дьячков В.К. Транспортирующие машины. –М.: Машиностроение, 1983.
3. Правила устройства электроустановок. Раздел 1. –СПб.: Изд-во ДЕАН, 2002.
4. Шишкин И.Ф. Метрология, стандартизация и управление качеством: Учеб. для техн. вузов. –М.: Изд-во Стандартов, 1990.
5. Шишкин И.Ф. Качество и единство измерений: Учеб. пособие. –Л.: СЗПИ, 1982.

РАБОТА 1. ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НАСЫПНЫХ ГРУЗОВ

1. Цель работы

Изучение основных физико-механических свойств насыпных грузов, методики их определения и их влияния на выбор рабочих параметров транспортирующих машин.

2. Основные теоретические положения

Выбор типа транспортирующих машин и их рабочих органов, расчет их основных параметров тесно связаны с физико-механическими свойствами перемещаемых грузов. Все грузы делятся на насыпные и штучные. К насыпным относятся грузы, которые хранятся и перемещаются навалом. Основными свойствами насыпных грузов являются крупность частиц, их насыпная плотность, подвижность, абразивность. Кроме того, на выбор способа транспортирования и конструкцию рабочих органов оказывают влияние влажность, липкость, слеживаемость, острокромчатость, смерзаемость, взрывоопасность, самовозгораемость и ядовитость, а также корродирующие свойства грузов.

Крупность частиц, или кусковатость, характеризуется наибольшим линейным размером однородных частиц насыпного груза в заданном объеме (пробе). По размерам частиц все насыпные грузы делятся на категории крупности, мм:

Пылевидные	до 0,05
Порошкообразные	0,05...0,5
Мелкозернистые	0,5...2
Крупнозернистые	2...10
Мелкокусовые	10...60
Среднекусовые	60...160
Крупнокусовые	160...320
Особо крупнокусовые	более 320

По характеру однородности насыпные грузы подразделяются на рядовые и сортированные. Критерием однородности считают коэффициент

$$k_0 = \alpha_{\max} / \alpha_{\min}, \quad (1)$$

где $\alpha_{\max}$ и $\alpha_{\min}$ – соответственно наибольший и наименьший размеры частиц в пробе.

При $k_0 > 2,5$ груз является рядовым и характеризуется частицами наибольших размеров $\alpha_{\max}$. При $k_0 < 2,5$ груз считается сортированным, т.е. более или менее однородным и характеризуется средним размером частиц:

$$\alpha' = (\alpha_{\max} + \alpha_{\min})/2 \quad (2)$$

Крупность частиц насыпных грузов учитывают при выборе типа транспортирующей машины, ширины несущего органа и расчете выходных отверстий бункеров.

Насыпной плотностью ρ называют массу единицы объема груза. Она зависит от крупности частиц и влажности груза. По величине насыпной плотности все грузы делятся на группы, т/м³:

Легкие (кокс, торф и т.п.)	до 0,6
Средние (зерно, уголь, шлак)	0,6...1,1
Тяжелые (песок, гравий, порода)	1,1...2,0
Весьма тяжелые (руда, камень)	более 2,0

Она используется при определении массовой производительности машин и расчетных погонных нагрузок.

Подвижность частиц характеризуется коэффициентом внутреннего трения, углом естественного откоса материала и коэффициентом внешнего трения.

Коэффициент внешнего трения зависит от давления в материале и от сил сцепления между частицами. Зависимость предельных касательных напряжений τ от нормальных напряжений сжатия σ показана на рис. 1. Она характеризуется прямой «ас» на диаграмме напряжений, возникающих в сыпучем теле. Угол φ наклона прямой «ас» является углом трения, а тангенс этого угла $f = \operatorname{tg} \varphi$ – коэффициентом внутреннего трения. Угол φ_0 является углом сопротивления сдвигу, он увеличивается с повышением касательных напряжений. Отрезок τ_0 соответствует начальному сопротивлению сдвига и характеризует силу сцепления частиц между собой. Хорошо сыпучие грузы имеют τ_0 близкое к нулю. Начальное сопротивление сдвигу зависит от размеров и формы частиц, степени уплотнения и влажности материала.

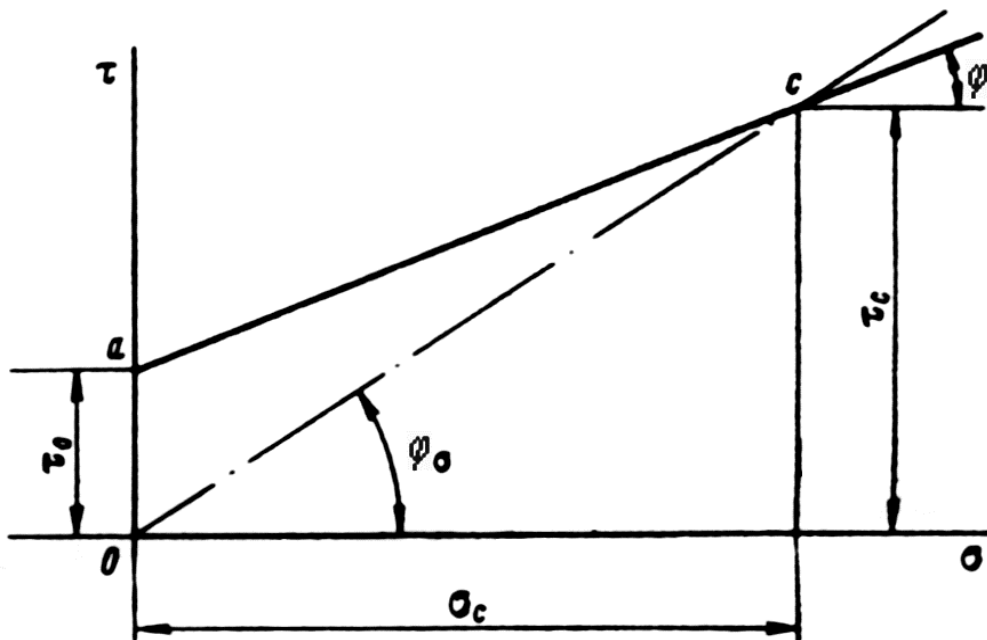


Рис. 1

Угол естественного откоса α_0 – угол между поверхностью свободного откоса и горизонтальной плоскостью. Величина угла α_0 зависит от крупности частиц и влажности материала. Различают угол естественного откоса в покое и движении α_d . Обычно $\alpha_0 > \alpha_d$, так как в последнем случае на частицы действуют дополнительные

динамические силы. В расчетах принимают $\alpha_d = 0,7 \alpha_0$. Для хорошо сыпучих материалов $\alpha_0 \approx \varphi$, где φ – угол внутреннего трения. Величина угла естественного откоса необходима при определении площади сечения груза на несущем органе.

При назначении максимального угла наклона конвейера, углов наклона стенок и ребер бункеров, пересыпных лотков, угла установки плужкового сбрасывателя необходимо учитывать коэффициент внешнего трения груза о сталь f_c , дерево f_d , резину f_r . Различают коэффициент внешнего трения в состоянии покоя и движения. Для последнего случая можно брать уменьшенную на 30% величину коэффициента в состоянии покоя.

Абразивность – способность материала истирать поверхность рабочего органа. По степени абразивности грузы делятся на четыре группы:

А – неабразивные (мел, опилки древесные, торф);

В – малоабразивные (уголь, известняк, гравий);

С – средней абразивности (цемент, песок, земля);

Д – высокой абразивности (щебень, руда, зола).

Степень абразивности зависит от твердости, формы и размеров частиц материала и учитывается при выборе способа транспортирования и конструкции несущего органа.

Значения насыпной массы, угла естественного откоса, коэффициентов трения, а также группы абразивности наиболее распространенных грузов приведены в табл. 1.

В работе используются приборы и лабораторные установки для определения насыпной плотности грузов, коэффициентов внутреннего и внешнего трения, угла естественного откоса насыпных грузов. Насыпную плотность определяют с помощью мерного сосуда 3 (рис. 2) объемом 1 л. Сосуд имеет поворотную рамку 2, установленную на стержне 1, закрепленном на сосуде. Груз свободно насыпается до краев сосуда, а рамка, поворачиваясь, срезает излишек материала в сосуде. Оставшийся груз взвешивается, и насыпная плотность определяется по формуле

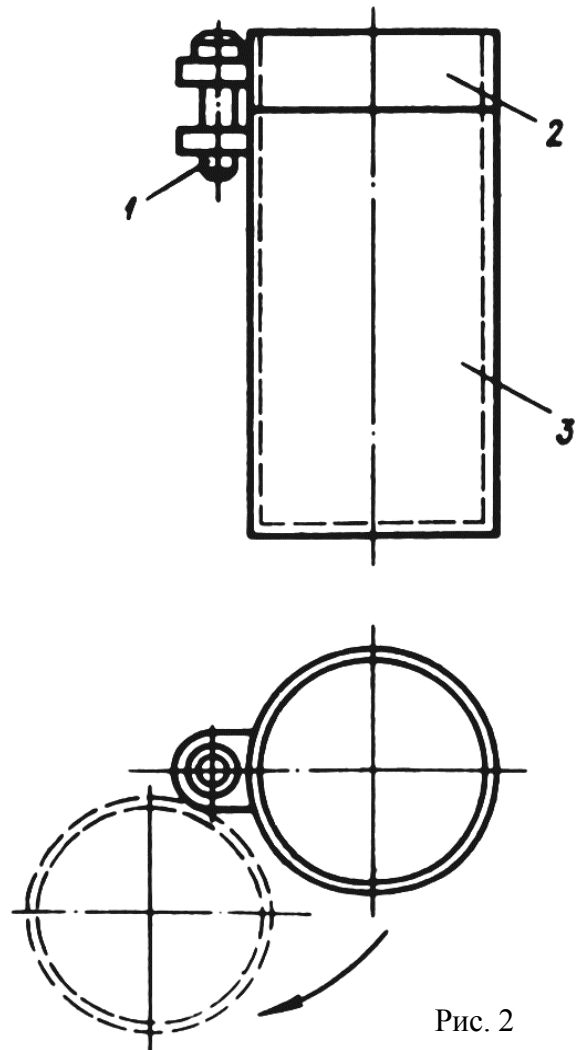


Рис. 2

Таблица 1

Груз	Группа абразивности	Насыпная плотность ρ , т/м ³	Угол естественного отклонения в покое α_0 , град.	Коэффициент внешнего трения в покое	
				по стали f_c	по резине f_p
Антрацит мелкий, кусковой, сухой	C	0,80...0,85	45	0,84	—
Агломерат железной руды	D	1,7...2,0	45	0,8...1,0	—
Гипс мелкокусковой	B	1,2...1,4	40	0,78	0,82
Глина сухая мелкокусковая	B	1,0...1,5	50	0,75	—
Гравий округлый	B	1,6...1,9	30...45	0,8	—
Земля грунтовая, сухая	C	1,2	30...45	0,8	—
Земля формовочная, выбитая	C	1,25...1,30	30...45	0,71	0,61
Зола сухая	D	0,4...0,6	40...50	0,84	—
Известняк мелкокусковой	B	1,2...1,5	40...45	0,56	—
Кокс среднекусковой	D	0,48...0,53	35...50	1,0	—
Мел сухой	A	0,95...1,2	40	0,6...0,8	—
Опилки древесные	A	0,16...0,32	40	0,8	0,65
Песок сухой	C	1,40...1,65	30...35	0,8	0,56
Пшеница	A	0,65...0,83	25...35	0,6	0,65
Руда железная мелко- и среднекусковая	D	2,1...3,5	30...50	1,0	—
Торф кусковой, сухой	A	0,33...0,5	32...45	0,6	—
Уголь каменный кусковой	B	0,65...0,80	30...45	0,45...0,80	0,6
Цемент сухой	C	1,0...1,3	40	0,65	0,65
Щебень сухой	D	1,8	35...45	0,74	0,6
Шлак каменноугольный, сухой	C	0,6...0,9	35...50	1,0	0,66
Сода	A	0,40...1,25	40...45	0,3...0,4	0,45...0,68

$$\rho = \frac{m_{\text{сп}}}{V_c}, \quad (3)$$

где $m_{\text{сп}}$ – масса груза в сосуде, кг;

V_c – объем сосуда, л (дм³).

Для определения коэффициентов внутреннего и внешнего трения используют трибометрическую установку (рис. 3), которая состоит из короба 3 для сыпного груза, грузов 6, создающих силу для преодоления сопротивления сдвигу рамки, шнура 5 и блока 4 для подвески грузов, рамки 1 и грузов 2, создающих нормальную силу. В короб насыпают груз. Под действием веса P грузов, подвешенных на шнуре, перемещают рамку с сыпучим грузом и сменными металлическими грузами. Меняя грузы 2 (силу N), определяют силу T (подбором грузов 6), которая соответствует началу движения рамки.

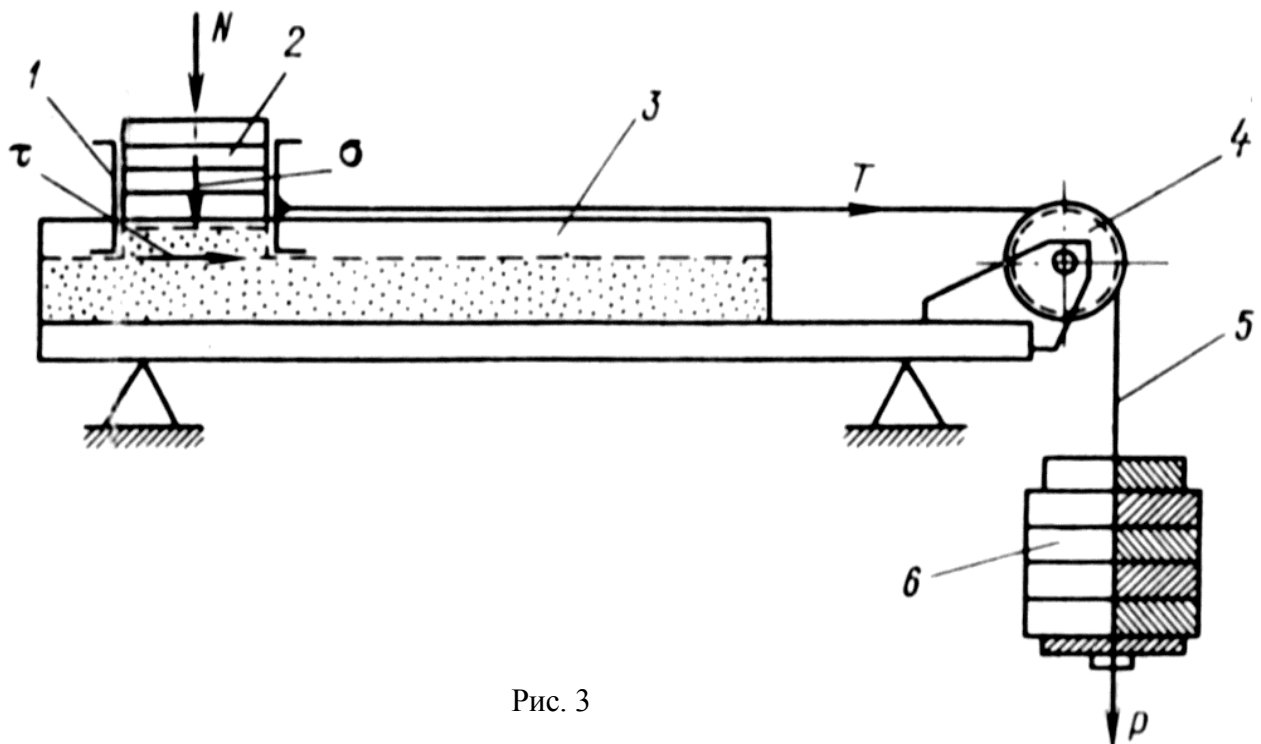


Рис. 3

Угол естественного откоса определяют на установке (рис. 4), состоящей из короба 1 с подъемной перегородкой 4, которая перемещается в направляющих 3, и угломера 2. Угломер расположен на прозрачной боковой стенке короба в направляющих и может перемещаться вдоль нее. Груз насыпается в правую часть короба при опущенной перегородке (рис. 4,а). При подъеме перегородки (рис. 4,б) груз рассыпается, образуя поверхность свободного откоса с углом α_0 к горизонтальной плоскости, который и является углом естественного откоса в покое. Замеряется угол α_0 угломером через прозрачную стенку короба.

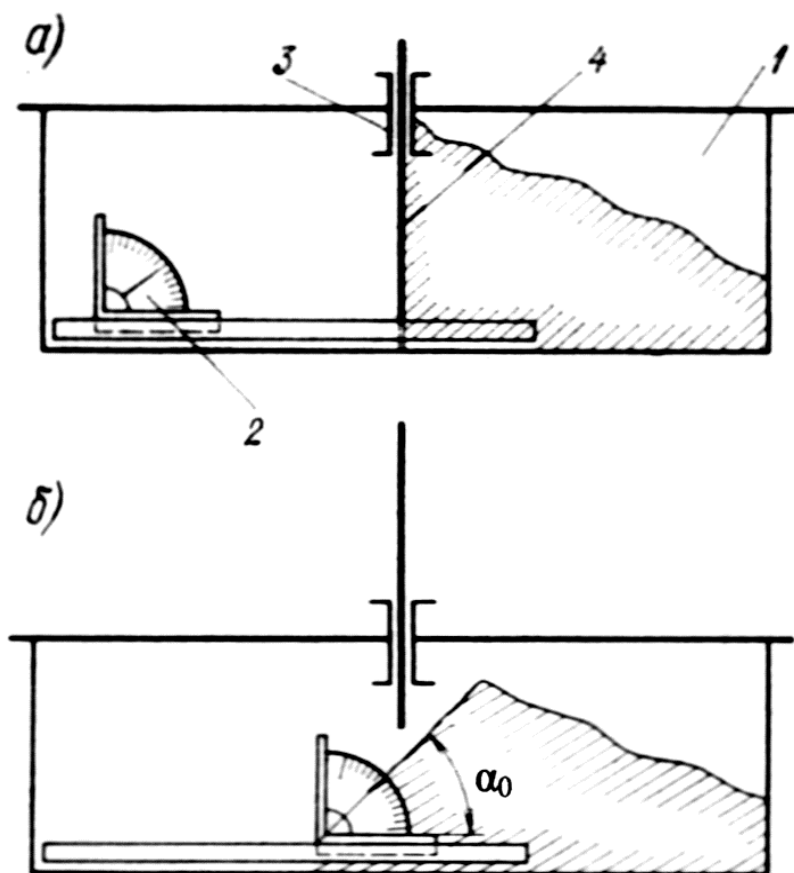


Рис. 4

3. Порядок выполнения работы

1. Определить насыпную плотность некоторых грузов (песок, щебень). Для этого взять мерный сосуд, наполнить его материалом и взвесить. Расчет насыпной плотности произвести по формуле (3). Все данные замеров и расчетов свести в таблицу по форме 1.

Форма 1

Материал	Масса груза в сосуде $m_{гр}$, кг	Объем сосуда V_c , л	Насыпная плотность ρ , т/м ³
Песок			
Щебень			

2. Определить коэффициент внутреннего трения сухого песка. Сила T сопротивления сдвигу рамки с грузом зависит от сил внутреннего трения и сил сцепления частиц груза между собой. Согласно уравнению предельного равновесия сыпучего тела при сдвиге

$$T = Nf + cF, \quad (4)$$

где N – нормальная сила, Н; f – коэффициент трения; F – площадь сечения, на которой происходит сдвиг, м²; c – величина сцепления; для хорошо сыпучих грузов при кратковременном слеживании $c = 400 \dots 1000$ Па.

Уравнение (4) можно представить в виде напряжений, если все его члены поделить на F :

$$\tau = \sigma \operatorname{tg} \varphi + c, \quad (5)$$

Нормальные напряжения при сдвиге определяют как частное от деления нормальной силы N на площадь F , а касательные – силы сопротивления сдвигу T на площадь F . Следует иметь в виду, что сила T меньше веса грузов P на величину потерь в блоке ($\eta_{\text{бл}} = 0,95 \dots 0,96$), а при определении силы N необходимо учитывать вес насыпного груза в рамке. Меняя силу N , определяют напряжения σ и τ и строят диаграмму напряжений, по которой определяют коэффициент внутреннего трения $f = \operatorname{tg} \varphi$. Все данные произведенных замеров и расчета следует свести в таблицу по форме 2.

Форма 2

Нормальная сила N , Н	Сила сопротивления сдвигу T , Н	Площадь сечения рамки, м ²	Напряжения при сдвиге, Па		Угол наклона φ прямой ac на диаграмме	Коэффициент внутреннего трения f
			нормальные	касательные		
N_1						
N_2						

3. Определить коэффициент внешнего трения песка о сталь и резину. Эту часть работы выполняют на установке по схеме (см. рис. 3). На дно короба 3 вместо груза укладывают полосу из испытуемого материала (сталь или резина). Коэффициент внешнего трения определяют как отношение усилия сдвига T (грузы 6) к нормальной силе N (грузы 2 и вес груза в рамке). Для получения более точного результата коэффициент необходимо определить для нескольких значений силы N . Данные замеров и расчетов свести в таблицу по форме 3.

Форма 3

Материал	Нормальная сила N , Н		Сила сопротивления сдвигу T , Н	Коэффициенты внешнего трения	
Сталь	N_1			f_c	
	N_2				
	N_3				
Резина	N_1			f_p	
	N_2				
	N_3				

4. Определить угол естественного откоса песка и щебня в состоянии покоя и движения, используя установку по схеме (см. рис. 4). Все данные замера и расчета свести в таблицу по форме 4.

Форма 4

Насыпной груз	Угол естественного откоса		Отношение α_d/α_0
	в покое α_0	в движении α_d	
Сухой песок			
Влажный песок			
Щебень			

4. Содержание отчета

1. Название, краткое описание цели и содержания работы.
 2. Описание лабораторных установок.
 3. Таблицы по формам 1...4 с результатами измерений и расчетов.
 4. Построение графика $\tau=f(\sigma)$.
- Литература: [1], с. 11...22.

РАБОТА 2. ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ КОНВЕЙЕРНЫХ ЛЕНТ И ТЯГОВЫХ ЦЕПЕЙ

1. Цель работы

Изучение конструкции тяговых органов конвейеров - конвейерных лент и цепей, их выбор.

2. Основные теоретические положения

2.1. КОНВЕЙЕРНЫЕ ЛЕНТЫ

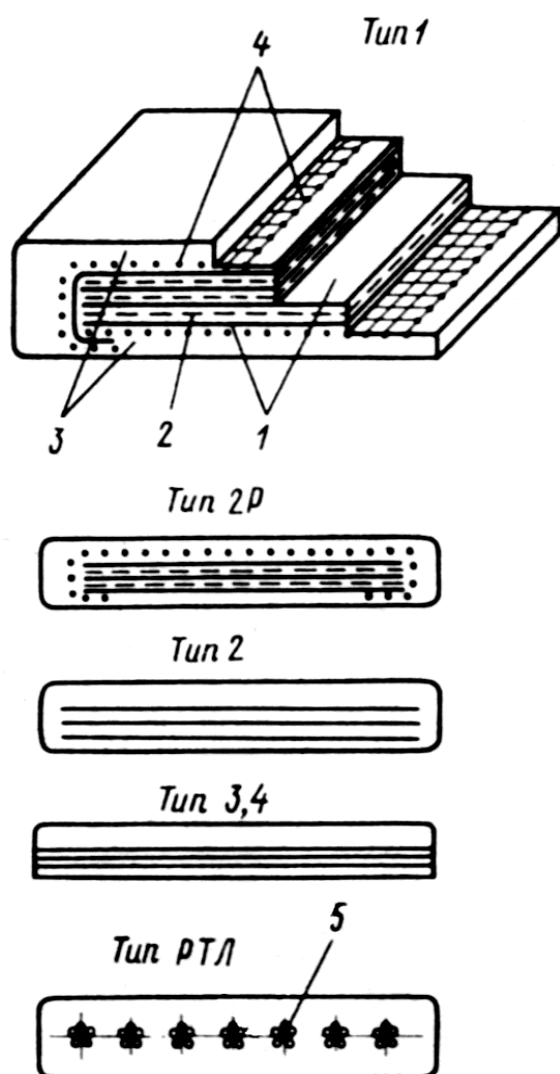


Рис. 5

Конвейерные ленты используются в качестве тягового и грузонесущего органов. Важнейшими расчетными параметрами ленты являются ширина, прочность, относительное удлинение и толщина обкладок. Ширина ленты зависит от производительности конвейера и кусковатости материала. Прочность на разрыв (усилие, которое можно длительно допустить на ленте) определяет максимально возможную длину конвейера на один привод, установленную мощность, конструкцию привода. От относительного удлинения зависит конструкция натяжного устройства. Совершенствование конвейерных лент идет в направлении повышения их прочности, износостойкости и уменьшения относительного удлинения.

ГОСТ 20-85 предусматривает выпуск пяти типов гладких резинотканевых конвейерных лент (1, 2Р, 2, 3, 4) следующих видов: общего назначения для всех типов, морозостойкие (М), теплостойкие (Т), повышенной теплостойкости (ПТ), пищевые (П), негорючие (Ш), маслостойкие (МС), магнитотвердые (МТ), магнитомягкие (ММ).

Конструктивно резинотканевые ленты всех типов (рис. 5) имеют послойный тканевый каркас из рабочих прокладок 1 и защитные резиновые обкладки 3 (ленты типа 3 и 4 имеют

одностороннюю резиновую обкладку). Между прокладками у лент типа 1 и 2Р имеются резиновые прослойки (сквиджи) 2. Для увеличения сопротивления пробою от падающих кусков тканевый каркас этих лент покрывают защитным слоем (брекером) 4.

Тип ленты выбирается в зависимости от условий работы и физико-механических свойств груза. При этом следует учитывать, что ленты типа 2 и особенно типов 3 и 4 самые легкие и дешевые.

Материалом рабочих прокладок конвейерных лент служат ткани комбинированные БКНЛ-65 (100, 150), полиамидные ТА-100 (150, 300, 400), ТК-100 (150, 200, 300), МК-600 (800), полиэфирные ТЛК-200 (300), МЛК-300 (400).

Основной характеристикой прочности тканей является величина σ_p – предел прочности на разрыв 1 мм прокладки по основе. Величина предела прочности входит в обозначение материала. Например, бельтинг комбинированный на лавсановой основе (БКНЛ) выпускается с пределом прочности 65, 100 и 150 Н/мм.

Удлинение лент из комбинированных тканей составляет 1,5%, из полиэфирных – 2%, из полиамидных – 3,5...4%.

Ширина ленты определяется требуемой производительностью. Число рабочих прокладок назначается из условия прочности ленты:

$$i = \frac{S_{\max} \cdot n}{B \cdot \sigma_p},$$

где $S_{\max}$ – максимальное натяжение ленты, Н; B – ширина ленты, мм; n – запас прочности ленты (принимается по табл. 2).

Таблица 2

Тип рабочих прокладок ленты	Запас прочности n конвейера	
	горизонтального	наклонного
Бельтинг комбинированный	10	11-12
Синтетическая ткань	9	10

Наша промышленность выпускает конвейерные ленты шириной 300...2000 мм с числом прокладок от 1 до 8 и толщиной защитных обкладок с рабочей стороны 3; 4,5; 6; 8 и 10 мм, с нерабочей – 1; 1,5 и 2 мм.

2.2.ЦЕПИ

Цепи находят самое широкое распространение в качестве тяговых органов пластинчатых, подвесных, тележечных, ковшовых и других типов конвейеров и цепных элеваторов.

Существует много конструктивных разновидностей цепей: круглозвенные сварные, комбинированные сварные, литые из ковкого чугуна, комбинированные, изготавливаемые из литых звеньев, отлитых заодно со втулками, и точеных стальных валиков.

Применяются пластинчатые цепи следующих типов:

- 1 – втулочные (с шагом 100...400 мм);
- 2 – роликовые (100...500 мм);
- 3 – катковые с гладкими катками на подшипниках качения (320...1000 мм);
- 4 – катковые с ребордными катками (200...630 мм).

Нормальный ряд шагов цепей: 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800 и 1000 мм. Наиболее простые и дешевые – безвтулочные цепи. Однако из-за незначительной величины трущихся поверхностей они отличаются высокими удельными давлениями, что ведет к их быстрому износу. Поэтому безвтулочные цепи в конвейерах применяются крайне редко. Более совершенными пластинчатыми цепями являются втулочные и особенно роликовые и катковые, получившие наибольшее распространение в транспортирующих машинах.

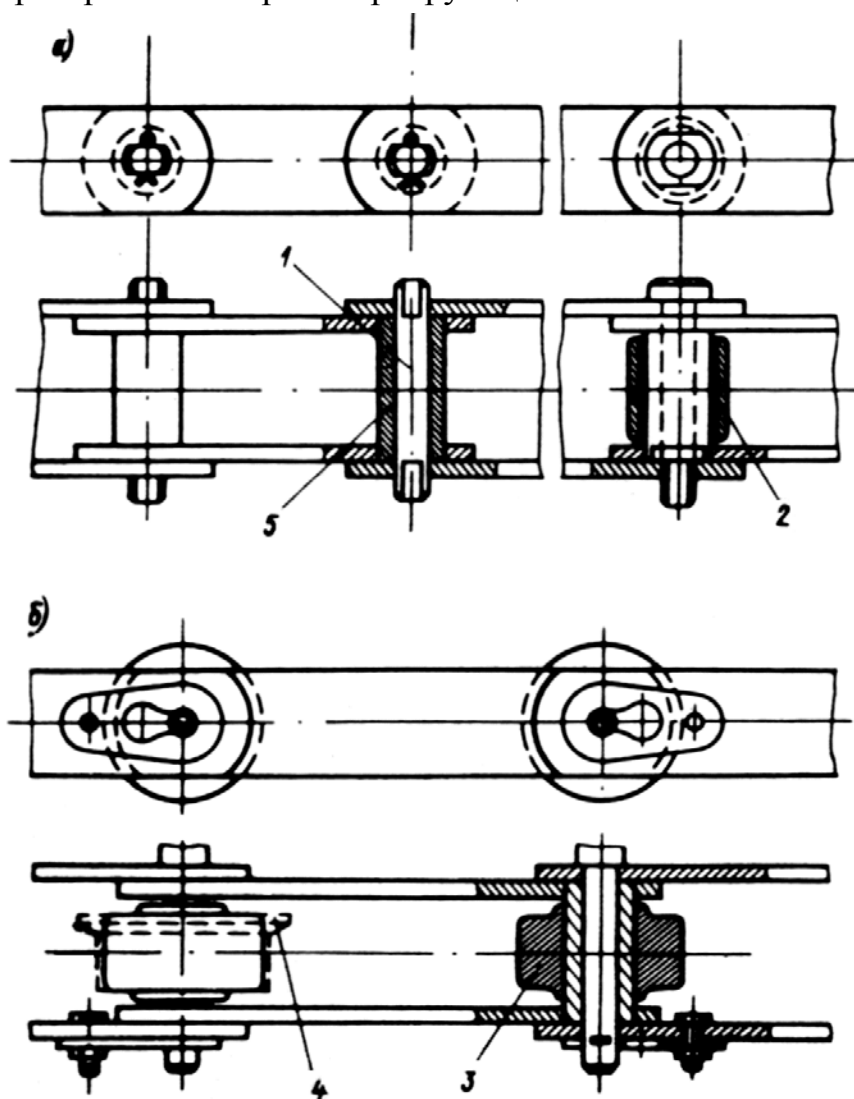


Рис. 6

На рис. 6 показаны конструктивные разновидности пластинчатых цепей (на рис. 6, а – типа 1 и 2, на рис. 6, б – типа 3 и 4), где 1 – ось цепи; 2 – ролик; 3 – каток без реборды; 4 – каток с ребордой; 5 – втулка.

Разборные цепи по своей конструкции и способу изготовления делятся на кованые и холодноштампованные. Наибольшее распространение получили кованые цепи, которые могут иметь цилиндрические (рис. 7, а) и бочкообразные (рис. 7, б) валики, а также прямой или скругленный обрез головки среднего звена. Такая цепь состоит из парных секций, каждая из которых собирается из двух наружных звеньев 1, валика 2 и внутреннего звена 3. Наружные звенья имеют в середине перемычку для жесткости, а по концам – фасонные гнезда для головок

валиков, препятствующих вращению последних при повороте звеньев цепи. Основные параметры кованых разборных цепей определены ГОСТ 589-85. В табл. 3 даны техни-

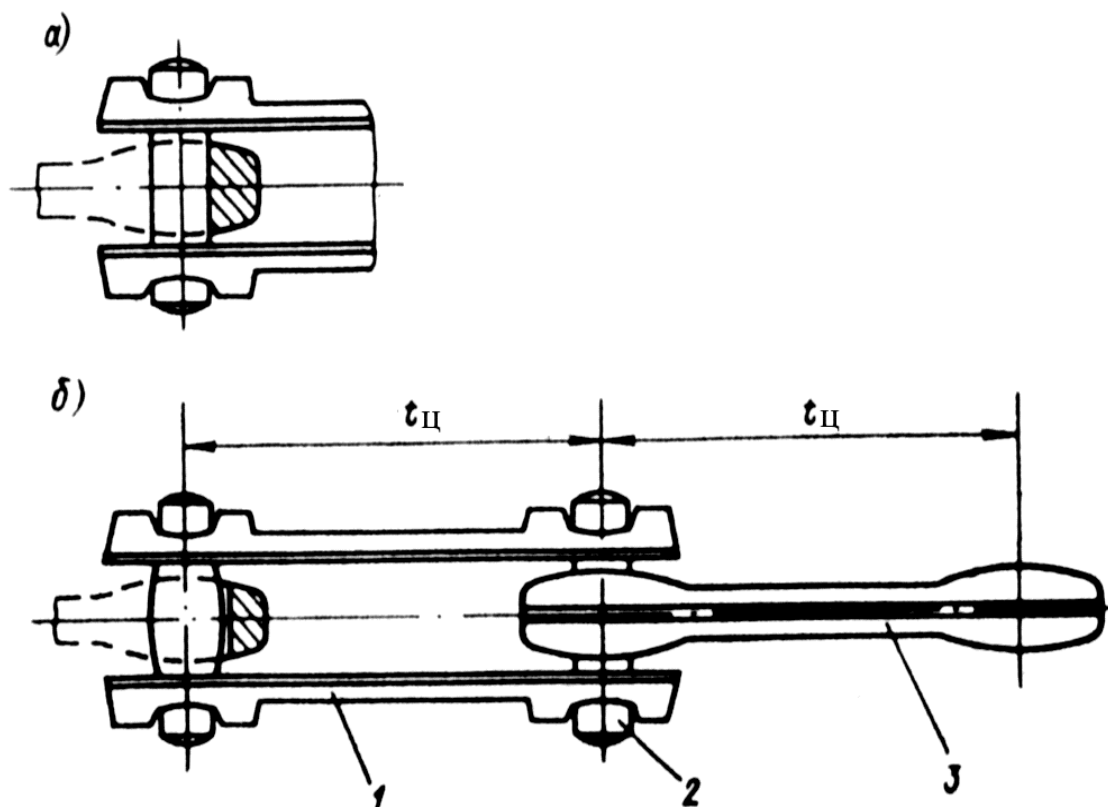


Рис. 7

ческие характеристики наиболее распространенных кованых разборных цепей с цилиндрическими валиками.

Для подвесных и тележечных конвейеров со сложной пространственной трассой применяются двухшарнирные цепи, которые имеют шарниры для поворота

Таблица 3

Размеры, мм			Разрывная нагрузка F_p , кН	Масса одного погонного метра цепи $q_{ц}$, кг/м
шаг цепи $t_{ц}$	ширина цепи B	диаметр валика d		
80	29	13	106	2,9
	40	18	290	8,7
100	32	13	150	3,8
	36	16	220	5,1
160	40	18	290	2,7
	53	24	400	9,2

как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскости.

Выбор цепи производится по условию прочности

$$F_{\max} < F_{\text{доп}} = \frac{F_p}{n},$$

где $F_{\max}$ – максимальное расчетное натяжение цепи; $F_{\text{доп}}$ – допускаемая нагрузка по прочности; F_p – разрушающая нагрузка цепи (принимается по стандартам); n – запас прочности цепи.

Форма 5

Параметры	Результаты замера (расчета)
Ширина ленты B , мм	
Ширина прокладок B_i , мм	
Число прокладок i	
Толщина ленты δ , мм	
Толщина обкладок, мм: с рабочей стороны δ_2 с нерабочей стороны δ_3	
Толщина рабочей прокладки δ_1 , мм	
Материал прокладок	
Предел прочности 1 мм прокладки σ_p , Н/мм	
Необходимый запас прочности ленты n	
Масса 1 м длины ленты q_L , кг/м	
Максимально допустимое натяжение ленты $F_{\max}$, Н	
Обозначение ленты по ГОСТ	
Эскиз сечения ленты	

Величина запаса прочности зависит от назначения машины, профиля ее трассы, характера нагружения звеньев цепи и условий работы конвейера. На практике принимают:

$n = 6 \dots 7$ – для горизонтальных конвейеров неответственного назначения;

$n = 8 \dots 10$ – для конвейеров ответственного назначения, имеющих наклонные участки трассы;

$n = 7$ – для элеваторов;

$n = 10 \dots 13$ – для разборных цепей подвесных конвейеров.

В данной работе необходимо произвести обмеры и на их основании определить основные параметры конвейерных лент, пластинчатых и разборных цепей.

3. Порядок выполнения работы

1. Изучение конвейерных лент проводится на специально подготовленных образцах. С помощью замеров и расчетов дать полную характеристику ленты по ее образцу. Результаты замеров и расчетов свести в таблицу по форме 5.

2. Изучение пластинчатых цепей произвести визуально на натуральных образцах. Все замеры и расчеты свести в таблицу по форме 6.

Форма 6

Параметры	Результаты замера (расчета)
Шаг цепи $t_{ц}$, мм	
Ширина пластины B , мм	
Толщина пластины δ , мм	
Число пластин i	
Диаметр валика d , мм	
Длина валика, мм:	
полная $L_{в}$	
рабочая (по наружным плоскостям крайних пластин) $l_{в}$	
Диаметр втулки, мм:	
наружный $D_{вт}$	
внутренний $d_{вт}$	
Длина втулки $L_{вт}$, мм	
Размеры ролика или катка, мм:	
наружный диаметр D_p	
внутренний диаметр d_p	
ширина полная B_p	
Размеры реборды, мм:	
диаметр $D_{реб}$	
толщина $\delta_{реб}$	
Разрывное усилие цепи F_p , кН	
Запас прочности n	
Наибольшее допустимое натяжение $F_{доп}$, Н	
Обозначение цепи по ГОСТ	
Эскиз цепи (3 звена)	

3. Изучение разборной цепи провести на образцах визуально и путем обмера. Результаты свести в таблицу по форме 7.

Необходимо изучить также один из образцов двухшарнирной цепи и сделать ее эскиз.

4. Содержание отчета

1. Название работы, краткое описание ее цели и содержания.
2. Таблицы с результатами замеров и расчетов по формам 5...7.

Форма 7

Параметры	Результаты замера (расчета)
Шаг цепи $t_{\text{ц}}$, мм	
Ширина пластин B , мм	
Толщина пластин δ , мм	
Диаметр валика $d_{\text{в}}$	
Длина валика, мм:	
полная $L_{\text{в}}$	
рабочая $l_{\text{в}}$	
Форма валика	
Угол относительного смещения звеньев, град.	
Масса 1 м длины цепи $q_{\text{ц}}$ кг/м	
Разрушающая нагрузка $F_{\text{р}}$, кН	
Запас прочности n	
Наибольшее допускаемое натяжение $F_{\text{доп}}$, Н	
Обозначение цепи по ГОСТ	
Эскиз цепи (3 звена)	

3. Эскиз двухшарнирной цепи.

Литература: [1], с. 35...48; [2], с. 92...100.

РАБОТА 3. ИЗУЧЕНИЕ ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА

1. Цель работы

Изучение конструкции отдельных узлов и элементов ленточного конвейера, определение его основных параметров (скорости, производительности, мощности) и траектории движения груза при разгрузке.

2. Основные теоретические положения

Ленточный конвейер предназначен для непрерывного транспортирования в горизонтальном и наклонном направлениях насыпных и штучных грузов. Этот тип конвейера получил большое распространение в ряде отраслей промышленности вследствие высокой производительности и простоты конструкции.

Угол наклона ленточных конвейеров ограничен углом трения груза о ленту, для его увеличения применяют специальные типы лент и ленточных конвейеров.

Конструктивно ленточный конвейер (рис. 8) состоит из двух барабанов – приводного 3 и натяжного 7, бесконечной ленты 4, опорных устройств 5 на рабочей и холостой ветвях, отклоняющего барабана 6, привода 2, натяжного устройства 8 и загрузочного устройства 1.

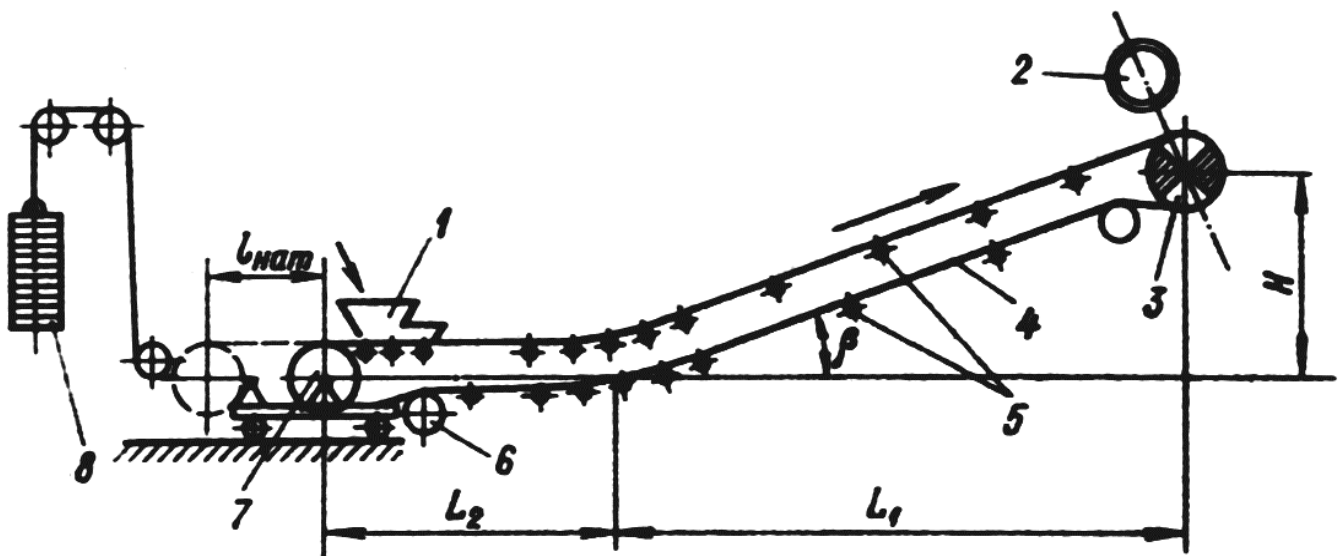


Рис. 8

Лента, выполняющая роль несущего и тягового органов конвейера, движется за счет сил сцепления ее с приводным барабаном. Привод барабана осуществляется от двигателя через редуктор. Для наклонных конвейеров привод оборудуется тормозом, исключающим самопроизвольное движение ленты под действием массы груза на наклонном участке при отключенном конвейере.

Для обеспечения нормальных условий работы ленты, уменьшения ее износа и провисания необходимы роlikоопоры. Натяжное устройство служит для создания натяжения ленты, обеспечивающего требуемое тяговое усилие на приводном барабане и уменьшающего провисание ленты между роlikоопорами.

Производительность ленточного конвейера определяется линейной загрузкой (массой груза на единицу длины конвейера) и скоростью транспортирования. В общем случае производительность (т/час) можно определить по формуле

$$Q = 3,6 q_m \cdot v, \quad (6)$$

где q_m – масса груза на одном метре конвейера, кг/м; v – скорость конвейера, м/с.

Так как груз на ленточном конвейере перемещается сплошным потоком, то $q_m = 1000 F_{гр} \rho$, (7)

где $F_{гр}$ – площадь поперечного сечения груза на ленте, м²; ρ – плотность насыпного груза, т/м³.

Площадь поперечного сечения груза зависит от количества роlikов роlikоопоры, угла наклона боковых роlikов, угла естественного откоса груза и ширины насыпки груза на ленте (рис. 9,а – однороlikовая опора, рис. 9,б – трехроlikовая).

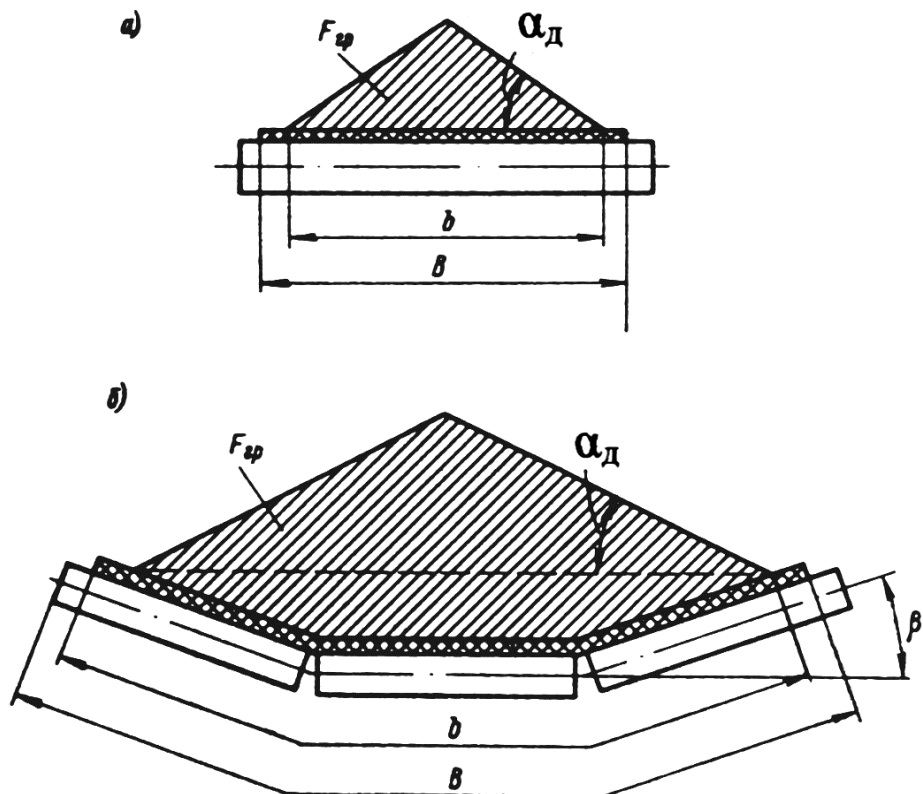


Рис. 9

Ширина насыпки принимается

$$b = 0,9B - 0,05, \quad (8)$$

где B – ширина ленты, м.

Теоретическую (расчетную) производительность можно определить по формуле

$$Q_p = K_p(0,9B - 0,05)^2 \rho v, \quad (9)$$

где K_p – коэффициент формы сечения (принимается по табл. 4 в зависимости от свойств транспортируемого материала и типа роlikоопор).

В общем случае мощность двигателя конвейера (кВт) можно определить по

Таблица 4

Показатели	Форма ленты									
	Плоская		Желобчатая на двухроlikо- вой опоре		Желобчатая на трехроlikо- вой опоре					
Угол наклона боковых роlikов β' , град.	–		15		20		30		36	
Угол естественного откоса груза α_0 , град.	15	20	15	20	15	20	15	20	15	20
Коэффициент K_p	240	325	450	535	470	550	550	625	585	655

формуле

$$N = \frac{W_0 \cdot v}{10^3 \cdot \eta_0}, \quad (10)$$

где W_0 – тяговое усилие, Н; v – скорость тягового элемента, м/с; η_0 – КПД передаточного механизма привода.

При этом для ленточного конвейера

$$W_0 = F_{нб} - F_{сб},$$

где $F_{нб}$ и $F_{сб}$ – натяжение ленты в точке набегания на приводной барабан и сбегания с приводного барабана, Н.

Условие отсутствия проскальзывания ленты по приводному барабану определяется выражением (уравнением Эйлера)

$$F_{нб} \leq F_{сб} \cdot e^{\mu \alpha},$$

где μ – коэффициент сцепления между лентой и барабаном; α – угол обхвата лентой приводного барабана, рад.

В местах перегрузки с одного конвейера на другой, чтобы избежать сильного разброса грузопотока, используют различные экраны и лотки. Для их правильного

расположения и профилирования необходимо знать траекторию свободного падения груза.

Отрыв груза от ленты и начало свободного падения происходит в такой точке, где центробежная сила, действующая на частицу груза, равна радиальной составляющей веса частицы.

Угол отрыва β_0 (рис. 10) может быть определен из выражения

$$\frac{P \cdot v^2}{g \cdot R} = P \cdot \cos \beta_0,$$

откуда

$$\cos \beta_0 = \frac{v^2}{gR}. \quad (11)$$

Свободное падение частицы происходит по параболе, уравнение которой в косоугольной системе координат $X'Y'$ можно составить из выражений:

$$x = vt; \quad y = \frac{gt^2}{2},$$

откуда

$$y = \frac{g}{2v^2} \cdot x^2.$$

Для частицы груза, расположенной в верху слоя толщиной h (рис. 11), аналогично может быть определен угол отрыва β_1 , если в предыдущих выражениях заменить значение v величиной $v \cdot (R+h)/R$.

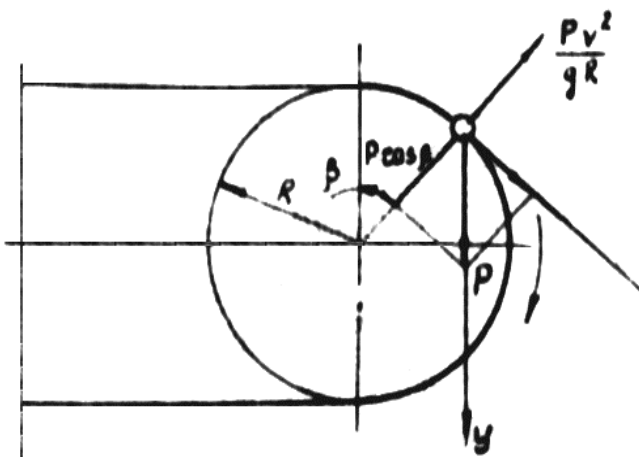


Рис. 10

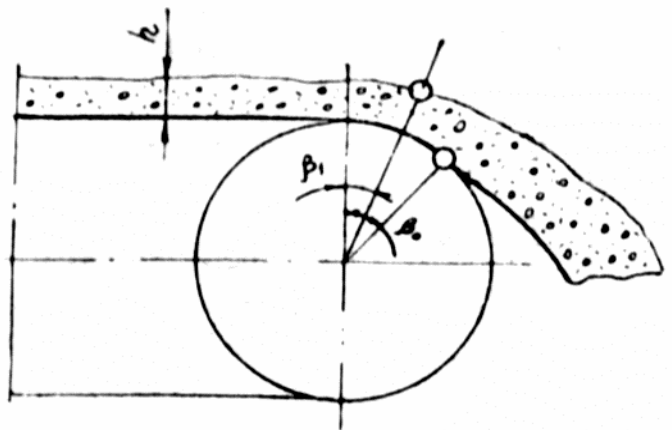


Рис. 11

В данной работе необходимо изучить конструкцию ленточного конвейера и его основных узлов, определить расчетную производительность, изучить условия ра-

боты привода без пробуксовки, построить траекторию падения струи груза с приводного барабана.

Работа выполняется на действующей установке - ленточном конвейере с приводом, встроенным в барабан.

3. Порядок выполнения работы

1. Изучение лабораторной установки.
2. Определение расчетной производительности конвейера.

Производительность определяется по формуле (9) с использованием табл. 4 для назначения коэффициента K_n , а также по формулам (6) и (7). При этом площадь поперечного сечения груза определяется насыпкой груза на ленту, с шириной насыпки по формуле (8), с последующим расчетом площади и использованием замеренных параметров (см. рис. 9).

Для определения скорости конвейера наносятся отметки на раме конвейера и на ленте, с помощью секундомера замеряется время одного оборота ленты. По этому времени и длине ленты определяется скорость конвейера.

Насыпная плотность груза принимается по результатам работы 1.

Площадь поперечного сечения груза определяется замером и расчетом. При этом нужно учитывать, что при однороликовых опорах площадь сечения груза имеет форму треугольника с основанием, равным ширине насыпки груза и углом наклона сторон, равным α_d . При трехроликовых опорах это сумма площадей трапеции, образованной наклонными боковыми роликами (нижнее основание – длина ролика), и треугольника, основание которого равно верхнему основанию трапеции (ширине насыпки груза в плане).

Результаты замеров и расчетов заносятся в таблицы по форме 8. Скорость конвейера принимается как среднее арифметическое значение по трем замерам.

Форма 8

Номера за- меров	Время оборота ленты t, c	Длина ленты $L, м$	Скорость конвейера $v, м/с$	Скорость конвейера средняя $v_{cp}, м/с$	Коэффици- ент K_n	Насып-ная плот-ность $\rho, т/м^3$	Расчетная производи- тельность $Q_p, т/ч$
1							
2							
3							

3. Изучение зависимости натяжения ленты на приводном барабане и способа определения мощности.

Последовательность выполнения замеров:

- снять натяжной груз;
- включить двигатель и замерить мощность холостого хода N_x ;
- создать сопротивление движению ленты и, увеличивая вес натяжного груза при включенном конвейере, добиться начала работы без пробуксовки.

При этом замеряется потребляемая мощность N и определяется вес натяжного груза.

Расчеты выполняются по расчетной схеме (рис. 12), где F_H – натяжное усилие; W – местное сопротивление движению (остальные сопротивления движению не учитываются).

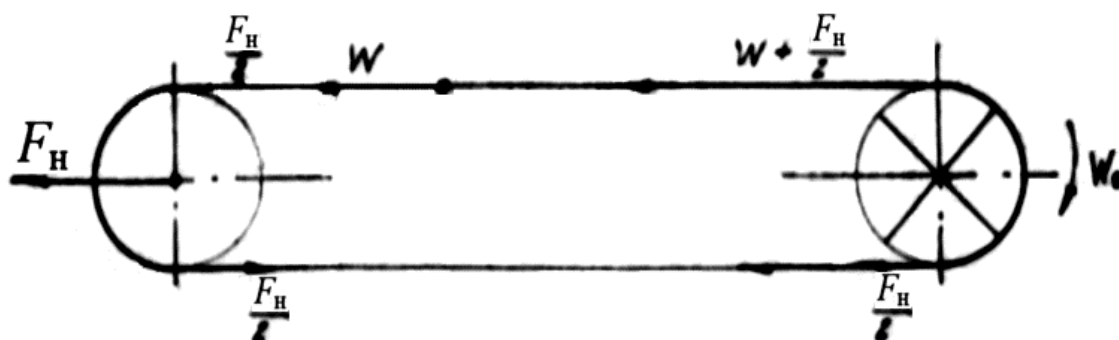


Рис. 12

Натяжное усилие можно определить по формуле

$$F_H = G_{гр} \cdot i_{пл} \cdot 1 / \eta_{пл}, \quad (12)$$

где $G_{гр}$ – вес груза, Н; $i_{пл}$ – кратность полиспаста; $\eta_{пл} = 0,9$ – КПД полиспаста.

Для расчетной ситуации можно условно принять, что

$$F_{нб} = F_{сб} \cdot e^{\mu\alpha},$$

или

$$W + \frac{F_H}{2} = \frac{F_H}{2} \cdot e^{\mu\alpha}.$$

При $\alpha = 180^\circ$ и $\mu = 0,3$ (стальной барабан при сухой атмосфере) $e^{\mu\alpha} = 2,56$.

Тогда

$$W + \frac{F_H}{2} = \frac{F_H}{2} \cdot 2,56; \quad W = 1,56 F_H.$$

На преодоление сопротивления движению затрачивается мощность

$$N_c = \frac{W_0 v}{10^3} = \frac{(F_{нб} - F_{сб}) v}{10^3} \approx \frac{W \cdot v}{10^3}.$$

Результаты замеров и расчетов заносятся в таблицу по форме 9.

Форма 9

Мощность холостого хода N_x , кВт	Работа без пробуксовки		Расчетное механическое сопротивление W , Н	Расчетная мощность, кВт		Сходимость результатов $A = \frac{N - N_p}{N} \cdot 100\%$
	натяжное усилие, F_H , Н	мощность N , кВт		на преодоление сопротивлений N_c	полная $N_p = N_x + N_c$	

4. Построение траектории падения груза с приводного барабана.

Определить углы отрыва груза β_0 и β_1 по формуле (11) с учетом разного значения скорости.

Определить координаты точек при изменении параметра t от 1 до 6 с.

Данные занести в таблицу по форме 10.

Форма 10

Время t , с	Нижняя граница слоя		Верхняя граница слоя	
	x	y	x	y

Построить траектории в масштабе 1:5.

4. Содержание отчета

1. Название, краткое описание цели и содержания работы.
2. Схема натяжного устройства конвейера.
3. Таблицы по формам 8...10 с результатами замеров и расчетов, с анализом сходимости полученных значений производительности и мощности.

Литература: [1], с. 129...131; [2], с. 106...113.

РАБОТА 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА СОПРОТИВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЮ ЛЕНТЫ ПО РОЛИКООПОРАМ

1. Цель работы

Изучение факторов, влияющих на величину коэффициента сопротивления движению ленты по роликоопорам конвейера.

2. Основные теоретические положения

Общее сопротивление движению ленты складывается из распределенных (на горизонтальных и наклонных прямолинейных участках) и сосредоточенных сопротивлений (на отклоняющих барабанах, роликовых батареях, загрузочных и разгрузочных устройствах, в местах очистки ленты).

Силы сопротивления при перемещении груза определяются величиной коэффициента сопротивления движению и в общем случае могут быть выражены формулой

$$W = q \cdot L \cdot \omega', \quad (13)$$

где q – вес груза на одном метре длины конвейера; L – длина конвейера; ω' – общий коэффициент сопротивления движению.

Отсюда видно, что общий коэффициент сопротивления движению представляет собой отношение сил сопротивления к весу перемещаемого груза.

Значения этого коэффициента не одинаковы для различных участков конвейера. Рассмотрим сопротивление движению на прямолинейном горизонтальном участке нагруженной ветви конвейера (рис 13).

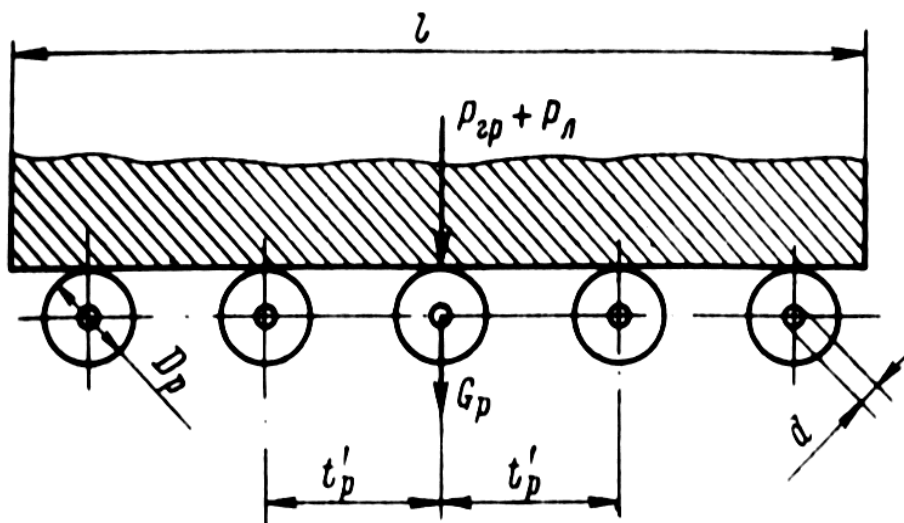


Рис. 13

При движении ленты по роликам приходится преодолевать сопротивления от трения в подшипниках роликов, трения качения роликов по ленте и перегибов ленты на роlikоопорах.

Общее сопротивление группы роликов можно определить по формуле

$$W = \frac{2M_0}{D_p}, \quad (14)$$

где M_0 – момент сопротивления вращению группы роликов; D_p – диаметр ролика.

Момент сопротивления вращению группы роликов определим следующим образом. Момент сопротивления вращению одного ролика

$$M'_0 = M_1 + M_2, \quad (15)$$

где M_1 – момент сопротивления вращению ролика в опорах; M_2 – момент сопротивления от качения ролика по ленте.

Эти моменты определяются из выражений

$$M_1 = (P_{zp} + P_l + G_p) \cdot \frac{d}{2} \cdot f; \quad (16)$$

$$M_2 = (P_{zp} + P_l) \cdot k, \quad (17)$$

где $P_{zp} + P_l$ – нагрузка на ролик от массы груза и ленты; d – диаметр цапфы ролика; f – коэффициент трения в подшипнике ролика, приведенный к диаметру цапфы; k – коэффициент трения качения ролика по ленте; G_p – вес вращающихся частей роlikоопоры.

Общий момент сопротивления группы роликов

$$M_0 = [\Sigma(P_{zp} + P_l) + \Sigma G_p] \frac{d}{2} f + \Sigma(P_{zp} + P_l) \cdot k, \quad (18)$$

причем

$$\Sigma(P_{zp} + P_l) = (q_z + q_l)l; \quad (19)$$

$$\Sigma G_p = q'_p l, \quad (20)$$

где q_z , q_l , q'_p – соответственно вес груза, ленты и вращающихся частей роlikоопор на одном метре конвейера; l – длина рассматриваемого участка.

Отсюда

$$M_0 = (q_z + q_l + q'_p)l \cdot \frac{d}{2} f + (q_z + q_l)l \cdot k, \quad (21)$$

а общее сопротивление

$$W \cong (q_z + q_l + q'_p) \cdot l \cdot \omega', \quad (22)$$

где

$$\omega' = \frac{fd + 2k}{D_p}. \quad (23)$$

В практике проектирования из-за трудности определения коэффициентов f и k , зависящих от множества факторов и меняющихся в зависимости от условий работы, потери в роликовых опорах учитываются коэффициентом сопротивления движению ω' , полученным экспериментально. Рекомендуемые его значения (по данным ВНИИПТМАШ) приведены в табл. 5.

Таблица 5

Режим работы	Роликоопоры	
	прямые	желобчатые
ВЛ, Л	0,018	0,020
С	0,022	0,025
Т, ВТ	0,035	0,040

При специфических условиях работы и нестандартных роликоопорах коэффициент сопротивления движению можно определить по формуле (23). Значения коэффициентов f и k принимаются по табл. 6.

Таблица 6

Режим работы	Коэффициент трения f в подшипниках		Коэффициент трения качения k , см
	качения	скольжения	
ВЛ, Л	0,010	0,1	0,06
С	0,025	0,2	0,08
Т, ВТ	0,045	0,25	0,10

Значение ω' можно определить экспериментально. Если ленту с грузом положить на ролики, закрепленные на раме, а затем эту раму наклонять в плоскости вращения роликов, то при определенном угле наклона лента с грузом начнет двигаться. Этот угол и будет характеризовать коэффициент сопротивления движению. Зависимость между углом наклона и коэффициентом можно вывести из следующего условия. Лента с грузом (рис. 14) начинает двигаться, когда

$$P'' > T, \quad (24)$$

где $P'' = P \cdot \sin \beta$ – касательная составляющая от веса груза и ленты;
 $T = P \cos \beta \omega'$ – сила сопротивления движению.

Отсюда условие движения

$$P \cdot \sin \beta \geq P \cdot \cos \beta \cdot \omega'; \quad (25)$$

$$\omega' \leq \operatorname{tg} \beta. \quad (26)$$

Значение этого коэффициента зависит от условий работы и диаметра роликов, а также величины нагрузки на ролик.

В данной работе необходимо экспериментально определить значение коэффициента сопротивления движению, а также исследовать влияние диаметра роликов и нагрузки на величину этого коэффициента.

Работа выполняется на установке, схема которой дана на рис. 15. Установка состоит из отрезка ленты 1, усиленной стальными полосами для увеличения ее жесткости, и двух роlikоопор 2 со сменными роликами 3. Роликоопоры установлены на поворотной раме 4, которая может изменять свое положение относительно стационарной рамы 7 с помощью винта 6 и маховика 5. Для остановки ленты служит упор 9.

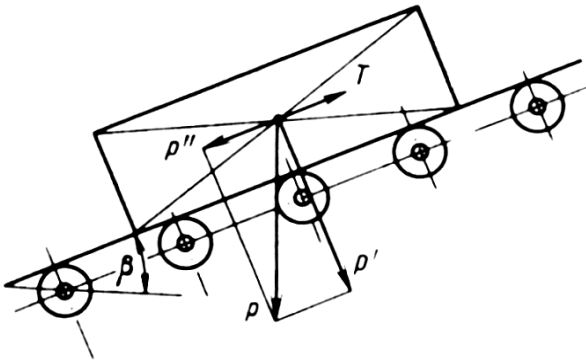


Рис. 14

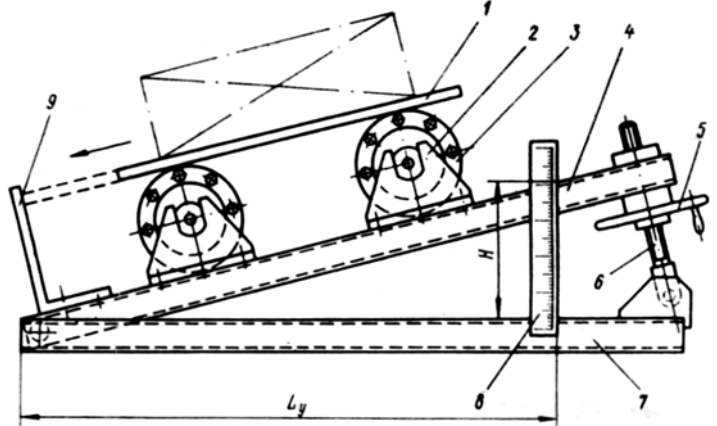


Рис. 15

3. Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с лабораторной установкой.

2. Определить расчетные значения коэффициента сопротивления движению, для чего воспользоваться формулой (23). Значения d и D_p определить замером, f и k – см. табл. 6. Режим работы в лаборатории – Л. Расчет провести для двух диаметров роликов. Все замеры и расчеты свести в таблицу по форме 11.

Форма 11

Параметр	D_p , см	d , см	f	k , см	ω'
Значения параметров					

3. Определить фактическое значение ω' на лабораторной установке. Для увеличения точности замерять не угол, а отношение высоты подъема рамы H (по линейке 8) к длине L_y , так как

$$\omega' = \operatorname{tg} \beta = \frac{H}{L_y}.$$

Замеры провести для двух диаметров роликов при различной нагрузке на ролик. Все замеры и расчеты свести в таблицу по форме 12.

Форма 12

Нагрузка на ролик P, H	Для ролика диаметром D'_p		Для ролика диаметром D''_p	
	$H, мм$	ω'	$H, мм$	ω'
0				
100				
200				
300				

Значение величины H принимается как среднее по результатам трех замеров.

4. Построить зависимость $\omega' = f(P)$ и дать анализ соответствия результатов по расчету и экспериментальному определению коэффициента ω' .

Сравнить эти значения с рекомендуемыми для данных условий (см. табл. 5).

4. Содержание отчета

1. Название, краткое описание цели и содержания работы.
2. Схема лабораторной установки и описание принципа ее действия.
3. Таблицы с результатами всех замеров и расчетов по формам 11 и 12.

Литература: [1], с. 69...71; [2], с. 62...65.

РАБОТА 5. ИЗУЧЕНИЕ КОВШОВОГО ЭЛЕВАТОРА

1. Цель работы

Изучение конструкции ковшового элеватора, его основных параметров, а также процессов загрузки и разгрузки.

2. Основные теоретические положения

Ковшовые элеваторы предназначены для вертикального и наклонного транспортирования преимущественно насыпных грузов. Грузы располагаются в ковшах, которые закреплены на тяговом органе – ленте или цепях. В данной работе предполагается изучение ленточного элеватора.

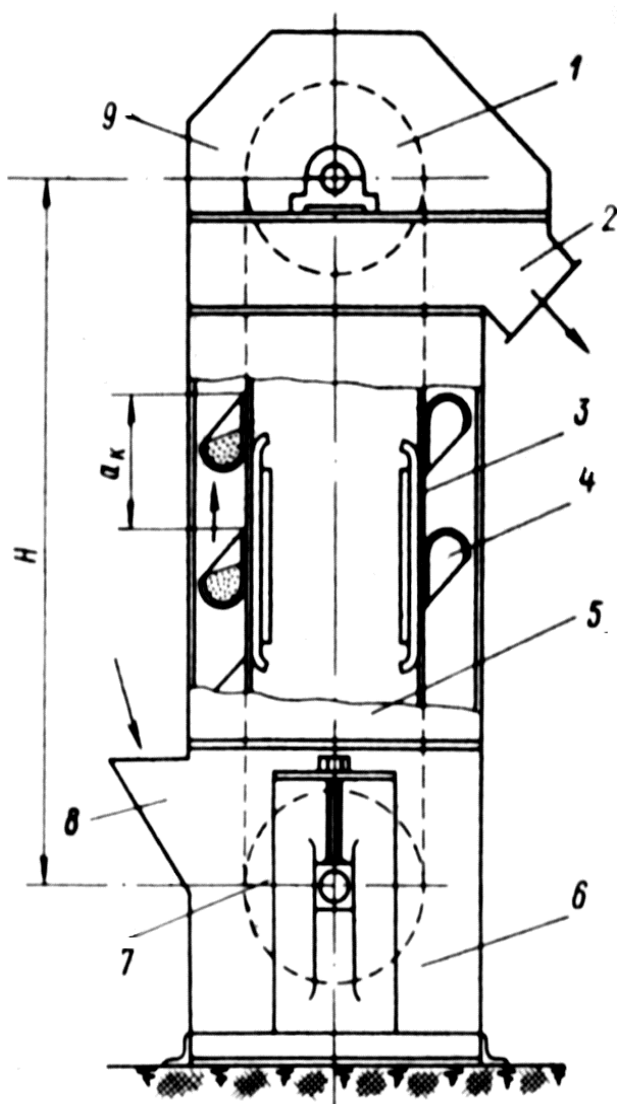


Рис. 16

Ленточный элеватор (рис. 16) состоит из приводного барабана 1, натяжного барабана 7 и ленты 3 с закрепленными на ней ковшами 4. Несущей и одновременно защитной конструкцией элеватора является кожух, который состоит из верхней части – головки 9, нижней части – башмака 6 и средних вставок 5 длиной обычно 2...2,5 м. Все части кожуха соединяются между собой болтами. В верхней части устанавливаются опоры вала приводного барабана и разгрузочный патрубок 2, в нижней – загрузочная воронка 8 и натяжное устройство.

Привод элеватора производится от короткозамкнутого электродвигателя через упругую втулочно-пальцевую муфту и стандартный редуктор. Для предотвращения обратного движения ленты с груженными ковшами при отключении привода последний оборудуется тормозом или остановом.

Натяжное устройство – винтового типа с ходом натяжки $(0,03...0,05)H$, где H – высота подъема элеватора (расстояние между осями приводного и натяжного барабанов).

По расположению ковшей на

ленте различают элеваторы с расставленными ковшами, когда $\alpha_k > h$ (обычно $\alpha_k = (2...3)h$, где α_k – шаг установки ковшей; h – высота ковша), и элеваторы с сомкнутыми ковшами, когда $\alpha_k \approx h$.

ГОСТ 2036-82 для ленточных элеваторов предусматривает основные типы ковшей:

- глубокие со скругленным дном для сухих легкосыпучих грузов – тип Г (рис. 17, а);
- мелкие со скругленным дном для влажных и слеживающихся грузов – тип М (рис. 17, б);
- с бортовыми направляющими и остроугольным дном для хорошо сыпучих грузов на тихоходных элеваторах – тип О (рис. 17, в).

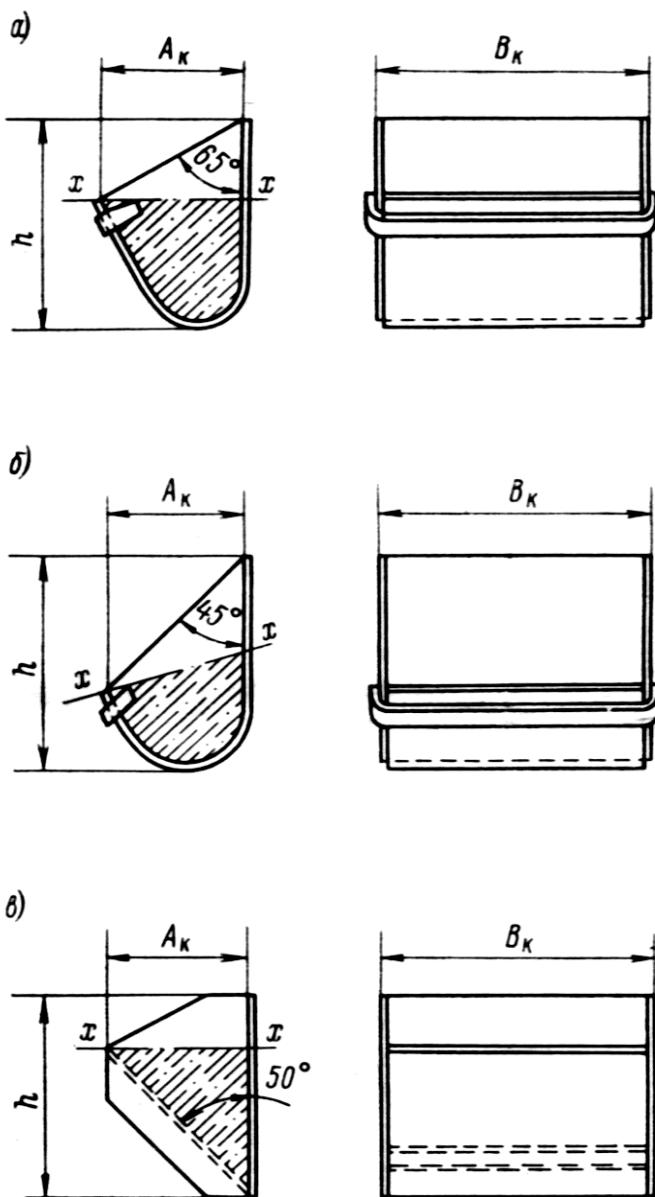


Рис. 17

Основными параметрами ковша являются: ширина B_k , вылет (зев) A_k , высота h и емкость i_0 . Производительность элеватора определяется уравнением

$$Q_p = 3,6 \frac{i_0 \cdot \psi}{\alpha_k} \cdot \rho \cdot v, \quad (27)$$

где ψ – коэффициент заполнения ковшей (обычно принимают $\psi = 0,6...0,85$ в зависимости от типа ковша, скорости тягового органа и характера сыпучего груза); ρ – насыпная плотность груза, т/м³; v – скорость транспортирования, м/с.

Величины α_k и i_0 в формуле (27) принимают соответственно в метрах и литрах.

Загрузка ковшей производится зачерпыванием (мелкозернистые неабразивные грузы, быстроходные элеваторы) или засыпанием груза в ковши (абразивные кусковые грузы, тихоходные элеваторы). Применяется центробежная, самотечная направленная и самотечная свободная разгрузка ковшей.

Центробежная разгрузка (рис. 18, а) возможна в быстроходных элеваторах ($v = 1...4$ м/с) с расставленными ковшами при транспортировании легкосыпучих грузов крупностью частиц до

60...100 мм. Шаг ковшей в этом случае выбирается такой, чтобы выброшенный из ковша груз не попадал на идущий впереди ковш.

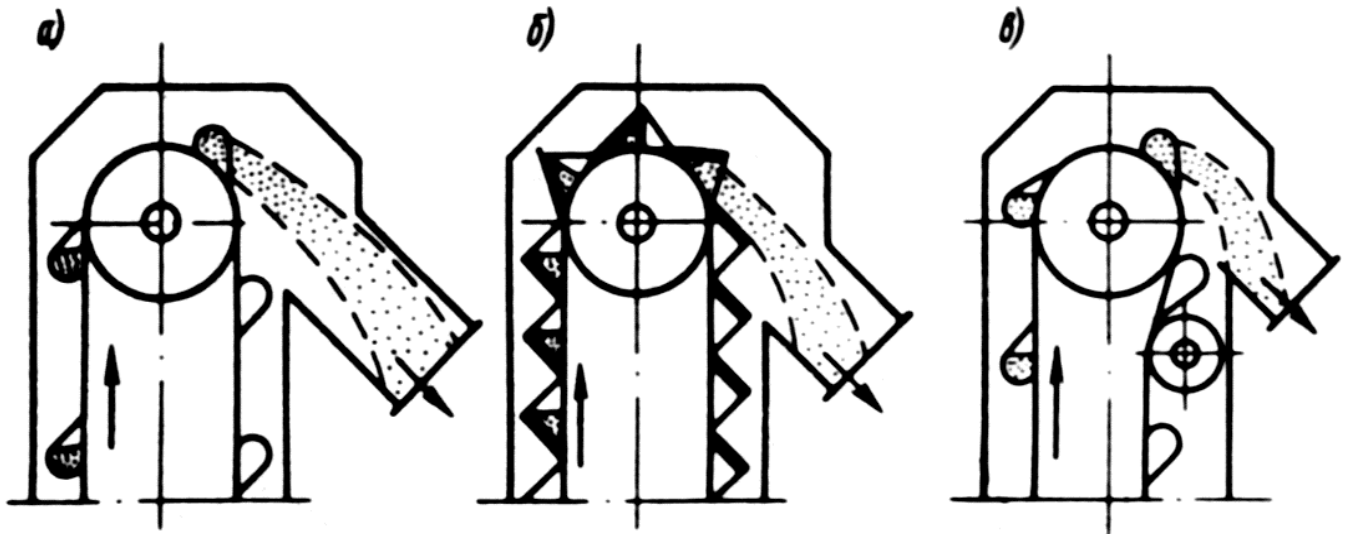


Рис. 18

Самотечная направленная разгрузка (рис. 18,б) применяется на тихоходных элеваторах ($v = 0,4...0,5$ м/с) при использовании остроугольных ковшей с бортовыми направляющими. Насыпной груз под действием силы тяжести высыпается из ковша на заднюю стенку впереди идущего ковша и по ней, как по лотку, скатывается в разгрузочный патрубок.

Самотечная свободная разгрузка (рис. 18,в) применяется на тихоходных элеваторах ($v = 0,6...0,8$ м/с) при использовании мелких ковшей со скругленным дном. Ее применяют при транспортировании плохо сыпучих, пылевидных и влажных грузов.

Возможность использования того или иного способа разгрузки ковшей определяется соотношением скорости транспортирования груза (частоты вращения приводного барабана) и диаметра приводного барабана. На восходящей ветви элеватора ковш движется прямолинейно и равномерно, и груз в нем находится только под действием силы тяжести (рис. 19,а)

$$P = mg,$$

где m – масса груза; g – ускорение силы тяжести.

На барабане ковш начинает поворачиваться, и на груз действует центробежная сила

$$F = m \cdot \frac{v_0^2}{r},$$

где v_0 – скорость движения центра тяжести груза; r – радиус вращения.

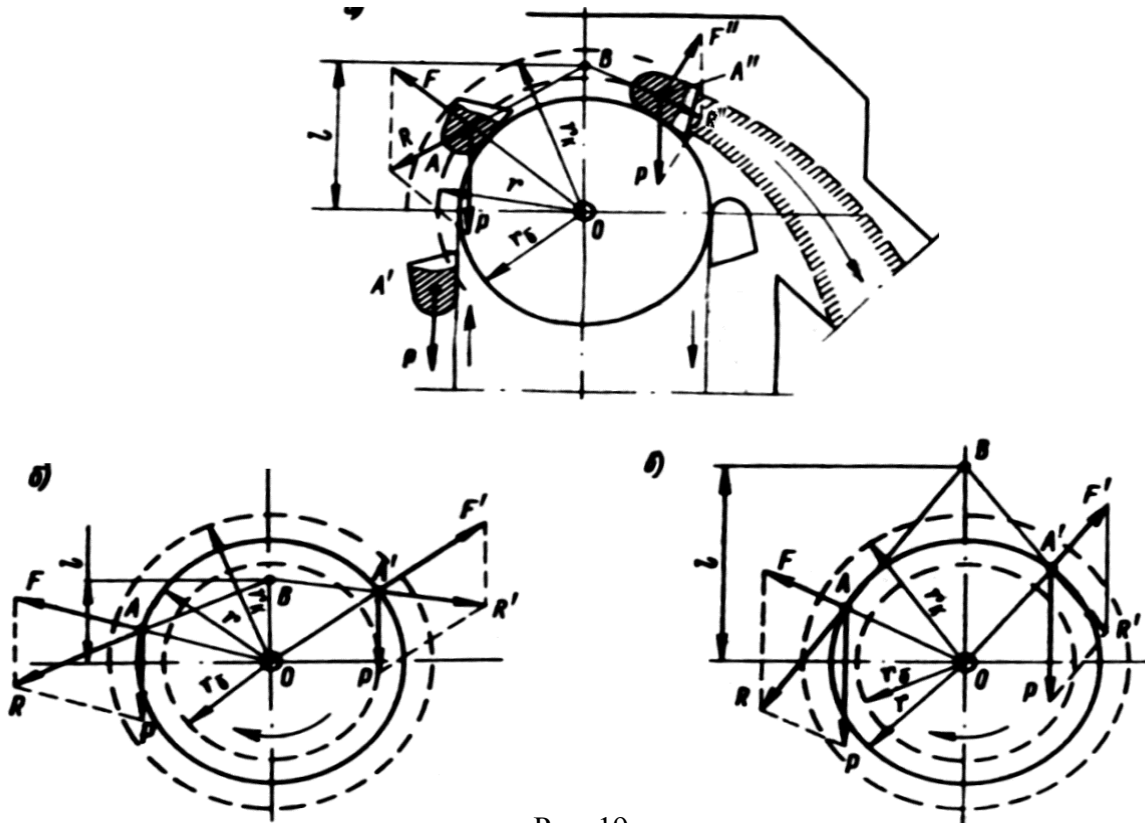


Рис. 19

Равнодействующая центробежной силы и силы тяжести груза меняется по направлению, но точка B пересечения продолжения вектора R с вертикальной осью, проходящей через центр барабана, остается неизменной и называется полюсом; расстояние l от точки B до центра барабана называют полюсным расстоянием. Величину его можно вычислить из подобия треугольников ABO и AFR :

$$\frac{l}{r} = \frac{P}{F} = \frac{mg}{m(v_o^2 / r)},$$

откуда

$$l = gr^2/v_o^2.$$

Подставив значение

$$v_o = \pi r n / 30,$$

где n – частота вращения приводного вала в минуту, получим

$$l = 895/n^2. \quad (28)$$

Величина полюсного расстояния зависит только от частоты вращения барабана. С увеличением n она уменьшается и сила F возрастает.

При $l \leq r_6$, где r_6 – радиус барабана, происходит центробежная разгрузка (рис. 19,б). При этом $F > P$.

При $l > r_k$, где r_k – радиус окружности, проходящей через наружные кромки ковшей, происходит самотечная разгрузка ($F < P$).

При $r_6 < l < r_k$ наблюдается смешанный способ разгрузки ковшей.

В данной работе необходимо изучить конструкцию элеватора и его основных узлов, определить производительность элеватора, исследовать процесс его разгрузки.

Работа проводится на действующей модели элеватора (см. рис. 16), работающего в замкнутом цикле. При этом груз, поднимаемый элеватором, после разгрузки вновь попадает по наклонному желобу в загрузочное устройство.

3. Порядок выполнения работы

1. Изучить конструкцию элеватора, ознакомиться с его общим устройством, механизмами и узлами. Дать схему элеватора, эскизы ковша и узла крепления ковша к ленте.

2. Определить производительность элеватора. Расчетную производительность можно определить по формуле (27), задавшись коэффициентом заполнения ковшей. Для этого нужно измерить емкость ковша i_0 , шаг установки ковшей a_k , определить насыпную массу груза ρ и скорость транспортирования. Для определения скорости необходимо измерить частоту вращения приводного барабана и его диаметр. Для большей точности замеры всех величин производить не менее трех раз. Результаты замеров и расчетов свести в таблицу по форме 13.

Фактическую производительность элеватора можно определить следующим образом. Включить элеватор в работу, заполнить грузом его ковши и остановить. Вывести разгрузочный патрубок в специальную пустую емкость. Включить элеватор на время t , и после отключения взвесить груз в емкости. Фактическая производительность

$$Q_\phi = 3,6 \frac{G_{gp}}{t} / g, \quad (29)$$

где G_{gp} – вес груза в емкости, Н; t – время работы элеватора, с.

Форма 13

Емкость i_0 ковшей, л	Шаг ков- шей a_k , м	Диаметр барабана D_b , м	Частота вращения барабана n , мин ⁻¹	Ско- рость ленты v , м/с	Насып- ная мас- са груза ρ , т/м ³	Коэффи- циент за- полнения ковшей, ψ	Расчетная производи- тельность Q_p , т/ч

Поскольку основной причиной расхождения расчетной и фактической производительности в данном случае может быть только коэффициент заполнения ковшей, то его можно определить по формуле

$$\psi_\phi = \frac{Q_\phi \cdot \psi}{Q_p}, \quad (30)$$

где Q_p и ψ – соответственно расчетная производительность и расчетное значение коэффициента заполнения ковшей (принимается из таблицы по форме 13).

Все данные по расчету фактической производительности и замерам свести в таблицу по форме 14, Q_{ϕ} определить как среднее по результатам трех замеров.

Форма 14

Номера замеров	Вес груза в емкости $G_{гр}, Н$	Время включения элеватора $t, с$	Фактическая производительность $Q_{\phi}, т/ч$	Фактический коэффициент заполнения ковшей ψ_{ϕ}
1				
2				
3				

3. Исследовать процесс разгрузки элеватора. Для двух режимов с разными скоростями замерить частоту вращения двигателя, определить частоту вращения приводного барабана, предварительно вычислив передаточное число привода, и по формуле (28) найти полюсные расстояния. Сравнивая величину полюсного расстояния с радиусом приводного барабана, определить способ разгрузки для данных скоростных режимов. Результаты расчетов свести в таблицу по форме 15.

По результатам расчетов полюсного расстояния построить с соблюдением масштаба схемы, аналогичные рис. 19,а и 19,б для режимов I и II.

Форма 15

Режим работы	Частота вращения двигателя $N_d, мин^{-1}$	Передаточное число привода	Частота вращения барабана $n, мин^{-1}$	Полюсное расстояние $l, м$	Способ разгрузки
I					
II					

4. Содержание отчета

1. Название, краткое изложение цели и содержания работы.
 2. Схема элеватора, эскиз ковша и узла крепления ковша к ленте.
 3. Определение фактической и расчетной производительности элеватора с данными, сведенными в таблицы по формам 13 и 14.
 4. Определение способа разгрузки (форма 15).
 5. Схемы приводного барабана с положением полюса.
- Литература: [1], с. 248...259.

РАБОТА 6. ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВИБРАЦИОННОГО КОНВЕЙЕРА

1. Цель работы

Изучение конструкции вибрационного конвейера, методики определения режимов его работы и исследование основных параметров.

2. Основные теоретические положения

Вибрационный конвейер представляет собой открытый желоб или трубу с опорой на неподвижной раме. Желобу сообщают переменное-возвратное движение, отчего груз в желобе совершает короткие перемещения с определенной скоростью под действием сил инерции, причем у вибрационного конвейера вертикальная составляющая ускорения желоба больше ускорения силы тяжести груза, вследствие чего груз отрывается от желоба и перемещается микробросками.

Конструктивно вибрационный конвейер (рис. 20) состоит из грузонесущего органа 1, упругих опорных стоек 2, привода 3 и рамы 4. Конвейер, используемый для лабораторной работы, имеет механизм 5 винтового типа для изменения угла наклона и бункер 6 с затвором для равномерной загрузки конвейера.

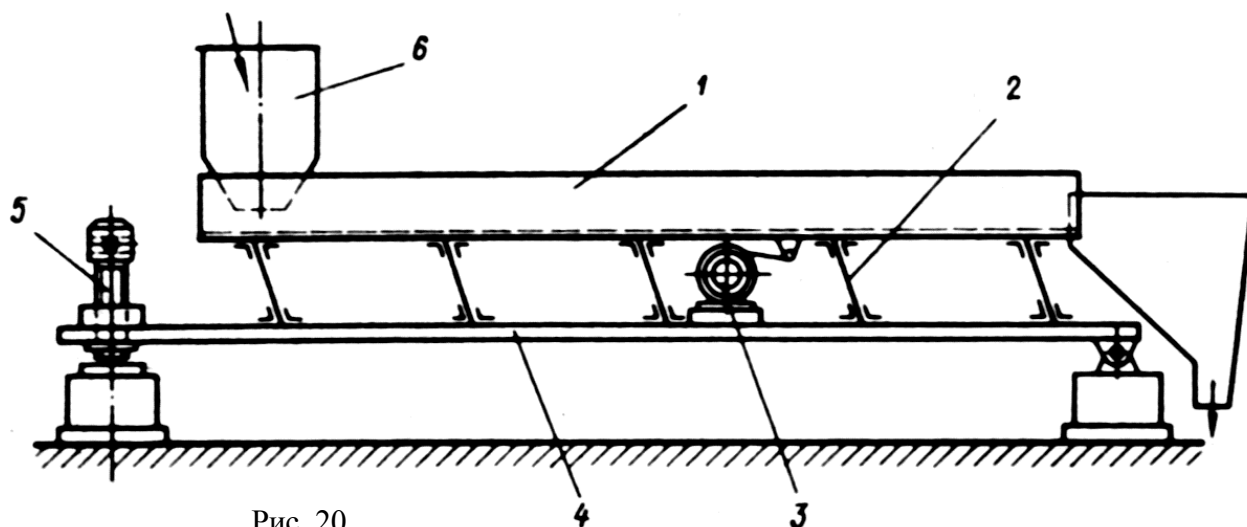


Рис. 20

Характер движения груза на вибрационном конвейере определяется коэффициентом режима работы, который можно определить по расчетной схеме на рис. 21.

Если несущая плоскость получит ускорение $J_{жс}$, направленное к ней под углом α , то частицы начнут перемещаться. При этом нормальное давление частицы груза на плоскость

$$N = mg \cos \beta \pm m J_y, \quad (31)$$

где $mg \cdot \cos \beta$ – нормальная составляющая веса груза; mj_y – вертикальная составляющая силы инерции.

Составляющая силы инерции, которая отрывает груз, направлена по оси y ,

$$j_y = -j_{ж} \cdot \sin \alpha = -a \cdot \omega^2 \cdot \sin \varphi \cdot \sin \alpha, \quad (32)$$

а давление груза на плоскость:

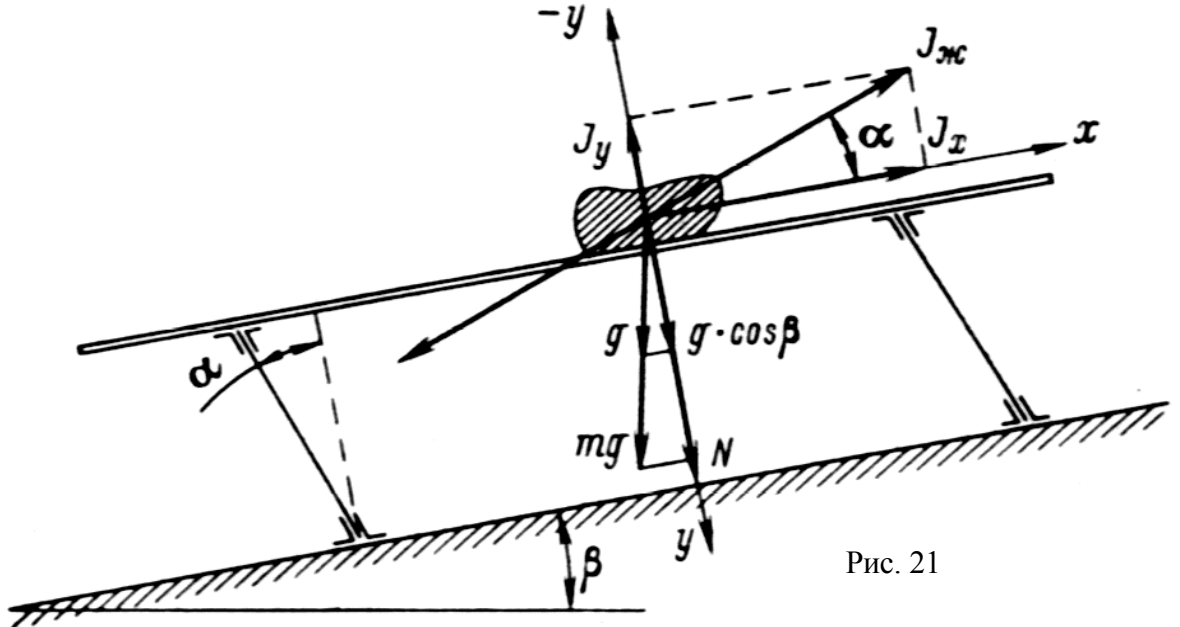


Рис. 21

$$N = m(g \cdot \cos \beta - a \omega^2 \cdot \sin \varphi \cdot \sin \alpha), \quad (33)$$

где m – масса частицы; a – амплитуда колебаний системы; $\varphi = \omega t$ – фазовый угол колебаний; α – угол направления колебаний; β – угол наклона конвейера.

Частоту колебаний можно определить по формуле

$$\omega = \pi n / 30, \quad (34)$$

где n – частота вращения приводного вала конвейера, мин^{-1} .

Соотношение между величинами в правой части уравнения (33) характеризует давление груза на плоскость.

При
 $g \cos \beta > a \omega^2 \sin \varphi \cdot \sin \alpha$

суммарное давление направлено вниз, груз находится на дне желоба. При обратном соотношении груз стремится оторваться от дна. Угол φ меняется от 0 до 360° , а величина $\sin \varphi$ имеет максимальное значение при $\varphi = 90^\circ$.

Отношение максимальной величины нормальной составляющей ускорения желоба к нормальной составляющей силы тяжести и называют коэффициентом режима работы:

$$A = \frac{a \omega^2 \cdot \sin \alpha}{g \cdot \cos \beta}, \quad (35)$$

Для вибрационных конвейеров назначают $1,2 < A < 3,5$.

Скорость транспортирования груза на виброконвейере определяют по формуле Баумана

$$v = (k_1 \pm k_2 \cdot \sin \beta) a \cdot \omega \cdot \cos \alpha \sqrt{1 - \frac{1}{A^2}}, \quad (36)$$

где k_1 и k_2 - эмпирические коэффициенты, зависящие от физико-механических свойств груза (табл. 7).

Таблица 7

Крупность частиц транспортируемого груза, мм	Коэффициенты	
	k_1	k_2
5...200	0,9...1,1	1,5...2,0
0,5...5	0,8...1,0	1,6...2,5
0,1...0,5	0,4...0,5	1,8...3,0
Менее 0,1	0,2...0,5	2,0...5,0

Как видно из таблицы, коэффициенты k_1 и k_2 зависят в основном от крупности частиц.

Знак «-» перед коэффициентом k_2 в формуле (36) ставят при работе конвейера на подъем груза, знак «+» - на спуск.

Для горизонтального конвейера

$$v = k_1 a \omega \cdot \cos \alpha \sqrt{1 - \frac{1}{A^2}}. \quad (37)$$

Производительность конвейера

$$Q_p = 3600 F_0 \psi \rho \cdot v, \quad (38)$$

где F_0 - площадь сечения желоба, м^2 ; ψ - коэффициент заполнения желоба (для открытого желоба $\psi = 0,6...0,9$, для труб $\psi = 0,5...0,6$).

Мощность привода короткого ($L < 10$ м) виброконвейера

$$N = \frac{C \cdot Q_p}{10^3 \cdot \eta_0} \left(k_3 L + \frac{H}{0,367} \right); \quad (39)$$

длинного ($L > 10$ м) -

$$N = \frac{C \cdot Q_p}{10^3 \cdot \eta_0} \left[10 k_3 + (L - 10) k_4 + \frac{H}{0,367} \right], \quad (40)$$

где C - коэффициент транспортабельности груза (для зернистых и кусковых грузов $C = 1$, для порошкообразных $C = 1,5$, для пылевидных $C = 2$); η_0 - КПД механизма привода ($\eta_0 = 0,95...0,97$); H - высота подъема груза (при наклонном транспор-

тировании), м; k_3 и k_4 – коэффициенты удельной затраты мощности при транспортировании 1 т груза на длину 1 м, Вт (табл. 8).

Таблица 8

Конструкция конвейера	Расчетная производительность, т/ч	Коэффициенты, Вт/т·м	
		k_3	k_4
Подвесные, одномассные	5...50	6...7	–
	Более 50	5...5,5	–
Опорные, одномассные	5...50	7...10	5...6
	Более 50	5...6	3,5...4

В данной работе необходимо изучить конструкцию вибрационного конвейера и его основных узлов, определить экспериментально режимы работы при различных углах наклона конвейера, скорость транспортирования, производительность, а также расчетное значение мощности привода конвейера.

Работа проводится на действующей модели вибрационного конвейера (см. рис. 20).

3. Порядок выполнения работы

1. Изучить конструкцию конвейера. Сделать эскизы поперечного сечения желоба и опорной конструкции несущего органа. Замерить и указать на эскизах основные размеры (ширину, высоту и площадь сечения желоба, угол наклона опорных стоек α). Изобразить кинематическую схему привода конвейера, замерив и указав на ней амплитуду колебаний желоба.

2. Определить режим работы для трех положений конвейера ($\beta=0^\circ$, $\beta=3^\circ$, $\beta=6^\circ$) по формуле (35). Частоту колебаний определить по формуле (34), замерив тахометром частоту вращения приводного вала. Все замеры и расчеты свести в таблицу по форме 16.

Форма 16

Параметры	Угол направления колебаний α , град.	Амплитуда колебаний a , м	Частота вращения приводного вала n , мин ⁻¹	Частота колебаний ω , с ⁻¹	Угол наклона конвейера β , град.	Коэффициент режима работы A
Значения параметров					0	
					3	
					6	

3. Определить скорость транспортирования груза. Фактическая скорость определяется секундомером путем замера времени прохождения частицей мерного участка длиной 1 м. Для частиц различной формы время прохождения замеряется три раза, так как форма частиц влияет на скорость транспортирования. Расчетная скорость

определяется по формулам (36) и (37). Все замеры и расчеты свести в таблицу по формам 17 и 18. Сделать анализ причин расхождения расчетной и фактической скоростей. Построить зависимость $v_{\phi} = f(\beta)$.

Форма 17

Параметры	Угол наклона конвейера β , град	Время прохождения частицей мерного участка ($L=1$ м), с				Фактическая скорость v_{ϕ} , м/с
		t_1	t_2	t_3	t_{cp}	
Значения параметров	0					
	3					
	6					

4. Определить фактическую производительность конвейера, для чего засыпать его желоб ровным слоем на всю длину, придерживаясь расчетного значения коэффициента заполнения. Включить конвейер и разгрузить его в емкость, зафиксировав секундомером время работы конвейера. Взвесить материал в емкости. Производительность определить по формуле

$$Q_{\phi} = 3,6 \frac{G_{gp}}{t} / g, \quad (41)$$

где Q_{gp} – вес груза в емкости, Н; t – время работы конвейера, с.

Форма 18

Параметры	Амплитуда колебаний α , м	Частота вращения приводного вала n , мин ⁻¹	Эмпирические коэффициенты		Угол наклона конвейера β , град	Коэффициент режима работы A	Расчетная скорость v , м/с
			k_1	k_2			
Значения параметров					0		
					3		
					6		

Замеры производить в трех положениях конвейера ($\beta=0^0$, $\beta=3^0$ и $\beta=6^0$). Результат брать как среднее по трем замерам. Все замеры и расчеты свести в таблицу по форме 19.

По формуле (38) определить расчетное значение производительности. Данные по расчету свести в таблицу по форме 20. Расчет производить для угла наклона конвейера $\beta=0^0$.

Форма 19

Параметры	Угол на- клона конвейе- ра β , град	Время работы конвейера, с				Вес груза в емкости, Н				Фактиче- ская произ- водитель- ность Q_{ϕ} , т/ч
		t_1	t_2	t_3	t_{cp}	$G_{гр}^I$	$G_{гр}^{II}$	$G_{гр}^{III}$	$G_{гр}$	
Значения параметров	0									
	3									
	6									

Построить зависимость $Q_{\phi} = f(\beta)$. Дать анализ возможных причин расхождения расчетной и фактической производительности конвейера.

Определить расчетное значение мощности привода по формуле (39). Сравнить полученное значение с мощностью установленного на конвейере привода.

Форма 20

Параметры	Площадь се- чения жело- ба F_0 , м ²	Коэффици- ент заполне- ния желоба ψ	Насыпная масса ρ , т/м ³	Расчетная скорость v , м/с	Расчетная про- изводитель- ность Q_p , т/ч
Значения параметров					

4. Содержание отчета

1. Название, краткое описание цели и содержания работы.
 2. Схема конвейера и эскизы грузонесущего органа и опорной конструкции с размерами.
 3. Кинематическая схема привода.
 4. Все таблицы с результатами замеров и расчетов по формам 16...20.
 5. Построение зависимости $Q_{\phi} = f(\beta)$.
- Литература: [1], с. 305...321.

СОДЕРЖАНИЕ

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ	3
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	4
РАБОТА 1. ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НАСЫПНЫХ ГРУЗОВ.....	5
РАБОТА 2. ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ КОНВЕЙЕРНЫХ ЛЕНТ И ТЯГОВЫХ ЦЕПЕЙ.....	13
РАБОТА 3. ИЗУЧЕНИЕ ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА	20
РАБОТА 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА СОПРОТИВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЮ ЛЕНТЫ ПО РОЛИКООПОРАМ.....	27
РАБОТА 5. ИЗУЧЕНИЕ КОВШОВОГО ЭЛЕВАТОРА	32
РАБОТА 6. ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВИБРАЦИОННОГО КОНВЕЙЕРА.....	38