Содержание

Введение

1. Вопросы контрольной работы

2. Пример решения контрольной работы

3 .Вопросы к контрольной работе

4. Критерии оценки контрольной работы

5. Структура билета экзаменационной работы

6. Пример ответа на экзаменационный билет

7. Вопросы к экзамену по дисциплине КМА ПРТСР

8. Критерии оценки экзаменационнго билета

Введение

Методические указания для самостоятельной подготовки студентов специальности «Подъемно – транспортные машины» к написанию контрольной работы и экзамену по дисциплине «Комплексная механизация и автомотизация погрузочно – разгрузочных, транспортных и складских работ» (КМА ПРТСР). Данное пособие содержит структуру и примеры заданий к самостоятельной и экзаменационной работе, примеры ответов для подготовки к их выполнению, ссылки на литературу и методические разработки кафедры.

**Практическая работа №1**

**Определение производительности транспортно-перегрузочного комплекса и комплектующего оборудования.**

**Цель работы** – изучение методики определения производительности транспортного оборудования циклического и непрерывного действия, комплектующего поточно-транспортную линию (систему) для условий открытых горных разработок.

**Форма занятий** – изучение общей методики и последовательности выполнения расчётной работы, выполнение расчета по индивидуальному заданию, защита работы.

**Последовательность занятия.**

1. Коллективно рассматривается общая методика выполнения расчета. Излагает преподаватель(15 мин).

2. Для заданного варианта студентом выполняется индивидуальное задание(60 мин).

3. Защита практической работы(10 мин). Студенты, не защитившие работу в указанное время, защищают работу на консультации.

**Перечень знаний, навыков, формируемых в процессе выполнения работы:**

- приобретение навыков разработки поточно-транспортных линий для промышленных предприятий;

- приобретение навыков выбора оборудования, комплектующего поточно-транспортную линию;

- освоение методов расчёта.

**Перечень контрольных вопросов.**

1. Как определяется производительность транспортной машины цикличного действия?

2. Как определяется производительность транспортной машины непрерывного действия?

3. Что такое цикл и как определяется время цикла?

4. Чему равна эксплуатационная годовая производительность?

5. Как меняется производительность поточно-транспортной линии и оборудования в целом при установке аккумулирующего приёмного бункера?

6. Как определяется эксплуатационная производительность комплекса по узлу перегрузки?

**Задание на самостоятельную работу.**

Самостоятельная работа выполняется по индивидуальному заданию, выдаваемому студенту.

В самостоятельной работе необходимо определить: теоретическую и эксплуатационную производительность комплекса для заданной схемы;

сравнить как меняются технические параметры при установке приёмного бункера(поз.2) и без него.

**Перечень рекомендуемых источников.**

1 Андреев, В.А. Транспортные машины и автоматизированные комплексы открытых разработок/В.А. Андреев, В.А. Дьяков, Е.Е.Шешко.-М.:Недра,1975.-452с. -ISBN-000-000-000-0.

2 Спиваковский, А.О. Транспортные машины и комплексы открытых горных разработок/А.О. Спиваковский, Потапов М.Г.-М.:Недра,1985.-430с. -ISBN-000-000-000-0.

3 Гущин, В.М. Транспортна логiстика i автоматизацiя вантажо-розвантажувальних робiт / В.М. Гущин, О.В. Гущин, Учбовий посiбник.-Краматорськ:ДДМА,2009.-73с.

4 Гущин, В.М. Комплексна механiзацiя i автоматизацiя вантажо-розвантажувальних робiт / В.М. Гущин. Конспект лекцiй.-Краматорськ:ДДМА,2012.-82с.

5 Гущин, В.М. Комплексна механiзацiя i автоматизацiя вантажо-розвантажувальних робiт / В.М. Гущин. Методичнi вказiвки.-Краматорськ:ДДМА,2012.-28с.

**Практическая работа №2,3**

**Определение основных параметров склада бункерного типа.**

**Цель работы** – изучение методики расчёта и определение основных параметров склада бункерного типа, предназначенного для кратковременного и длительного хранения насыпных грузов.

**Форма занятий** – изучение общей методики и последовательности выполнения расчётной работы, выполнение расчета по индивидуальному заданию, защита работы.

**Последовательность занятия.**

1. Коллективно рассматривается общая методика выполнения расчета. Излагает преподаватель(15 мин).

2. Для заданного варианта студентом выполняется индивидуальное задание(60 мин).

3. Защита практической работы(10 мин). Студенты, не защитившие работу в указанное время, защищают работу на консультации.

**Перечень знаний, навыков, формируемых в процессе выполнения работы:**

- освоение методов расчёта складов бункерного типа для сыпучих материалов;

- приобретение навыков расчётчика;

- приобретение навыков самостоятельной работы.

**Перечень контрольных вопросов.**

1. Какие исходные данные для проектирования бункера?

2. Что такое нормальное истечение сыпучего материала из выпускного отверстия бункера?

3. Что такое гидравлическое истечение сыпучего материала из выпускного отверстия бункера?

4. Какова скорость истечения сыпучего материала при нормальном истечении?

5. Какова скорость истечения сыпучего материала при гидравлическом истечении?

6. Как определяются размеры выпускного отверстия?

7. Схема к определению геометрических размеров бункера.

8. Как осуществляется статический расчёт на днище бункера?

9. Как осуществляется статический расчёт на стенки бункера?

**Задание на самостоятельную работу.**

Самостоятельная работа выполняется по индивидуальному заданию, выдаваемому студенту.

В самостоятельной работе необходимо выполнить: выбрать форму бункера, определить способ истечения сыпучего материала из бункера, определить размеры выпускного отверстия бункера, определить геометрическую ёмкость бункера.

**Перечень рекомендуемых источников.**

1 Зенков, Р.Л. Машины непрерывного транспорта / Р.Л. Зенков, И.И. Ивашков, Л.Н. Колобов-М.:Машиностроение, 1980.-304с.-ISBN-000-000-000-0.

2 Зенков, Р.Л. Бункерные устройства / Р.Л. Зенков, Г.П. Гриневич, В.С. Исаев.-М.:Машиностроение, 1977.-247с. -ISBN-000-000-000-0.

3 Гущин, В.М. Транспортна логiстика i автоматизацiя вантажо-розвантажувальних робiт / В.М. Гущин, О.В. Гущин, Учбовий посiбник.-Краматорськ:ДДМА,2009.-73с.

4 Гущин, В.М. Комплексна механiзацiя i автоматизацiя вантажо-розвантажувальних робiт / В.М. Гущин. Конспект лекцiй.-Краматорськ:ДДМА,2012.-82с.

5 Гущин, В.М. Комплексна механiзацiя i автоматизацiя вантажо-розвантажувальних робiт / В.М. Гущин. Методичнi вказiвки.-Краматорськ:ДДМА,2012.-28с.

**Практическая работа №4**

**Расчёт пневмотранспортной установки нагнетательного типа.**

**Цель работы** – изучение методики расчёта и определение основных параметров пневмотранспортной установки нагнетательного типа, предназначенной для подачи сыпучих материалов из бункеров хранения к технологическим бункерам потребления.

**Форма занятий** – изучение общей методики и последовательности выполнения расчётной работы, выполнение расчета по индивидуальному заданию, защита работы.

**Последовательность занятия.**

1. Коллективно рассматривается общая методика выполнения расчета. Излагает преподаватель(15 мин).

2. Для заданного варианта студентом выполняется индивидуальное задание(60 мин).

3. Защита практической работы(10 мин). Студенты, не защитившие работу в указанное время, защищают работу на консультации.

**Перечень знаний, навыков, формируемых в процессе выполнения работы:**

- освоение методов расчёта пневмотранспортных установок;

- приобретение навыков самостоятельной работы.

**Перечень контрольных вопросов.**

1. Классификация пневмотранспортных установок по способу создания разности давлений.

2. Классификация пневмотранспортных установок по режимам движений аэросмесей.

3. Общее устройство и устройство основных элементов установок нагнетательного и всасывающего типов.

4. Основные параметры пневмотранспортных установок нагнетательного типа.

5. Определение основных параметров пневмотранспортных установок нагнетательного типа.

**Задание на самостоятельную работу.**

Самостоятельная работа выполняется по индивидуальному заданию, выдаваемому преподавателем.

В самостоятельной работе необходимо выполнить: расчёт пневмотранспортной установки с определением следующих основных параметров – скорости витания одиночной частицы, массовой концентрации аэросмеси, транспортной скорости воздушного потока, приведенной длины трубопровода, диаметр трубопровода и расход воздуха, общие потери давления.

**Перечень рекомендуемых источников.**

1 Волошин, А.И. Механика пневмотранспортирование сыпучих материалов / В.И. Волошин, Б.В. Пономарёв.-К.:Наук. думка,2001.-519с.-ISBN966-000-0539-5.

2 Смолдырев, А.Е. Трубопроводный транспорт / А.Е. Смолдырев.-М.:Недра,1980.-293с.-ISBN-000-000-000-0.

3 Гущин, В.М. Транспортна логiстика i автоматизацiя вантажо-розвантажувальних робiт / В.М. Гущин, О.В. Гущин, Учбовий посiбник.-Краматорськ:ДДМА,2009.-73с.

4 Гущин, В.М. Комплексна механiзацiя i автоматизацiя вантажо-розвантажувальних робiт / В.М. Гущин. Конспект лекцiй.-Краматорськ:ДДМА,2012.-82с.

5 Гущин, В.М. Комплексна механiзацiя i автоматизацiя вантажо-розвантажувальних робiт / В.М. Гущин. Методичнi вказiвки.-Краматорськ:ДДМА,2012.-28с.

практическая работа №1

**определение производительности транспортно-перегрузочного комплекса и комплектующего его оборудования**

**Цель работы** – изучить методику определения производительности оборудования циклического и непрерывного действия, комплектующего поточно-транспортную систему (линию), и его взаимной увязки.

# основные положения

Техническая производительность машин циклического действия:

 [т/ч],

где  – масса, т;

 – время цикла, с,

 [с],

где  – время загрузки, с;

 – время подъёма, с;

 – время перемещения, с;

 – время движения крана, с;

 – время разгрузки, с;

 – время рабочего хода, с;

 – время обратного холостого хода, с.

Техническая производительность машин непрерывного действия:

 [т/ч],

где  – интенсивность равномерно распределённой нагрузки, кг/м;

 – скорость перемещения, м/с.

Формула для увязки объёмной и массовой производительности:

 [т/ч],

где  – плотность транспортируемого груза, т/м3;

 – объёмная производительность, м3/ч.

Формула для увязки массовой и штучной производительности:

 [т/ч],

где  – штучная производительность, шт/ч.

Штучная производительность:

 [шт/ч],

где  – количество грузов, шт;

 – шаг грузов, м.

Эксплуатационная производительность:

 [т/см],

где  – продолжительность смены, ч;

 – коэффициент использования по грузоподъёмности;

 – коэффициент использования по времени;

;

,

где  – продолжительность простоев, ч;

 – коэффициент надёжности,

для машин циклического действия ;

для машин непрерывного действия .

.

Производительность эксплуатационная годовая:

 [т/год],

где  – количество смен в сутки;

 – эффективный фонд рабочего времени, дней;

 [дней],

где  – количество дней календарных, праздничных, ремонтных, простоев, выходных.

# пример выполнения

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

141

151

1 – экскаватор; 2 – грузовик; 3 – приёмный бункер; 4 – дозирующий бункер;

5 – ленточный конвейер; 6 – бункер; 7 – крутонаклонный конвейер; 8 – бункер;

9 – железнодорожный транспорт; 10 – опрокидыватель; 11 – приёмный бункер;

12 – ленточный конвейер; 13 – бункер; 14 – ленточный конвейер; 15 – склад

Рисунок 1.1 – Транспортно-технологическая схема доставки полезного ископаемого от забоя к пункту потребления

Определить:

 – ?;  – ?.

Исходные данные:

 т;  т/м3;  мин;  мин-1.

Производительность ленточного конвейера при отсутствии промежуточного бункера:

 т/ч.

Средняя производительность конвейера (с промежуточным бункером) при номинальном режиме роботы:

 т/ч.

Максимальная вместимость бункера:

 т.

Принимаем вместимость бункера  т.

Необходимый объём бункера:

 м3.

Коэффициент использования по времени:

.

Сменная эксплуатационная производительность комплекса по узлу перегрузки:

 т/см.

практическая работа №2

**разработка схемы грузопотоков промышленного предприятия**

**Цель работы** – ознакомиться с общими принципами и определениями промышленных предприятий, научиться составлять схемы грузопотоков промышленного предприятия на примере грузопотоков машиностроительного предприятия.

# основные положения

## Классификация грузов по данным ВНИИПТМАШа

Классификация грузов позволяет унифицировать механиза­цию ПРТС (погрузочно-разгрузочных, транспортных, складских) работ с различными по физическим и другим свой­ствам, но близкими по транспортно-складской характеристике грузами, что обеспечивает оптимальное осуществление техни­ко-экономических показателей технологии, механизации и орга­низации подъёмно-транспортных работ.

Согласно классификации грузов, разработанной ВНИИПТМАШ, все грузы разделяются на 4 группы:

1. Тарно-упаковочные и штучные.
2. Металлы и металличе­ские изделия.
3. Лесные грузы. Показатель “средняя плотность” для грузов 1, 2 и 3 групп характеризует их габариты (чем мень­ше средняя плотность, тем больше габариты или вместимость и наоборот).
4. Насыпные грузы.

Для выполнения расчётов с помощью ЭВМ принята шести­значная цифровая классификация грузов. Первая цифра (0) обозначает группу грузов: тарно-упаковочные и штучные – 1, металлы и металлоизделия – 2, лесные – 3, насыпные – 4. Вто­рая цифра (0.0) указывает вид упаковки для грузов 1-й группы, род и габариты грузов 2-, 3- и 4-й групп; третья цифра (0.00) – среднюю плотность. Для грузов первых трёх групп четвёртая и пятая цифры обозначают массу груза, причём, если масса нахо­дится в пределах 250 кг, четвёртая цифра (0.000) показывает код массы в килограммах, а пятой цифрой (0.0000) является 1. Если же масса больше 250 кг, то четвертой цифрой будет – 9, а пятой – код массы груза в тоннах.

Для грузов 4-й группы четвертая цифра обозначает угол естественного откоса в градусах, пятая – степень влажности. Шестая цифра (0.00000) для всех групп обозначает прочие свой­ства грузов.

По степени влажности грузы разделяются на четыре группы: сухие – содержащие влагу, химически связанную с веществом груза; естественной влажности – содержащие гидроскопическую влагу (впитанную частицами из окружающего воздуха); повышенной влажности (сырые) – содержащие влагу в виде плёнок на поверхности частиц груза (молекулярную влагу); очень влажные (мокрые) – содержащие свободную влагу, за­полняющую некоторую долю пор между частицами груза (гра­витационную влагу).

Примеры классификации:

Автомашина «Волга» (в ящике), масса 2700 кг. Средняя плотность 1,06 т/м3 – 1.46951.

Барий хлористый в деревянных сухотарных бочках: масса 250 кг, средняя плотность 3 т/м3, надпись «осторожно – яд» – 1.38814.

Швеллеры профиля № 10: длина 12...14 м, масса 130...150 кг, средняя плотность в укладке 2,5 т/м3 – 2.48711.

Лес пиленый: толщина свыше 25 мм, масса доски 30 кг, средняя плотность в укладке 0,4 – 3.74211.

Кокс естественной влажности: крупность кусков 10...25 мм, средняя плотность 0,48...0,5 т/м3, угол естественного откоса – 35° – 4.34526.

## Транспортные свойства грузов

Различают следующие транспортные свойства грузов: фор­ма, удельный вес, габариты, слёживаемость, смерзаемость, на­липание, вязкость и др.

Форма груза может быть различной: круглой, плоской, пикообразной и т. д. Удельный вес груза характеризует массу на единицу объема. Масса – вес штучных грузов (от миллиграммов до сотен и тысяч тонн).

Габариты штучных грузов должны быть такими, чтобы мож­но было перевозить их на транспортных средствах – автомоби­лях, вагонах, трейлерах, судах, самолетах. Особо крупные гру­зы перевозятся на специальных мощных транспортных платфор­мах, перемещаемых мощными тягачами или цугом несколькими грузовыми автомобилями.

Для перевозки громоздких грузов введены понятия: габарит подвижного состава и габарит приближения строения. Эти габа­риты – условные контуры, начерченные в вертикальной плос­кости перпендикулярно направлению дороги (железной, автомо­бильной). Габарит приближения строения имеет большие размеры, чем габарит подвижного состава. Между этими габарита­ми имеется воздушный зазор, обеспечивающий безопасность движения транспортных средств на мостах или других объектах (строениях), расположенных вблизи дороги.

На железных дорогах различают первую, вторую, третью и четвертую негабаритности грузов. По разрешению руководства железной дороги негабаритные грузы могут провозиться по осо­бым правилам (чтобы не допустить их наездов на строения, рас­положенные около дороги).

Слёживаемость сыпучих грузов возникает в результате виб­рации вагонов, которые покоятся на стальных рессорах и всё время колеблются. Вследствие этого многие сыпучие грузы слёживаются во время транспортировки.

Разгрузка таких грузов происходит медленнее. Часть грузов в саморазгружающихся вагонах остается на стенках, хребтовых и поперечных балках. Для разгрузки слежавшихся грузов при­меняют накладные вибраторы, устанавливаемые на стенки по­лувагонов. Вибрации этих машин способствуют очистке вагонов от остатков грузов.

В зимнее и осеннее время года некоторые влажные грузы смерзаются. Если смерзание коснулось лишь грузов, располо­женных около стенок вагонов, то такие грузы могут быть выгружены при помощи накладных вибраторов. Если грузы смерзаются в монолиты, то их выгрузка возможна лишь при оттаи­вании в тепляках.

Технология ПРТС работ при мёрзлых, слежавшихся, нали­пающих и вязких грузах более трудоёмка и требует примене­ния накладных вибраторов, специальных машин, оборудованных бурами, тепляков и др.

## Грузопотоки промышленных предприятий

Грузовой единицей называют штучный груз, перемещаемый отдельно или совместно с другими грузами в отдельной упаков­ке. Штучным грузом может быть станок, машина, контейнер, пакет, и т. д. Грузовые единицы (штучные грузы) перемещаются погрузочно-разгрузочными машинами во время погрузки или разгрузки с транспортных средств. Сумма грузовых единиц, пе­ремещённая в единицу времени, составляет грузопоток.

Перемещение груза осуществляется на трёх стадиях грузо­потока: захват его грузозахватным устройством погрузочно-разгрузочной машины и погрузка на транспортное средство, транс­портирование из одного пункта в другой и разгрузка. Разгрузка совершается разгрузочной машиной, которая перемещается до места складирования.

На плане предприятия грузопоток показывается в виде ли­нии или полосы. На рис. 2.1 дана схема внешних грузопотоков прибытия и отправления грузов машиностроительного завода [1]. Ширина полосы указывает мощность грузопотока в тоннах (в сутки или год). Чем шире полоса, тем больший объём груза перемещается из одного пункта (погрузочного) в другой (раз­грузочный). Длина грузопотока определяется расстоянием меж­ду погрузочными и разгрузочными пунктами (цехами, склада­ми). Для большей наглядности грузопотоки обозначены различ­ной штриховкой (или окраской), соответствующей тому или ино­му роду груза; направление движения грузов показывают стрелками в местах входа и выхода груза из цеха или склада, а при большем количестве грузопотоков – на всем их протя­жении.

На рис. 2.1 цифрами показаны количества тонн грузов в сутки грузопотоков готовой продукции, металла, отливок и полуфаб­рикатов, деталей и узлов, масла и химикатов, пило- и стройматериалов, кузнечных заготовок и разных штучных грузов.

Различают следующие грузопотоки: штучных, сыпучих, жид­ких и газообразных грузов. Жидкие и газообразные грузопото­ки перемещаются при помощи трубопроводов или в специальных ёмкостях (цистернах, баллонах). Место расположения грузопо­токов – железнодорожные и шоссейные дороги, трубопроводы, расположенные на колоннах или под землёй. Грузы перево­зятся видами транспорта (вагоны, автомобили и т. д.) и подъемно-транспортными, погрузочно-разгрузочными и складскими ма­шинами. Грузопотоки бывают ручными, частично механизиро­ванными, механизированными, частично автоматизированными и автоматическими. При ручном грузопотоке все стадии его – погрузка, транспортирование и разгрузка осуществляются вруч­ную. Если одна или две из стадий механизированы, то такой грузопоток частично механизирован. При механизации всех стадий грузопоток полностью механизирован; при автоматизации одной или двух стадий грузопоток частично автоматизирован; если все стадии автоматизированы, – грузопоток полностью ав­томатизирован.

Показатели состояния механизации ПРТС работ: уровень и степень механизации, коэффициент перевалок, трудоёмкость.

1. Уровень механизации – отношение в % суммы

Объёмы грузопотоков составляют от граммометров в час до тысяч тонн метров в час или тысяч тонн километров в час.

Грузопотоки распространены до технологических агрега­тов или складов. Технологические агрегаты обрабатывают их, превращают в полезную продукцию.

Разделение труда требует большей специализации технологи­ческих операций. Количество технологических операций систе­матически увеличивается, вследствие чего появляются новые мелкие и мельчайшие грузопотоки, требующие наличия ПРТС машин. Без ПРТС машин и грузопотоков невозможно современное производство. Внутризаводской транспорт пронизывает про­изводство. Он играет роль “кровеносной системы предприя­тия” и входит в него в виде части производственного процесса. Без внутризаводского транспорта нельзя осуществлять механи­зацию и автоматизацию производства. Для улучшения работы транспорта ввели пакетизацию, конвейеризацию и систему под­донов, которые укрупнили грузовую единицу. Кроме того, грузовая единица, помещенная в таре (пакете, на поддоне, в контейнере), более транспортабельна. Погрузка и разгрузка грузовой единицы обходятся при этом дешевле.

Для облегчения перегрузки контейнеров применяют ходовые ролики, позволяющие легче перемещать эти агрегаты по полу склада. Такие контейнеры с роликами называют контрейлерами.

Для освобождения пакета от поддонов применяют термоуса­дочную плёнку, образующую форму пакета. Этот пакет могут “взять” вилы вилочного погрузчика или крана-штабелёра.

На складах организуются накопительные ёмкости, позволяю­щие создавать запасы грузов, идущих далее на переработку. Они обеспечивают работу технологических машин в случае перебоев работы транспорта.

К накопительным ёмкостям (грузоприёмным устройствам) для сыпучих грузов относят воронки приёмные, лотки транспор­тёрные одинарные, двойные; эстакады балочные, ящичные, ба­лочные с туннелями; траншеи с крановой, скреперной, тельферно-грейферной разгрузкой; бункеры ячейковые двойные, одинарные, эстакадные, колосниковые одинарные, щелевые двой­ные, ступенчатые двойные и многие другие. Применяются также ёмкости для сыпучих грузов, выгружаемых из автомобилей. Крупные, с большими объёмами ём­кости для сыпучих грузов называют элеваторами, силосами. Вы­сота элеваторов для зерна пшеницы и других злаков достигает 30 и более метров.

Для складирования сыпучих грузов под открытым небом соз­дают склады для руды, угля, щебенки и т. п. На этих складах груз хранится в штабелях. Погрузка и разгрузка складов осу­ществляются обычно мостовыми, козловыми и перегрузочными кранами.

Складирование штучных грузов осуществляется на откры­тых и закрытых складах. Эти склады можно разделить на меха­низированные, частично автоматизированные, автоматические, немеханизированные. Первые три типа складов оборудуются погрузочно-разгрузочными и специальными складскими машина­ми. Автоматические склады стали развиваться в последние го­ды. Они применяются в гибких производственных системах (ГПС).

Минимизация количества ПРТС операций в производствен­ном процессе существенно необходима. Чем меньше ПРТС опе­раций, тем меньше требуется подъемно-транспортных машин и рабочих, производственный процесс становится более экономич­ным.

Для того чтобы получить минимум ПРТС операций, проек­тируются транспортно-технологические схемы производственных процессов. Варианты схем, которые имеют меньшие количества ПРТС операций, обычно более экономичны.

Для уменьшения количества ПРТС операций в последние годы стали применяться металлорежущие станки – обрабаты­вающие центры. У этих станков имеются магазины металлоре­жущих инструментов, при помощи которых производится боль­шое количество технологических операций: точение, фрезерование, сверление и т. п. Один станок может превратить заготовку (отливку, поковку) в готовую деталь. В этом станке ПРТС опе­рации (перемещение обрабатываемой детали и инструментов) совершаются самим обрабатывающим центром. Поэтому здесь сокращаются производственные площади (вместо нескольких станков – один), расстояния перемещения обрабатываемого из­делия, время перемещения и стоимость его обработки.

При проектировании трасс грузопотоков стремятся их спрям­лять, уменьшать расстояния и количества перевалок грузов. Эти меры позволяют снизить издержки средств на ПРТС работы.

# пример выполнения

Цех

ТО

Склад металло-конструкций

Отходы

Склад готовой продукции

Мартенов-ский цех

КПЦ

ФЛЦ

Механи-ческий цех

Механо-сборочный цех

Склад покупных изделий

ЦМК

2

ЦМК

1

20

7,2

8,1

3,8

2,4

3,1

6,4

1,2

7

7,9

6,5

4,5

4

1,3

1,5

3

3,2

6,5

4,8

0,6

4,8

11,8

8,2

5

– металлы – детали и узлы покупные

– полуфабрикаты и отливки – масла и химикаты

– заготовки, фасонные отливки – термообработанные детали

– детали, узлы, сборочные единицы – различные штучные грузы

– металлолом – готовая продукция

– кузнечные заготовки и детали, подлежащие термообработке

– прокат

Рисунок 2.1 – Схема внешне- и внутризаводского грузопотока машиностроительного завода

практическая работа №3

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ СКЛАДА БУНКЕРНОГО ТИПА**

**Цель работы** – изучение методики расчета и определение основных параметров склада бункерного типа, предназначенного для кратковременного и дли­тельного хранения насыпных грузов.

# Основные положения

Бункеры, силосы и специальные силосы-резервуары являются основными хранилищами сыпучих грузов. Они широко применяются в производственных технологических процессах и поточно-транспортных линиях доставки в виде приёмных, перегрузочных устройств. Аккумулирующие установки служат для хранения насыпных грузов и снабжены устройствами для загрузки и разгрузки ёмкостей, весоизмерительными устройствами и т.д. Уравнительные бункеры являются промежуточными ёмкостями дня насыпных грузов, обеспечивающими стабильную работу транспортной системи при неравномерной работе её звеньев или при сочетании в одной поточно-транспортной линии машин непрерывного и периодического действия (например, циклично-поточная технология ведения черных работ). Технологические установки служат для временного хранения сыпучих промежуточных продуктов производства (например, ёмкости: для хранения формовочных песков в литейном производстве; храпение кальцинированной соды как промежуточного продукта в химии и т. д.).

Бункерные устройства состоят из собственно бункеров (силосов). Загрузочных и разгрузочных устройств, побудителей истечения плохосыпучих материалов, затворов, питателей, приборов автоматизации и контроля.

По форме бункера разделяются на прямоугольные, круглые и корытообразные. Прямоугольные бункеры, имеющие форму пирамиды или обелиска, носят название прямоугольных или обелисковых. Круглые бункеры делятся да конические и цилиндрические. Корытообразные по форме сечения можно разделить на призматические и пирамидальные. Особую группу составляют щелевые бункеры, получившие своё наименование по форме разгрузочного отверстия в виде длинной щели. Щелевые бункеры по форме делятся на симметричные и асимметричные.

# Исходные данные для проектирования бункеров

Исходные данные:

* + тип хранящегося насыпного груза;
  + вместимость бункера;
  + основные физико-механические свойства хранимых насыпных грузов (гранулометрический состав, степень однородности, насыпная плотность, угол естественного откоса в состоянии покоя, угол откоса в движении, степень уплотнения, влажность, коэффициенты внешнего и внутреннего трения, возможны ещё неко­торые данные для каждого конкретного случая);
  + производительность при загрузке подвижного состава;
  + производительность загружаемой поточно-транспортной линии или системы.

# Общая методика и последовательность определения основных параметров бункера

При расчете бункера определяются: геометрическая ёмкость буккера, размеры выпускных отверстий, угол наклона боковой грани бункера, гидравлические радиус выпускного отверстия, скорость истечения насыпного груза из выпускного отверстия бункера, производительность истечения, пропускная способность (про­изводительность) выпускного отверстия из условий обеспечения загрузки под­вижного состава, геометрические размеры бункера, расчет давлений на стенки и днище бункера, прочности расчет стенок и днища бункера.

## Определение геометрической ёмкости склада

Геометрическая ёмкость бункера определяется:

 [м3],

где  – требуемая грузовая ёмкость бункера, м3;

 – коэффициент заполнения объема бункера, .

а) б)

а) – при нормальном истечения; б) – при гидравлическом истечении

Рисунок 3.1 – Схемы формирования каналов течения

Величина коэффициента истечения определяется опытным путем для каждого типа насыпного груза. При отсутствии опытных данных можно воспользоваться зависимостью

,

где  – угол естественного откоса материала в состоянии покоя, град.

Гидравлический радиус – это есть отношение площади выпускного отверстия к его периметру .

При гидравлическом истечении (рис. 3.2) скорость истечения определяется:

 [м·с-1],

где  – коэффициент истечения;

 – ускорение сила тяжести, м·с-2;

 – высота слоя материала в бункере, м.

B

B0

H2

H1

α

Рисунок 3.2 – Геометрические параметры бункера

Производительность истечения:

* + при нормальном истечении

;

* + при гидравлическом истечении

,

где  – скорость истечения насыпного груза из выпускного отверстия при нормальном или гидравлическом истечении, м·с-1;

 – площадь поперечного сечения выпускного отверстия, м2;

 – коэффициент истечения материала;

 – насыпная плотность материала, т·м-3;

 – гидравлический радиус выпускного отверстия;

 – ускорение силы тяжести, м-с-2;

 – высота слоя материала в бункере, м.

## Определение размеров выпускных отверстий бункера

Минимальный диаметр круглого выпускного отверстия в зависимости от физико-механических свойств хранимых насыпных грузов:

 [мм],

где  – опытный коэффициент;

 – максимальный размер куска, мм;

 – угол естественного откоса материала в покое, град.

Величина коэффициента  определяется опытным путем и в предварительных расчётах может быть принятой  для сортированных материалов и  для рядовых насыпных грузов.

В случае квадратной формы выпускного отверстия минимальная сторона квадрата .

Гидравлический радиус выпускного отверстия, исходя из условия отсутствия сводообразования:

 [мм],

где  – коэффициент, учитывающий степень однородности насыпного груза ( для однородных грузов);

 – коэффициент внешнего трения материала;

 – максимальный размер куска, мм.

## Скорость истечения насыпного груза, производительность истечения

Скорость истечения хорошо сыпучих материалов при нормальном истечении (рис. 3.1):

 [м·с-1],

где  – коэффициент истечения;

 – ускорение сипы тяжести, м·с-2;

 – гидравлический радиус выпускного отверстия.

## Определение производительности выпускного отверстия из условий необходимых объемов погрузки

Производительность выпускного отверстия буккера из условия погрузки подвижного состава:

 [м3·ч-1],

где  – объём погрузки, м3;

 – допустимая длительность погрузки подвижного состава, мин;

 – коэффициент, учитывающий дополнительные затраты времени на технологические нужды.

Площадь поперечного сечения выпускного отверстия из условий загрузки подвижного состава:

 [м2],

где  – производительность по условию загрузки подвижного состава;

 – скорость истечения насыпного груза, м·с-1.

Сторона квадрата при квадратном сечении выпускного отверстия:

 [м],

Фактическое значение гидравлического радиуса выпускного отверстия

 [м],

где  – площадь квадрата, м2,

 – периметр, м.

## Проверка правильности выбора размеров выпускного отверстия

Размеры выпускного отверстия определяются из двух условий:

## отсутствия сводообразования при истечении сыпучих материалов;

## обеспечения загрузки подвижного состава.

Сравнение фактического полученного значения гидравлического радиуса, исходя из условия загрузки подвижного состава, и гидравлического радиуса по теоретической производительности истечения показывает правильность определения геометрических размеров выпускного отверстия .

## Определение геометрических размеров бункера

Геометрические размеры бункера определяется е зависимости от типа бункера и его конструктивных особенностей.

Для бункера, представленного на рис. 3.3, вместимость пирамидальной части

 [м3],

где  – сторона квадрата, м;

 – угол наклона боковой грани, град.

B0

B

H2

H1

α

β

a)

б)

PСТ

max

PB

PДН

max

а) – на стенки бункера, б) – на затвор выпускного отверстия (днище)

Рисунок 3.3 – Эпюры давлений насыпного груза

Высота пирамидальной части

 [м],

где  – геометрическая ёмкость бункера, м3.

Общая высота бункера

 [м].

Высота пирамидальной части бункера:

 [м],

где  – размер выпускного отверстия бункера, м;

 – угол наклона боковой грани, град.

## Расчёт давлений на стенки и днище бункера

Расчет давлений на стенки и днище бункера выполняется исходя из основ­ных положений механики сыпучих тел [1].

Статическое давление сыпучих материалов на вертикальную стенку бункера:

 [Па],

где  – насыпная плотность материала, т·м-3;

 – высота вертикальной части бункера, м;

 – коэффициент динамичности, .

Максимальное давление сыпучего материала на стенку бункера в момент начала движения материала с учетом возникновения пассивных давлений:

 [Па],

или

 [Па],

где  – высота слоя материала над рассматриваемым сечением, м;

 – коэффициент бокового давления;

,  – углы наклона днища, град.

Максимальное статическое давление на днище бункера (затвор):

 [Па].

Максимальное динамическое давление на днище бункера (затвор) в начальный момент движения материала:

 [Па].

# пример расчёта

Исходные данные:

* + тип хранящегося насыпного груза: цемент;
  + плотность  т·м-3;
  + производительность  т/ч;
  + дальность транспортировки 180 м;
  + высота подъёма 20 м;
  + количество колен 4;
  + количество переключателей 3.

## Определение геометрической ёмкости бункера

Геометрическая ёмкость

 м3,

где  – требуемая грузовая ёмкость бункера; принимаем  м3;

 – коэффициент заполнения объема бункера, .

Коэффициент истечения

,

где  – угол естественного откоса материала в состоянии покоя; для цемента .

Скорость истечения при гидравлическом истечении:

 м·с-1,

где  – коэффициент истечения;

 – ускорение сила тяжести, м·с-2;

 – высота слоя материала в бункере, м.

Минимальный диаметр круглого выпускного отверстия:

 мм,

где  – опытный коэффициент;

 – максимальный размер куска, для цемента принимаем  мм;

 – угол естественного откоса материала в покое, град.

Гидравлический радиус выпускного отверстия:

 мм,

где  – коэффициент, учитывающий степень однородности насыпного груза ( для цемента);

 – коэффициент внешнего трения материала, ;

 – максимальный размер куска, мм.

Скорость истечения при нормальном истечении:

 м·с-1,

где  – коэффициент истечения;

 – ускорение сипы тяжести, м·с-2;

 – гидравлический радиус выпускного отверстия.

## Определение производительности выпускного отверстия

Производительность выпускного отверстия буккера из условия погрузки подвижного состава:

 м3·ч-1,

где  – объём погрузки, м3;

 – допустимая длительность погрузки подвижного состава, принимаем 12 вагонов по 15 минут;

 – коэффициент, учитывающий дополнительные затраты времени на технологические нужды.

Площадь поперечного сечения выпускного отверстия из условий загрузки подвижного состава:

 м2,

где  – производительность по условию загрузки подвижного состава;

 – скорость истечения насыпного груза, м·с-1.

Сторона квадрата при квадратном сечении выпускного отверстия:

 м,

Фактическое значение гидравлического радиуса выпускного отверстия:

 м,

где  – площадь квадрата, м2,

 – периметр,  м.

## Определение геометрических размеров бункера

Вместимость пирамидальной части:

 м3,

где  – сторона квадрата, м;

 – угол наклона боковой грани расширения стенок бункера, принимаем .

Высота пирамидальной части

 м,

где  – геометрическая ёмкость бункера, м3.

Общая высота бункера

 м.

Высота пирамидальной части бункера:

 м,

где  – размер выпускного отверстия бункера, м;

 – угол наклона боковой грани, град.

## Расчёт давлений на стенки и днище бункера

Статическое давление сыпучих материалов на вертикальную стенку бункера:

 Па,

где  – насыпная плотность материала, т·м-3;

 – высота вертикальной части бункера, м;

 – коэффициент динамичности, принимаем .

Максимальное давление сыпучего материала на стенку бункера в момент начала движения материала с учетом возникновения пассивных давлений:

 Па,

где  – коэффициент бокового давления, .

Максимальное статическое давление на днище бункера (затвор):

 Па.

Максимальное динамическое давление на днище бункера (затвор) в начальный момент движения материала:

 Па.

практическая работа №4

**РАСЧЁТ ПНЕВМОТРАНСПОРТНОЙ УСТАНОВКИ НАГНЕТА­ТЕЛЬНОГО ТИПА**

**Цель работы** – изучение методики расчёта и определения основных параметров пневмотранспортной установки нагнетательного типа, предназначенной для подачи цемента от бункера мельниц в силосы автоматизированного склада цемента.

# Основные положения

## Принцип действия

Роль рельсовых транспортных средств во внутрицеховом и межцехо­вом транспорте сыпучих материалов на промышленных предприятиях в на­стоящее время значительно снижается. Цеховые транспортные пути сильно пе­регружены. К тому же они должны оставаться свободными для перевозок крупных штучных грузов типа контейнеров, транспортных цистерн, для подво­за и отвоза готовых изделий. Поэтому насыпные материалы в последнее время все чаще транспортируются по трубопроводам.

Принцип действия пневматических транспортных устройств основан на передаче энергии несущей среды (воздуха или какого-либо газа) частицам насыпного груза и перемещении по транспортным коммуникациям с достаточ­но высокой скоростью (до 35…50 м·с-1). В трубопроводе транспортной пневма­тической установки искусственно создается воздушный поток, перемещающий частицы материала. Движение воздуха по трубопроводу происходит вследствие разности давлений в начале и в конце его, создаваемой нагнетательными или вакуумными насосами.

Отличительной особенностью пневматического транспорта является возможность сочетания транспортирования с выполнением отдельных технологических процессов, например, окисление и восстановление, дезинтеграция и усреднение, размол, обогащение, фильтрация, охлаждение, сушка и т.д.

Теоретически при помощи газового потока можно транспортировать различные насыпные хорошо подвижные материалы, частицы которых имеют разнообразную форму и вес. Однако расход энергии на перемещение растет намного быстрее, чем вес отдельных кусков. Данное обстоятельство практиче­ски и ограничивает область применения пневматических транспортирующих установок.

Пневмотранспорт возможен при выполнении следующих двух усло­вий: разности давлений между определенными участками трубопровода и оп­ределенной скорости движения воздушной струи в трубопроводе.

## Классификация пневмотранспортных установок

По функциональному признаку воздействия воздушного потока на транспортируемый материал пневмотранспортные установки для перемещения сыпучих материалов можно классифицировать (рисунок 4.1):

* 1. транспорт частиц взвешенных в трубопроводе потоком воздуха;
  2. транспорт в трубопроводе материала, аэрированного в загрузочных  
     устройствах;
  3. гравитационный транспорт аэрированных сыпучих материалов.

В первом случае при наличии достаточно больших скоростей воздуха в трубопроводе частицы равномерно распределяются в сечении трубы. Движе­ние материала происходит во взвешенном состоянии. Перемещение частиц в трубопроводе происходит скачкообразно, причем, потерянная при ударе о стенку трубопровода часть скорости восстанавливается в процессе движения.

Во втором случае разжиженный воздухом или каким-либо газом мате­риал выжимается или нагнетается из аккумулирующей ёмкости в транспортный трубопровод. При сравнительно малых скоростях воздуха происходит расслое­ние смеси, наибольшая концентрация которой оказывается в нижней части сечения трубопровода. Крупные фракции материала осаждаются, и начинается движение «волн» материала по нижней части трубы. Вполне возможен такой режим, при котором флюидизированный материал перемещается «пробками», заполняющими всё сечение трубопровода. Материал не находится во взвешен­ном состоянии, процесс транспортирования характеризуется пульсациями дав­ления, возникающими в результате изменений свободного сечения транспорт­ного трубопровода. Данный тип пневматического транспорта предусматривает аэрацию материала в загрузочных устройствах при помощи специальных фор­сунок или аэрирующих пористых перегородок.

В последнем (третьем) случае сыпучий материал насыщенный (аэрированный, флюидизированный, псевдоожиженный) воздухом приобретает свойство текучести и, подобно жидкости, под действием силы тяжести может течь по желобам или вытекать из отверстий в бункерах и силосах. Процесс аэрации осуществляется путем равномерной подачи воздуха через пористую перегородку, специальные форсунки, сетку или другие специальные устройства к сыпучему материалу, расположенному над аэрирующим устройством.

Движение воздушного потока по трубам (с определенной скоростью) пневматической системы обеспечивается разностью давлений на концах трубопровода. В зависимости от способа создания разности давлении пневматические установки могут быть разделены на четыре типа (рисунок 4.1):

* + всасывающие;
  + нагнетательные;
  + смешанные;
  + пневмоимпульсные.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | Пневматические транспортные устройства | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| По способу воздействия воздушного потока на сыпучий материал | | | | |  | По способу создания разности давлений | | | | | | |  | По способу движения сыпучего материала в транспортном трубопроводе | | | | | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Транспорт частиц взвешенных в трубопроводе потоком воздуха |  | Транспорт материала, аэрированного в загрузочных устройствах |  | Гравитационный транспорт аэрированных сыпучих материалов |  | Всасывающие |  | Нагнетательные |  | Смешанные |  | Пневмоимпульсные |  | “В полёте” |  | “Летящими прядями” |  | “Летящими прядями” с отложениями |  | Порциями с отложениями |  | Пробками |  | “В полёте” |  | Сдвигом сплошной массы |

Рисунок 4.1 – Основные типы пневмотранспортных установок для переиздания насыпных грузов

а)

б)

в)

г)

д)

е)

Рисунок 3.2 – Схема движения сыпучего материала в трубопроводе: а – “в полетё”; б – “летящими прядями”; в – “летящими прядями” с отложениями; г – порциями с отложениями; д – “пробками”; е – сдвигом сплошной массы

В установках всасывающего типа насыпные грузы перемещаются в трубопроводе с давлением меньше атмосферного, т.е. в разреженном воздухе; в установках нагнетательного типа – в струе сжатого воздуха; в установках смешанного типа (всасывающее-нагнетательного) – частью в трубопроводе с разреженном воздухом, частью – со сжатым; в установках пневмоимпульсного ти­па – в высокотемпературной высокоскоростной газовой струе, параметры кото­рой изменяются по всей длине транспортного трубопровода.

По способу движения сыпучего материала в транспортном трубопро­воде пневматические установки могут быть классифицированы (рисунок 4.2):

* + транспортирование “летящими прядями”;
  + транспортирование “летящими прядями” с отложениями;
  + транспортирование порциями с отложениями;
  + транспортирование сдвигом сплошной массы.

При транспортировании “в полете” материал взвешен в воздушном потоке как облако; напротив – транспортирование сдвигом сплошной массы осуществляется в продуваемом столбе сыпучего материала, заполняющим весь трубопровод. Все остальные способы движения транспортируемого материала являются промежуточными. Концентрация материала в воздушном потоке при переходе от условий к условиям постепенно возрастает, а скорость движения газа убывает.

## Основные типы пневмотранспортных установок

Пневматическая транспортная установка всасывающего типа пред­ставлена на рисунке 4.3. Она состоит го вакуум-насосной установки 1, фильтра для очистки засасываемого воздуха 2, загрузочного устройства 6 с соплом 7 (или просто сопла 7), забирающего материал из любой ёмкости, транспортного трубопровода 5, приёмного устройства 4 с разгружающим устройством или циклоном 3.

Вакуум-насос создает разрежение в пневматической системе. Под дей­ствием атмосферного давления воздух через сопло вместе с материалом заса­сывается в трубопровод и, пройдя участок транспортирования, поступает в осадительную камеру (отделитель). В осадительной камере скорость воздушного потока резко падает, в результате чего происходит отделение твердой компо­ненты и её выпадение. Осаждению материала способствуют завихрения воз­душного потока, вследствие чего частицы материала, двигаясь по инерции, ударяются о стенки, теряют скорость и падают вниз. Воздух, отделённый в оса­дительной камере и содержащий мелкую пыль, поступает в фильтр, где очища­ется. Материал из отделителя и фильтра выгружается с помощью шлюзового затвора, который подаёт материал из отделителя и фильтра, но препятствует проникновению в них воздуха из атмосферы. Очищенный в фильтре воздух по­ступает к вакуум-насосу и выбрасывается в атмосферу.

Установки данного типа применяются при транспортировании порошкообразных или мелкозернистых хорошо сыпучих грузов. Удобны, если необходимо подавать материал из нескольких пунктов погрузки к одному центральному пункту разгрузки. Разрежение создается порядка 0,04…0,05 МПа, следо­вательно, длина транспортирования небольшая (до 100 м). При разрежении свыше 0,05 МПа плотность воздушного потока падает, что влечёт за собой па­дение транспортирующей способности. Производительность таких установок небольшая (десятки тонн). Пример: установка для разгрузки вагонов.

Схема пневматической транспортной установки нагнетательного типа изображена на рисунке 4.4. установка состоит из компрессорной установки 1 с ресивером, загрузочного устройства 2, представляющего собой камерный или винтовой питатель, транспортного трубопровода 3, отделителя 5 и затвора 6. Разветвление трассы трубопровода на несколько направлений производится переключателем 4.

Компрессор нагнетает сжатый воздух в воздухосборник, из которого последний, пройдя влагоотделитель, поступает в воздухопровод. В него с помощью питателя, работающего по шлюзовому принципу, подаётся материал. Воздушный поток в трубопроводе увлекает материал и транспортирует его в осадительную камеру. Из осадитальной камеры неочищенный воздух поступает в фильтр, после которого через выхлопной трубопровод выбрасывается в атмо­сферу. Чтобы в трубопроводе не создавалось пульсирующее давление, отрица­тельно влияющее на режим движения воздушного потока, ставится воздухос­борник, где создается запас сжатого воздуха.

Установки данного типа применяют при транспортировании порошкообразных, мелкозернистых и мелкокусковых материалов на расстояние до 500м при производительности до 800 т/час. Давление может быть доведено до 0,4…0,6 МПа. Очень удобны, если разгрузку необходимо производить в не­скольких местах при одном пункте загрузки. Пример: удаление отработанной горелой земли из обрубного отделения в литейном цехе; обеспыливающая ус­тановка на цементном заводе.

Для увеличения дальности транспортирования и по технологическим соображениям иногда применяют комбинированную систему, состоящую из двух последовательно работающих установок: всасывающей и нагнетательной (рисунок 4.5). Такая установка состоит из одного или нескольких загружающих устройств 2 с соплами 1, транспортного трубопровода 3, воздушного насоса 12, фильтрующего устройства 11, работающего под разрежением, промежуточного приёмного устройства 7 с отделителем 8 и шлюзовым затвором 9, второго тру­бопровода 10, работающего под давлением, приёмного устройства 4 с отдели­телем 6 и очистного фильтра 5 с выхлопной трубой. В этой установке материал обычно транспортируется вначале (до места перегрузки) всасывающим трубо­проводом, а от места перегрузки до места выгрузки – нагнетательным. Исполь­зуя всасывающую часть, можно собрать материал в один пункт. Используя на­гнетательную часть, можно подать материал в несколько пунктов. Пример: ус­тановка для обеспыливания мельниц, цехов и т.д.

## Основные параметры пневмотранспортных установок

Скорость витания. Скоростью витания одиночной частицы принято на­зывать скорость восходящего потока воздуха, при которой действие силы тяже­сти частицы уравновешивается действием подъемной силы.

Скорость витания одиночной частицы шаровой формы определяется

 [м·с-1],

где  – диаметр частицы, м;

 – коэффициент подъемной силы;

 – плотность перемещаемого материала, т·м-3;

 – плотность воздушного потока, т·м-3.

Массовая концентрация смеси это отношение

,

где  – количество перемещаемого материала, кг;

 – расход воздуха, требуемый для обеспечения заданной производительности, кг;

 – плотность воздуха, т·м-3;

 – объемный расход воздуха, м·с-1.

Массовая концентрация аэросмеси – один из параметров, характери­зующих работу и тип пневмотранспортной установки.

Транспортная скорость воздушного потока.

Под транспортной скоростью погашается минимальная скорость воз­  
душного потока, при которой частицы устойчиво движутся в воздушном потоке  
во взвешенном состоянии.

Транспортная скорость воздуха в вертикальном трубопроводе опреде­ляется скоростью витания и концентрацией смеси. Для перемещения частиц материала в вертикальном трубопроводе достаточно, чтобы скорость воздушного потока была несколько больше скорости витания, т.е. .

Скорость воздушного потока: начальную – во всасывающих или ко­нечную – в нагнетательных установках при длине трубопровода менее 100 м, определяется по зависимости, имеющей вид

 [м·с-1],

где  – опытный коэффициент, зависящий от фракционного состава материала;

 – плотность материала, т·м-3.

Значения коэффициента  могут быть приняты по таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Опытные значения коэффициента фракционного состава

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Род насыпных грузов | Характерные размеры частиц, мм |  |
| Пылевидный  Зернистый однородный Мелкокусковой однородный Среднекусковой однородный | 0,01 – 1  1 – 10  10 – 40  40 – 80 | 10 – 18  17 – 20  17 – 22  22 – 25 |

При длине трубопровода более 100 м скорость воздушного потока оп­ределяется

 [м·с-1],

где  – коэффициент, учитывающий изменение плотности воздуха в связи с изменением значения абсолютной скорости, , меньшие значения следует принимать для сухих, малоабразивных материалов;

 – приведенная длина трубопровода.

Приведенная длина транспортного трубопровода определяется

 [м],

 – сумма длин горизонтальных участков, м;

 – сумма длин вертикальных участков, м;

 – сумма длин эквивалентных коленам, м;

 – сумма длин эквивалентных переключателям, м.

Взаимосвязь между скоростью, давлением и расходом воздуха

В пневматических транспортных установках, учитывая малый перепад давлений, процесс изменения давлений  и объема воздуха , с достаточной степенью точности, можно считать изотермическим. В этом случае:

;

,

где  и  – плотность единицы объема воздуха, кг·м-3.

Если под величинами  и  подразумевать секундный расход возду­ха в м3, учитывая , получим

,

где  и  – площади поперечных сечений трубопровода, м2.

Диаметр трубопровода и расход воздуха

В установках с постоянным поперечным сечением трубопровода и переменной скоростью движения воздушного потока внутренний диаметр труб, исходя из определения массовой концентрации смеси

 [м].

По данным ВНИИПТМАШ [6] для установок с длиной трассы менее 100 м

 [мм];

для установок протяженностью более 100м

 [мм].

Расход воздуха в транспортном трубопроводе определяется в зависи­мости от скорости движения воздушного потока

 [м3·с-1].

Общие потери давления в ппевмотранспортной установке

Потери давления в транспортных трубопроводах возникают в связи с расходом энергии сжатого воздуха на преодоление сил трения воздушного по­тока о стенки трубы, завихрений воздушного потока, относительное перемеще­ние частиц материала и слоёв воздуха, преодоление сил трения частиц транс­портируемого материала о стенки трубопровода, соударение частиц между со­бой и стеками трубопровода, обтекание частиц воздухом и придание частицам транспортируемого насыпного груза конечной скорости движения. На верти­кальных участках к перечисленным потерям добавляется расход энергии (поте­ря давления) для подъёма транспортируемого материала на заданную высоту.

Общие потери двухкомпонентной среды могут быть представлены как сумма потерь давления при движении чистого воздуха с дополнительными по­терями, обусловленными движением твердой компоненты.

,

где  – потери давления, возникающие при движении чистого воз­духа;

 – дополнительные потери, возникающие при движении твер­дой компоненты;

 – коэффициент сопротивления трения воздушного потока о стенки трубопровода;

 – приведенная длина транспортирования, м;

 – диаметр трубопровода, м;

 – плотность воздуха, т·м-3;

 – средняя скорость движения воздушного потока, м·с-1;

 – ускорение силы тяжести, м·с-2;

 – высота подъема, м;

 – массовая концентрация смеси;

 – коэффициент сопротивления трения материала о стенки тру­бы;

 – коэффициент, учитывающий дополнительные сопротивле­ния на участке разгона ().

Коэффициент сопротивления  является функцией числа Рейнольдса  и состояния внутренней поверхности трубопровода. Существует большое количество теоретических и эмпирических зависимостей для определения ко­эффициентов сопротивления, к которым относятся формулы Кармана, Никурадзе, Якимова, Филоненко, Блесса. Значения  могут быть рассчитаны:

а) для гладких труб

;

о) для шероховатых труб

.

Для определения коэффициента  трубопроводов, выполненных из тонколистовой стали при скоростях воздушного потока  м·с-1 можно воспользоваться зависимостью

,

где  – диаметр трубопровода, м.

Коэффициент сопротивления от трения материала

,

где  – константа, зависящая от типа транспортируемого материа­ла, материала и степени шероховатости стенок трубопро­вода;

 – скорость движения материала, м·с-1;

 – скорость движения воздуха, м·с-1;

 – параметр Фруда.

# ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПНЕВМОТРАНСПОРТНЫХ УСТАНОВОК

Исходные данные:

* + назначение установки;
  + тип пневмотранспортной установки;
  + расчетная производительность, т/ч;
  + тип перемещаемого насыпного груза;
  + основные физико-механические свойства транспортируемого материа­ла (плотность, степень однородности, влажность, способность к слёживанию, гигроскопичность, электростатические свойства);
  + конфигурация и размеры трассы (длина, высота подъёма груза наличие поворотов, переключателей и т.д.);
  + тип загрузочного устройства.

# ПРИМЕР РАСЧЁТА

Рассмотрим пример расчёта пневмотранспортной установки нагнета­тельного типа для подачи цемента от бункера мельниц в силосы автоматизиро­ванного склада цемента.

Исходные данные:

* + расчетная производительность  т/ч;
  + общая длина подачи по горизонтали  м;
  + высота подъема  м;
  + количество колен 5;
  + количество переключателей 7.

Схема установки представлена на рисунке 4.6. Установка включает: пневмонасос камерного типа 1, магистральный трубопровод 2, объёмный отде­литель 3.

При расчёте определяются следующие основные параметры: приве­денная длина транспортирования, скорость витания одиночной частицы, ско­рость движения воздушного потока, массовая концентрация транспортируемой смеси, внутренний диаметр транспортного трубопровода, расход воздуха, рабо­чее давление в начальной точке транспортного трубопровода и мощность элек­тродвигателя компрессорной установки.

## Определение приведенной длины

Приведенная длина транспортирования

 м,

 – сумма длин горизонтальных участков,  м;

 – сумма длин вертикальных участков,  м;

 – сумма длин эквивалентных коленам,  м;

 – сумма длин эквивалентных переключателям трубопровода,  м.

Для колена с углом поворота 45° при отношении  (соотноше­ние радиуса гибки трубопровода  к диаметру трубы ) длина  м. Для колена с углом поворота 45°  м, для переключателя  м.

## Скорость воздушного потока

Скорость воздушного потока на выпуске

 м·с-1,

где  – коэффициент, учитывающий крупность частиц груза;

 – насыпная плотность материала, т·м-3;

 – коэффициент, учитывающий изменение плотности воздуш­ного потока по длине трубопровода.

## Массовая концентрация смеси

Данная пневмотранспортная установка работает с избыточным давле­нием при режиме движения частиц “в полетё”. В соответствии с эксперимен­тальными и опытными данными массовой концентрация смеси принимается равной .

## Диаметр транспортного трубопровода

Внутренний диаметр транспортного трубопровода, исходя из заданной производительности, массовой концентрации и скорости движения транспортируемой смеси определяется

 м,

где  – расчетная производительность, т·ч-1;

 – скорость движения аэросмеси, м·с-1;

 – массовая концентрация аэросмеси.

По ГОСТ 301-80 принимается стальная бесшовная труба с ближай­шим наружным диаметром  мм, толщиной стенки  мм. Эффективный диаметр транспортного трубопровода  мм.

## Расход воздуха

Требуемый расход воздуха для перемещения заданных объёмов материала

 м3·с-1,

где  – эффективный диаметр трубопровода, м;

 – скорость движения воздушного потока, м·с-1.

## Давление воздуха в трубопроводе

Давление воздуха в начальной точке трубопровода

 МПа,

где  – коэффициент сопротивления движению аэросмеси на линейных участках;

 – массовая концентрация смеси;

 – приведенная длина транспортирования, м;

 – средняя скорость движения воздушного потока, м·с-1;

 – диаметр трубопровода, м;

 – высота подъема, м;

 – удельная плотность воздуха на вертикальном участке, т·м-3;

## Мощность двигателя компрессорной установки

На практике возможны два случая:

* + пневмотранспортная установка работает в производительных усло­виях, где есть энергетический цех и, соответственно, в цеховых условиях имеется сжатый воздух (например, машиностроительные заводы, литейное пли химическое производство и т.д.);
  + пневмотранспортная установка работает автономно и её необходимо обеспечивать сжатым воздухом.

В последнем случае сжатый воздух поступает от компрессорной уста­новки.

Мощность двигателя компрессорной установки

 кВт,

где  – теоретическая работа компрессора, отнесенная к м-3 засасываемого воздуха, кг·м-3;

 – производительность компрессорной установки, м3·мин-1;

 – КПД компрессора.

Теоретическая работа компрессора

 кг·м-3,

где  и  – рабочее давление в начальной и конечной точке трубо­провода.

Производительность компрессорной установки

 м3·мин-1,

где  – коэффициент, учитывающий дополнительные потери в сис­теме трубопроводов.