

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«КУЗБАССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени Т. Ф. ГОРБАЧЕВА»

Кафедра горных машин и комплексов

Составители
В. Н. Бобриков
А. Ю. Захаров

**БУНКЕРНЫЕ УСТАНОВКИ В ТРАНСПОРТНОЙ ЦЕПИ
ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ**

**Методические указания к практическому
занятию и выполнению раздела курсовой работы
по дисциплине «Конвейерный транспорт»
для студентов всех форм обучения**

Рекомендованы учебно-методической комиссией направления
подготовки 21.05.04 «Горное дело» в качестве электронного
издания для использования в учебном процессе

Кемерово 2016

Рецензенты:

Юрченко В. М. – кандидат технических наук, доцент кафедры горных машин и комплексов

Удовицкий В. И. – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой обогащения полезных ископаемых, председатель учебно-методической комиссии направления подготовки 21.05.04 «Горное дело»

Бобриков Валерий Николаевич

Захаров Александр Юрьевич

Бункерные установки в транспортной цепи обогатительной фабрики [Электронный ресурс] : методические указания к практическому занятию и выполнению раздела курсовой работы по дисциплине «Конвейерный транспорт» для студентов направления подготовки 21.05.04 «Горное дело», образовательная программа «Обогащение полезных ископаемых», всех форм обучения / сост.: В. Н. Бобриков, А. Ю. Захаров; КузГТУ. – Электрон. дан. – Кемерово, 2016. – Систем. требования: Pentium IV; ОЗУ 256 Мб; Windows XP; мышь. – Загл. с экрана.

Приведено описание устройства бункерных установок, их технологическое назначение на обогатительных фабриках, рекомендации по соотношению конструктивных параметров и методика расчета основных элементов бункерных установок.

© КузГТУ, 2016

© Бобриков В. Н., Захаров А. Ю.,
составление, 2016

ВВЕДЕНИЕ

Бункерные установки являются неотъемлемой частью обогатительных и брикетных фабрик. От правильного проектирования и эксплуатации этих установок во многом зависят равномерное питание и максимальная производительность фабрики.

Бункера представляют собой емкости, устанавливаемые в общей цепи транспортного и технологического оборудования. Они предназначены для временного хранения и отгрузки материала. Необходимость их установки обусловлена разными по времени режимами работы отдельных цехов фабрики и периодичностью доставки сырья и погрузки готовой продукции. Создание запасов материала в бункерах позволяет сглаживать неравномерность грузопотоков и тем самым обеспечивать независимую работу цехов фабрики, а также увязывать работу самой фабрики с работой внешнего транспорта.

Бункера имеют также технологическое назначение. В них могут производиться обезвоживание продуктов и усреднение рядового материала и продуктов обогащения.

Настоящие методические указания составлены с целью оказания помощи студентам направления подготовки 21.05.04 «Горное дело», образовательная программа «Обогащение полезных ископаемых», при изучении ими одноименного раздела по дисциплине «Транспортные устройства и хвостовое хозяйство» и решении задач на практических занятиях, а также при выполнении курсовой работы и раздела дипломного проекта.

1. БУНКЕРА И ИХ ЭЛЕМЕНТЫ

1.1. Характеристика, назначение и конструкции

Бункера применяют для приема, хранения и подачи на транспортные средства насыпных грузов. Они представляют собой сосуды, имеющие сверху загрузочные, а внизу разгрузочные отверстия. Разгрузочные отверстия перекрываются затворами или питателями.

Бункера применяют в установках трех типов: аккумулирующих, уравнивательных и технологических. Аккумулирующие установки служат для хранения насыпных грузов и снабжены устройствами для загрузки и разгрузки емкостей, устройствами для измерения массы и др. Уравнивательные установки являются промежуточными емкостями для насыпных грузов, обеспечивающими стабильную работу транспортной системы при неравномерной работе ее отдельных звеньев или при сочетании в одной линии непрерывного и периодического транспорта. Технологические установки служат для временного хранения сыпучих промежуточных продук-

тов производства и осуществления каких-либо технологических операций (например, обезвоживающие, усреднительные бункера).

По назначению и месту нахождения в цепи аппаратов обогатительных и брикетных фабрик различают аккумулирующие (накопительные) бункера приемных и погрузочных комплексов, сооруженные на стыках внешнего и внутрифабричного транспорта; промежуточные дозировочно-аккумулирующие бункера подготовительных отделений фабрик, предназначенные для временного хранения полезного ископаемого после его предварительной классификации и дробления крупных классов с последующей дозировочной выгрузкой на сборный конвейер; перегрузочные бункера, предназначенные для равномерной подачи груза на конвейеры, загружаемые погрузочными устройствами периодического действия; индивидуальные бункера, предназначенные для обеспечения непрерывной работы отдельных агрегатов, например, сушильных устройств, перерывы, в питании которых обуславливают ухудшение качества перерабатываемого продукта.

Создание запасов сырья и продуктов обогащения вызывается необходимостью:

- увязки работы внешнего транспорта с работой обогатительной фабрики в течение суток и более длительного периода времени;
- независимости работы отдельных цехов фабрики.

Применяют закрытые и открытые сверху бункера. Открытые бункера дешевле закрытых, но их используют лишь для грузов, не портящихся от воздействия атмосферных осадков и не выделяющих пыли, вредной для здоровья обслуживающего персонала. В закрытых бункерах с конической крышей отсутствуют пустые зоны при заполнении. В бункерах же с плоскими перекрытиями всегда имеются пустые зоны, особенно при боковом расположении загрузочного отверстия. Пустые зоны не только уменьшают объем бункера, но и представляют опасность при скоплении в них взрывоопасных газов и пыли.

Бункер состоит из корпуса, имеющего прямоугольное или круглое поперечное сечение, и днища в виде воронки с наклонными стенками пирамидальной, конической или сферической формы. Днища снабжены отверстиями для самотечной разгрузки материала.

На обогатительных и брикетных фабриках широко распространены прямоугольные бункера с пирамидальными или наклонными днищами (рис. 1.1, а, б, в), обеспечивающие наиболее рациональное использование строительного объема зданий, в которых они размещаются, и удобство для компоновки с другими объектами обогатительных фабрик. Высота H корпуса таких бункеров принимается обычно не более $2B$, где B – ширина бункера. Бункера с пирамидальным днищем (рис. 1.1, а) применяют в угледобготовительных отделениях обогатительных фабрик энергетических и коксующихся углей. Бункера с наклонными днищами (рис. 1.1, б, в) при-

меняют на антрацитовых обогатительных фабриках, так как они обеспечивают лучшую сохранность сортности угля, вследствие того, что имеют меньшую высоту корпуса.

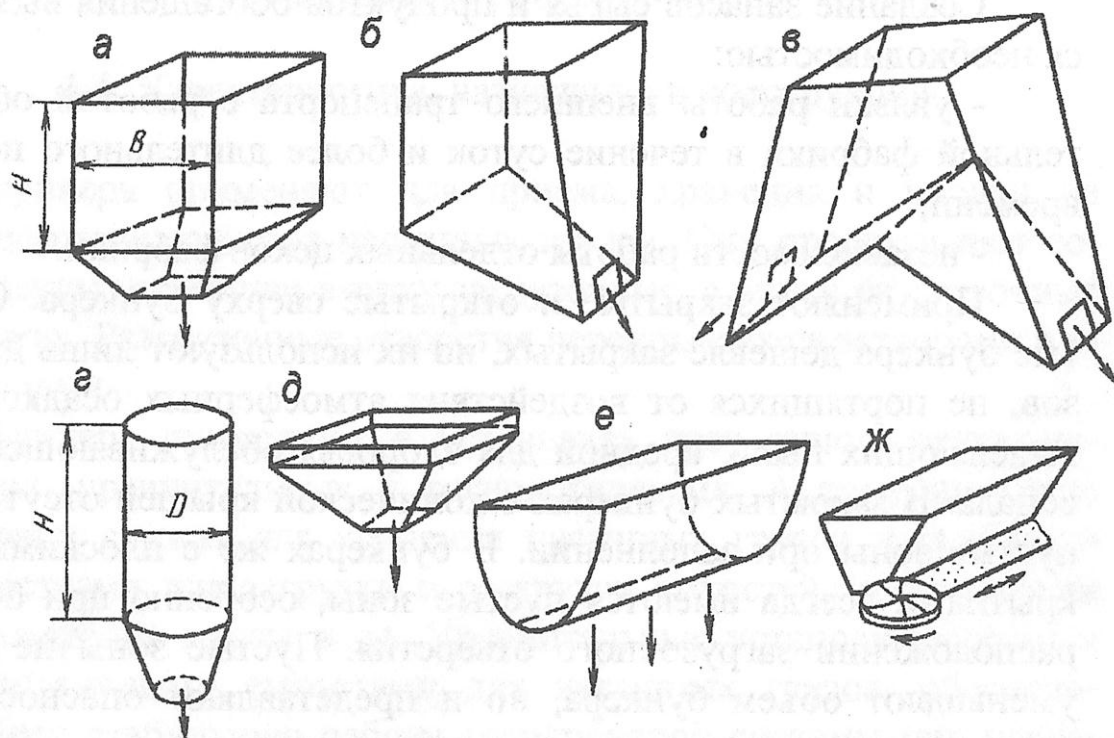


Рис. 1.1. Типы бункеров

В углеподготовительных отделениях коксохимических заводов и на ЦОФ, перерабатывающих коксующиеся угли, широко используют цилиндрические бункера, у которых высота корпуса значительно превышает его диаметр (рис. 1.1, г). Такие бункера называются силосами или силосными банками. Цилиндрическая форма силосов с конической разгрузочной частью обеспечивает лучшую выгрузку угля в сравнении с бункерами, имеющими пирамидальное днище. Удельные капитальные затраты на их сооружение ниже, чем для прямоугольных бункеров. По этой причине расширяется их использование для аккумуляции и усреднения энергетических углей. Для обеспечения необходимой вместимости одиночные бункера объединяют в многоячейковые бункерные блоки. В угольной промышленности в качестве типовых приняты двухрядные силосные блоки, состоящие из силосных банок диаметром 12 м, вместимостью 2500 или 1600 т.

На фабриках, где по условиям усреднения требуется большое число одновременно работающих ячеек, применяют силосные банки диаметром 9 м и вместимостью 1000 т. Индивидуальные бункера имеют относительно небольшую вместимость. Их выполняют в виде воронок (рис. 1.1, д) с наклонными стенками.

Для погрузки угля в железнодорожные вагоны иногда используют протяженные вдоль путей бункера с параболическим вертикальным сечением (рис. 1.1, е), снабженные несколькими разгрузочными отверстиями в днище. Изготавливают такие бункера из листового металла и подвешивают на специальных опорах, установленных вдоль железнодорожного пути. Простота конструкции и изготовления таких бункеров обеспечивает низкие капитальные затраты на их сооружение.

Для энергетических углей, не требующих усреднения, и для углей, склонных к слеживанию (особенно бурых углей), на обогатительных и брикетных фабриках применяют бункера специальной конструкции – щелевые бункера (рис. 1.1, ж), разгрузка которых осуществляется принудительно через щель в нижней части бункера с помощью специальных лопастных или дисковых выгрузателей, перемещающихся вдоль щели.

Бункера изготавливают металлическими, железобетонными и комбинированными. Металлические бункера имеют сравнительно небольшую массу, их опоры занимают мало места; изготавливают их на заводах промышленными методами с последующей сборкой стандартных частей на месте установки. Эти бункера достаточно долговечны при хранении сухих грузов, эксплуатация их дешевле эксплуатации других бункеров. Однако металлические бункера при хранении влажных грузов подвержены коррозии, которая не только ускоряет их изнашивание, но и увеличивает коэффициент трения насыпного груза о стенки, что может затруднить разгрузку бункера.

Железобетонные бункера применяют для хранения сухих и влажных грузов. Они долговечны, но, как правило, дороже и тяжелее металлических. Железобетонные бункера мало пригодны для хранения горячих материалов, так как бетон дает трещины вследствие термических деформаций.

По конструкции железобетонные бункера разделяют на монолитные, сборные и комбинированные. Монолитные бункера возводят в общей опалубке и применяют преимущественно на железобетонных эстакадах и в железобетонных зданиях. Сборные бункера состоят из отдельных железобетонных плит, соединенных сваркой.

Комбинированные бункера представляют собой сочетание отдельных конструкций, изготовленных из различных материалов. Например, железобетонный корпус бункера соединяют с металлическим днищем для обеспечения лучшего истечения материала из бункера, бункер со стальным каркасом покрывают внутри железобетонными плитами, каменный или кирпичный корпус с металлической арматурой сочленяют со сборным железобетонным днищем.

Внутренняя поверхность стенок разгрузочной части бункеров, предназначенных для хранения влажных углей или содержащих легкоразмокающие глинистые включения, футеруются материалами с пониженными коэффициентами трения (шлакоситаллом, полипропиленом, плитками каменного или стеклянного литья). Этим достигается снижение силы трения,

возникающей при движении угля по стенкам днища бункера. Разгрузочную часть бункера выполняют с углом наклона боковых стенок, превышающим угол трения покоя сыпучего груза для обеспечения самотечной разгрузки бункера. Угол наклона стенок днища пирамидального бункера, футерованных стальными листами, для кусковатого угля равен $45\div 50^\circ$, для сухого мелкого угля – $50\div 55^\circ$, для влажных либо слеживающихся углей, а также угольной пыли – не менее 60° . У железобетонного угольного бункера нефутерованные стенки днища выполняют с углом наклона $55\div 70^\circ$ (предельные значения для крупного и мелкого угля соответственно).

1.2. Процессы истечения и сводообразования в бункерах

Основными требованиями, предъявляемыми к бункерам с эксплуатационной стороны, являются беспрепятственная и полная самотечная выгрузка из них материала. Нормальная разгрузка бункера на практике часто нарушается вследствие сводообразования материала, заклинивания крупных кусков материала в выпускном отверстии, зависания и смерзания материала в бункере. Кроме нарушения условий нормальной разгрузки материала в процессе эксплуатации бункеров наблюдаются явления сегрегации (самосортировки) загружаемого в бункер сыпучего материала.

Процесс истечения насыпного груза через выпускное отверстие в дне бункера происходит примерно так, как показано на рис. 1.2, а и 1.2, б при симметричном и боковом расположении отверстия. В обоих случаях в движение приходит вертикальный столб груза над отверстием, вследствие чего на поверхности груза образуется воронка, по которой по мере истечения ссыпаются частицы. При расположении выпускного отверстия вблизи вертикальной стенки бункера насыпной груз скользит вдоль последней, и образующаяся воронка имеет несимметричную форму.

По опытным данным, истечение груза через симметрично расположенное отверстие бункера происходит в следующем порядке (рис. 1.2, б): сначала высыпается часть 1, имеющая в зависимости от формы отверстия форму конуса или клина, затем расположенная над нею часть 2, имеющая форму эллипсоида, затем сдвигаются части 3 и далее части 4, так, что к моменту окончания процесса, в нижней части бункера образуется воронка из частей 5, заполняющих «мертвое» пространство. Наименьший угол наклона стенок в нижней части бункера, при котором «мертвое» пространство не образуется и груз высыпается без остатка, зависит от коэффициента трения груза о стенку, возрастая с его увеличением. Так, для сортированного угля этот угол составляет $45\div 50^\circ$, для мелкого угля 60° , для руды не менее 65° . При высыпании над выпускным отверстием нередко образуется свод груза в виде купола или арки. Это характерно для грузов, содержащих крупные куски (рис. 1.2, а), однако может иметь место и при не крупнокус-

ковых грузах, особенно влажных и слеживающихся, в связи с поперечным распором под действием силы тяжести вышележащих слоев груза, причем образующийся купол или арка опирается, как и в предыдущем случае, на наклонные стенки суживающейся части бункера, а при небольших поперечных размерах бункера – иногда и на вертикальные стенки.

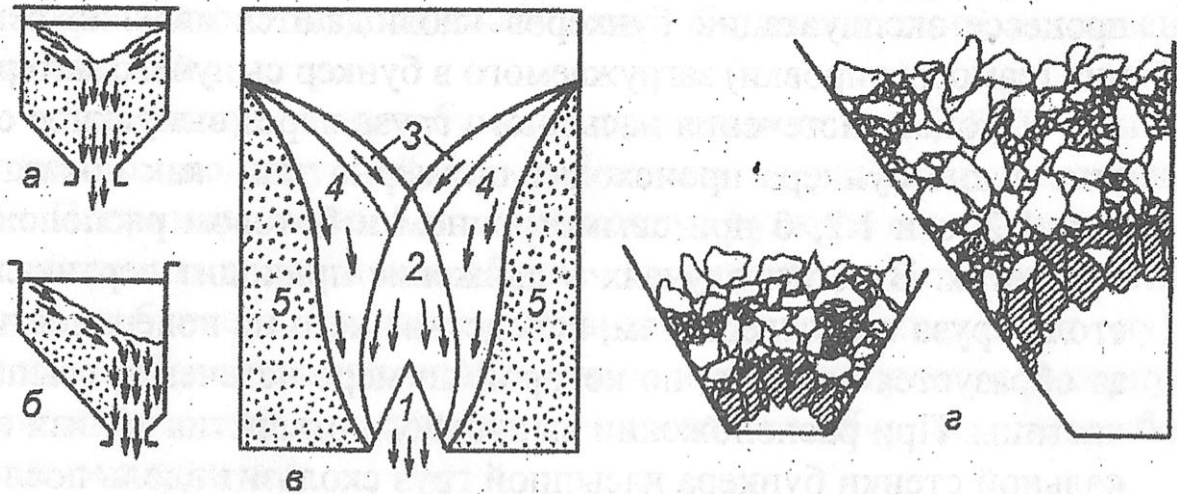


Рис. 1.2. Схемы процессов: а, б, в – истечения насыпного груза из бункера; г – сводообразования

Для ликвидации сводообразования применяют различные ручные и механические средства. В простейшем случае свод разрушают вручную через специальные отверстия в стенках бункеров, устроенные с таким перекрытием, что груз через них не высыпается.

Механические разрушающие устройства имеют вид груза, подвешенного на цепи сверху, или лопастного вращающегося колеса. В некоторых случаях используют укрепленные на стальных стенках бункера вибраторы, активизирующие процесс высыпания груза. Вибраторы включают только при открытом выпускном отверстии и работающем питателе, в противном случае вибрация может вызвать обратный эффект – слеживание и уплотнение груза в бункере. Применяют также толчкообразное вдувание сильной струи сжатого воздуха через фурмы, расположенные ниже мест возможного опирания свода на стенки. При порошкообразном грузе вдувание в бункер воздуха служит для его аэрирования и повышения внутренней подвижности частиц.

Средство для борьбы со сводообразованием в каждом отдельном случае выбирают, главным образом, в зависимости от свойств груза.

1.3. Питатели

Выпускные отверстия при самотечной разгрузке бункеров могут быть оборудованы затворами различных типов, которыми можно регулировать количество выпускаемого из бункера материала. Однако эта регулировка не обеспечивает необходимую равномерность питания дробильно-сортировочного, обогатительного и транспортного оборудования. Поэтому для выпуска материала из бункеров обычно устанавливают питатели. Рабочий орган питателя закрывает выпускное отверстие бункера.

Различают питатели с тяговым органом, вращающиеся и с колебательным движением. По способу установки питатели подразделяются на стационарные и передвижные.

Питатели с тяговым органом бывают пластинчатые и ленточные.

Пластинчатые питатели обычно применяются в приемных бункерах для крупнокускового сыпучего материала (крупнокусовой уголь, горная масса и др.). Ширина такого питателя зависит от самых крупных кусков материала.

Пластинчатые питатели, изготавливаемые в соответствии с (рис. 1.3), предназначены для установки в приемных бункерах для железнодорожного и автомобильного транспорта. Они питают крупные дробилки полезными ископаемыми с насыпной плотностью до $2,4 \text{ т/м}^3$ и с кусками крупностью 900, 1200 и 1500 мм для питателей с полотном шириной соответственно 1500, 1800 и 2400 мм.

Питатели устанавливаются как горизонтально, так и с наклоном к горизонту до 15° . Для увеличения высоты слоя материала у рабочей ветви обычно устанавливаются неподвижные борта. Питатель состоит из рамы, верхних и нижних опорных роликов, ленты (рабочего полотна), натяжного устройства, ведущего вала звездочки привода, электродвигателя и оборудования централизованной густой смазки.

Машиностроительные заводы выпускают также пластинчатые питатели легкого типа с полотном шириной 600, 800, 1000 и 1200 мм. Они предназначены для выдачи угля из бункеров с кусками крупностью до 500 мм.

Производительность пластинчатых питателей в зависимости от скорости ($0,1 \div 0,4 \text{ м/с}$) колеблется в пределах $60 \div 1000 \text{ т/ч}$.

Конструкция ленточного питателя аналогична конструкции ленточного конвейера. Эти питатели предназначены для работы на мелкокусковых и среднекусковых материалах (крупностью до 200 мм). Ленточные питатели устанавливают горизонтально или наклонно.

Рабочим органом питателя является прорезиненная лента, которая служит для транспортирования материала и воспринимает тяговые усилия, создаваемые приводом.

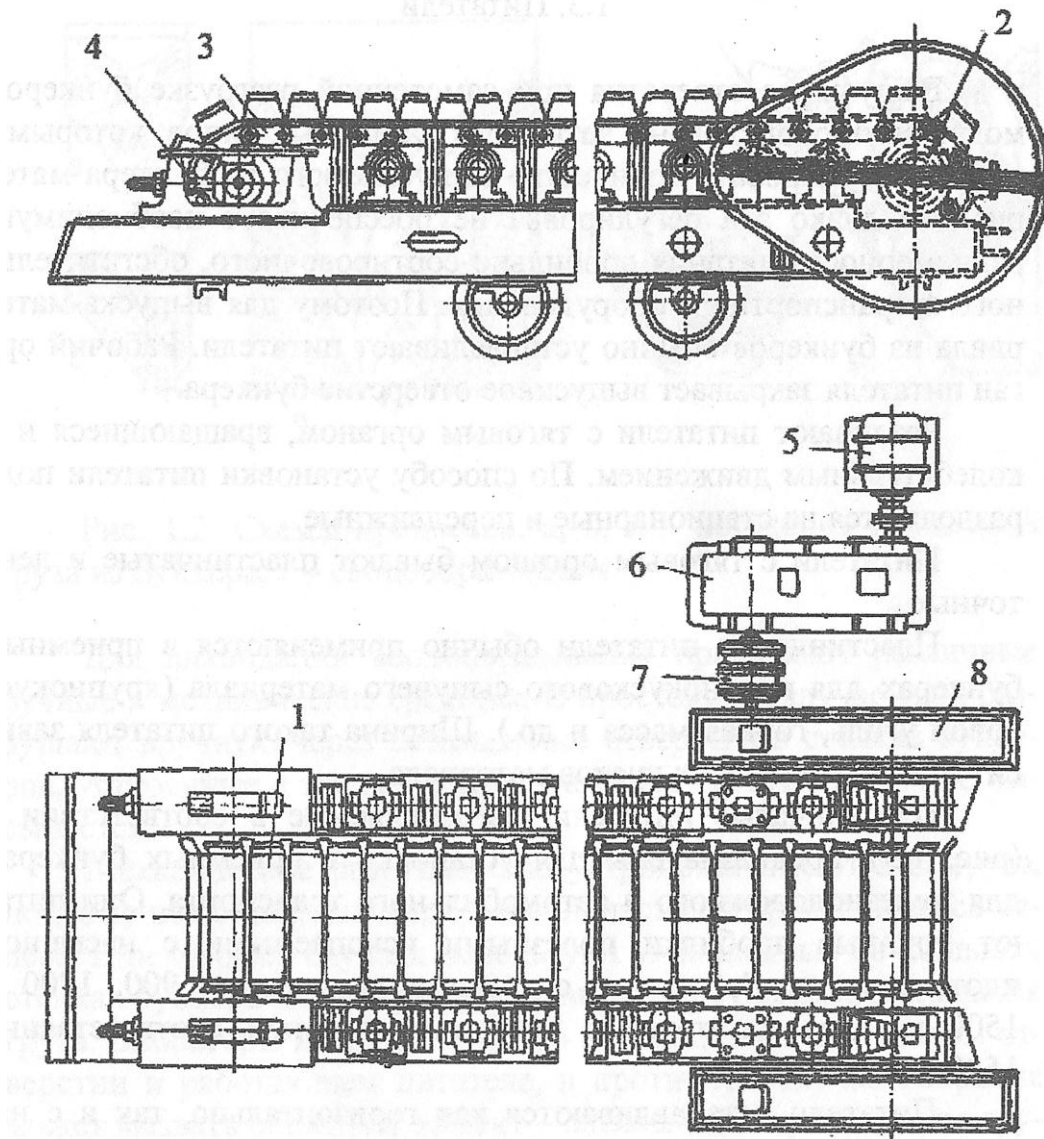


Рис. 1.3. Пластинчатый питатель: 1 – настил; 2 – приводные звездочки; 3 – тяговые цепи; 4 – натяжное винтовое устройство; 5 – электродвигатель; 6 – редуктор; 7 – соединительная зубчатая муфта; 8 – открытая зубчатая шевронная передача

Обычно лента питателя выполняется плоской. Для увеличения высоты слоя материала у рабочей ветви устанавливаются неподвижные борта, аналогично пластинчатому питателю. Толщину слоя материала на ленте, а, следовательно, и производительность питателя при одной и той же скорости устанавливают регулирующим шибером, вмонтированным в месте поступления материала на ленту. Кроме того, производительность питателя регулируется изменением скорости движения ленты, осуществляемым посредством установки приводного многоскоростного электродвигателя. В отдельных случаях при необходимости точной регулировки в привод питателя встраивается вариатор скоростей.

Вращающиеся питатели бывают дисковые (тарельчатые), барабанные и лопастные.

Рабочим органом дискового питателя (рис. 1.4) является вращающийся горизонтальный диск, расположенный под выпускным отверстием бункера.

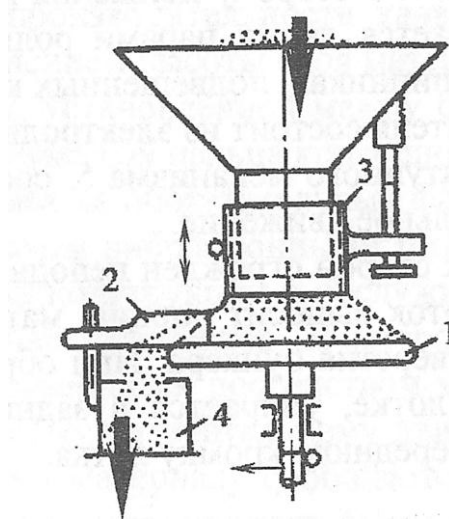


Рис. 1.4. Схема дискового питателя: 1 – диск; 2 – нож; 3 – телескопический патрубок; 4 – приемная воронка

Материал, поступающий из выпускного отверстия бункера, располагается на диске 1 в виде усеченного конуса и вращается вместе с ним. При помощи ножа (скребка) 2 материал сбрасывается с диска в приемное устройство (желоб) 4. Высота слоя материала на диске регулируется телескопическим (подъемным) патрубком 3, охватывающим выпускное отверстие бункера.

Производительность питателя регулируется изменением высоты слоя материала на диске и положения сбрасывающего ножа. Дисковые питатели применяются для работы с различными материалами от среднекусковых до пылевидных

Рабочим органом барабанных питателей служит вращающийся барабан, цилиндрический или граненый, расположенный под выпускным отверстием бункера. Барабанные питатели применяют для перемещения хорошо сыпучих материалов.

Лопастные питатели применяются в щелевидных бункерах большой длины. Рабочим органом питателя является вращающееся на вертикальном валу горизонтальное лопастное колесо, сбрасывающее материал со стола бункера на конвейер.

Питатели с колебательным движением бывают качающиеся и вибрационные.

Качающийся питатель (рис. 1.5) представляет собой лоток 2, установленный под выходным отверстием бункера 1, обычно с небольшим

уклоном в сторону движения материала. Подвижной лоток поддерживается двумя парами роликов 3, валы которых вращаются в подшипниках, подвешенных к стенкам бортов.

Привод питателя состоит из электродвигателя 6, редуктора 4 и кривошипно-шатунного механизма 5, сообщающего лотку возвратно-поступательное движение.

Лоток с трех сторон огражден неподвижными бортами. При переднем ходе лоток выносит порцию материала, поступившего из выпускного отверстия бункера. При обратном ходе материал, находящийся на лотке, упирается в заднюю стенку бункера и ссыпается через переднюю кромку лотка.

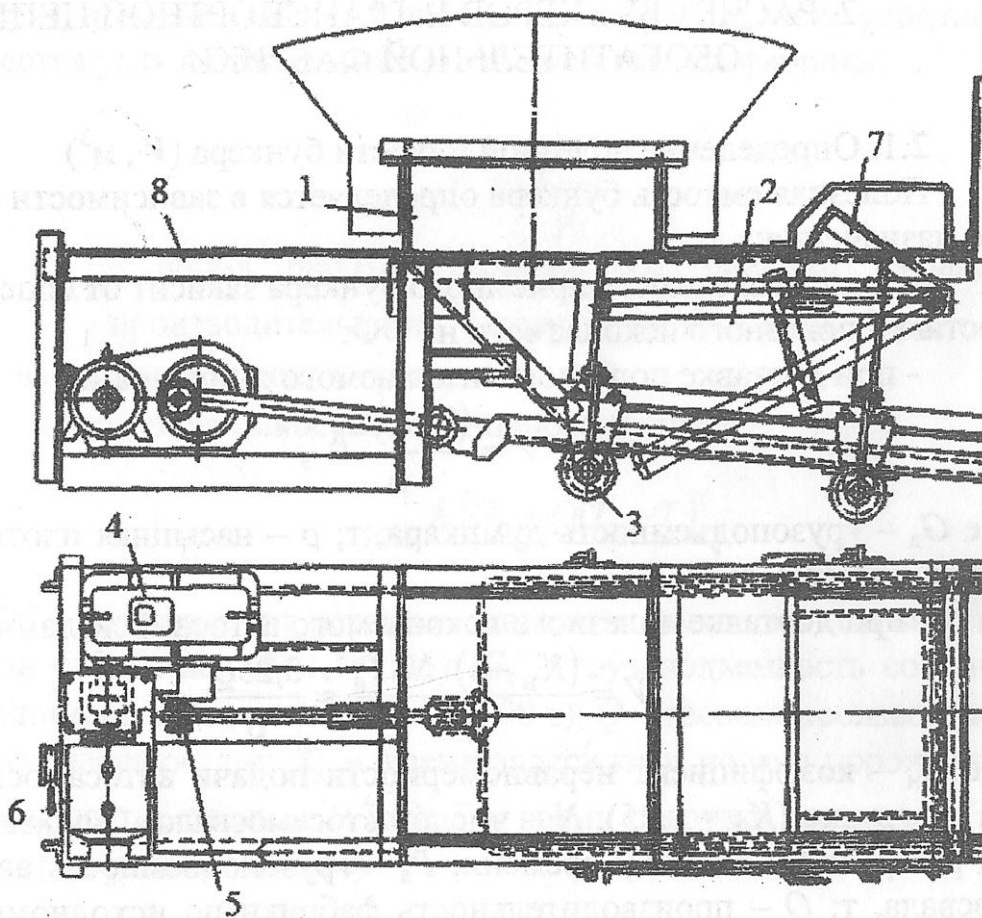


Рис. 1.5. Качающийся питатель

Регулирование производительности качающегося питателя осуществляется изменением высоты слоя материала (при помощи секторной заслонки 7, установленной между бортами) и величины хода лотка (перестановкой пальца кривошипа).

В последнее время на обогатительных фабриках качающиеся питатели вытесняются вибрационными питателями. Это объясняется простотой их конструкции и обслуживания, а также отсутствием вращающихся элементов. В вибропитателях перемещение материала производится посред-

ством микробросков. Благодаря высокочастотному колебательному движению желоба питателя, перемещаемому материалу сообщаются импульсы. Колебательные движения происходят столь быстро, что глаз не в состоянии различить отдельные фазы. Создается впечатление, что сыпучий материал течет по желобу, как жидкость.

2. РАСЧЕТ БУНКЕРОВ В ТРАНСПОРТНОЙ ЦЕПИ ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ

2.1. Определение полезной емкости бункера (V , м³)

Полезная емкость бункера определяется в зависимости от его назначения:

а) полезная емкость приемного бункера зависит от способа доставки полезного ископаемого на ОФ:

– при доставке полезного ископаемого думпкарами:

$$V = \frac{(2 \div 3)G_d}{\rho},$$

где G_d – грузоподъемность думпкара, т; ρ – насыпная плотность груза, т/м³ (см. табл. 2.1);

– при доставке полезного ископаемого автосамосвалами:

$$V = \frac{(K_n - 1) \cdot N \cdot P_a}{\rho} \approx \frac{0,25Q}{\rho},$$

где K_n – коэффициент неравномерности подачи автосамосвалов на разгрузку ($K_n = 1,25$); N – число автосамосвалов, подаваемых на разгрузку в единицу времени; P_a – грузоподъемность автосамосвала, т; Q – производительность фабрики по исходному сырью, т/ч;

– при доставке полезного ископаемого железнодорожным транспортом:

$$V = \frac{G_c}{\rho} \left(1 - \frac{Q_p}{Q_b} \right),$$

где G_c – грузоподъемность состава, т ($G_c = 1500 \div 2500$ т); Q_p – производительность механизмов, разгружающих бункер, т/ч; Q_b – производительность вагоноопрокидывателя, т/ч.

Обычно при $Q_v < Q_b$ емкость приемного бункера рассчитывается на прием 2 + 3 вагонов;

б) полезная емкость бункеров аккумулирующих и дозирочно-аккумулирующих бункерных устройств принимается в соответствии с нормами технологического проектирования: для центральных (ЦОФ) и групповых (ГОФ) углеобогатительных фабрик не менее чем на 8 ч (одна

смена) из расчета усреднения качества угля и обеспечения ритмичной работы фабрики.

$$V = \frac{t_{\text{ф}} \cdot Q_{\text{к}}}{\rho},$$

где $t_{\text{ф}}$ – время работы фабрики без загрузки сырья, ч; $Q_{\text{к}}$ – производительность погрузочного конвейера, т/ч; ρ – насыпная плотность груза, т/м³;

в) полезная емкость погрузочного бункера:

$$V = \frac{K[G_{\text{с}} + Q(T_3 - T)]}{\rho},$$

где K – коэффициент неравномерности поступления готового продукта с фабрики ($K = 1,1 \div 1,15$); $G_{\text{с}}$ – грузоподъемность состава, т (принимается в пределах 1500 ÷ 2000 т); Q – часовая производительность фабрики, т/ч; T_3 – время задержки в подаче порожняка, ч (принимается равным 2 ÷ 3 ч); T – время погрузки состава, ч (принимается равным 1,5 ÷ 2 ч).

2.2. Количество ячеек в бункере

Количество ячеек в бункере (n) принимается в зависимости от назначения бункера.

а) в приемном – в зависимости от длины фронта разгрузки и способа выдачи груза из приемного бункера в последующие пределы обогатительной фабрики (1 ÷ 6);

б) в аккумулирующем – в соответствии с технологической схемой фабрики (4 ÷ 12);

в) в погрузочном – в соответствии с технологической схемой, способом загрузки вагонов и сортностью отгружаемых продуктов обогащения (2 ÷ 6).

2.3. Полезная емкость ячейки:

$$V_{\text{я}} = \frac{V}{n}, \text{ м}^3.$$

2.4. Определение формы и размеров верхней части одной ячейки бункера

Форма и размер ячейки бункера принимаются в зависимости от назначения бункера:

– для приемных бункеров длина ячейки бункера согласуется с длиной вагона (прил. 1) (шириной кузова автосамосвала), а ширина бункера зависит от способа загрузки (при односторонней – от 5,5 до 6,5 м, при двухсторонней до 7,5 м);

– для аккумулирующих и погрузочных бункеров размеры ячеек (ширина B x длина A) принимаются в соответствии с шагом строительных колонн (6×6; 6×9; 6×12; 9×9; 9×12, м).

2.5. Определение размеров выпускного отверстия бункера

Размеры выпускного отверстия (b) зависят от формы разгрузки бункера и должны быть достаточными для обеспечения требуемой пропускной способности. Вместе с тем во избежание опасности резкого обрушения через отверстие больших масс груза выпускное отверстие бункера не должно быть излишне большим. При кусковатых насыпных грузах с типичной крупностью куска a' наименьший размер выпускного отверстия прямоугольной формы должен быть:

а) для боковых отверстий с наклонным днищем:

$$b \geq (4,5 \div 6,0) \cdot a';$$

б) для донных отверстий:

$$b \geq (4,0 \div 5,5) \cdot a'.$$

Для крупнокусковатых грузов размером $a'_{\max} > 300$ мм наименьший размер выпускного отверстия определяется как

$$b \geq k(a'_{\max} + 80) \cdot \operatorname{tg} \varphi, \text{ мм},$$

где k – опытный коэффициент (для сортированных грузов $k = 2,6$; для рядовых грузов $k = 2,4$); φ – угол естественного откоса (прил. 2).

2.6. Выбор подбункерного питателя

Питатели предназначены для равномерной выдачи нелипких сыпучих материалов крупностью не более половины ширины лотка из бункеров на транспортирующие устройства.

Выбор типа питателя (прил. 3) производится в зависимости от производительности бункера $V_{\text{п}} \geq \frac{0,3Q}{\rho}$, а также свойств транспортируемого материала (крупности, плотности, абразивности, влажности, вязкости). При выборе питателя необходимо учитывать количество рядов ячеек бункера. Например, если бункер имеет два ряда ячеек, величина производительности выбранного питателя должна быть в два раза меньше производительности бункера в целом.

Ширина грузонесущего органа питателя ($b_{\text{п}}$) не должна быть меньше ширины выпускного отверстия бункера (b). В то же время с целью эффективного использования рабочей поверхности грузонесущего органа его ширина не должна намного превышать размер выпускного отверстия бун-

кера. Если это условие не выполняется, необходимо скорректировать ширину выпускного отверстия бункера (b) в сторону увеличения. Длина выпускного отверстия бункера (a) принимается равной длине лотка (a_n) выбранного питателя.

2.7. Определение высоты (h , м) и угла наклона стенок (α , град) выпускной части бункера

В соответствии с характеристикой хранимого груза принимается угол наклона стенок выпускной части бункера и определяется ее высота:

$$\alpha = \varphi + (5 \div 10^\circ);$$

$$h = \frac{B-b}{2} \operatorname{tg} \alpha; \quad h = \frac{D-d}{2} \operatorname{tg} \alpha,$$

где B и b – ширина прямоугольного бункера соответственно по верху и по низу; D и d – диаметр круглого бункера соответственно по верху и по низу.

Угол α наклона стенок пирамидального днища бункера со стальной облицовкой принимают: $45 \div 50^\circ$ – для кусковатых угля и руды; $50 \div 55^\circ$ – для сухих мелких материалов; 60° – для угольной пыли и других материалов. Бетонные стенки днища угольных бункеров имеют угол наклона $55 \div 70^\circ$ соответственно для крупного и мелкого угля.

2.8. Определение параметров загрузочного устройства

Загрузка приемного бункера, чаще всего, осуществляется дискретно. При этом параметры загрузочного устройства принимаются в зависимости от способа погрузки. Так, например, при загрузке бункера из кузова автосамосвала, определяющим параметром при расчете приемных бункеров, помимо производительности, является ширина кузова. При вагонной загрузке – длина кузова вагона (прил. 1). При погрузке бункера бульдозером – ширина овала.

Загрузка аккумулялирующих и погрузочных бункеров осуществляется посредством горизонтальных конвейеров (челнокового или конвейера с разгрузочной тележкой). Одним из определяющих параметров этих конвейеров является ширина ленты:

$$B = \sqrt{\frac{Q}{Cv\rho}}, \text{ м,}$$

где v – скорость движения ленты (в предварительных расчетах принимается 2 м/с); C – коэффициент, зависящий от угла β наклона конвейера к горизонту, угла φ естественного откоса груза в покое и желобчатости ленты, характеризуемой углом α'_p наклона боковых роликов роликоопор верхней

ветви ленты (принимается 20° или 30°). Значения коэффициента C приведены в прил. 4.

Полученное значение ширины ленты (B , м) округляется до ближайшего большего из ряда: 0,3; 0,4; 0,5; 0,65; 0,8; 1; 1,2; 1,4; 1,6; 2; 2,5; 3.

2.9. Эпюра заполнения ячейки бункера

В зависимости параметров устройства загрузки бункера (ширины ленты конвейера погрузки, габаритов кузова думпкара, ширины кузова автосамосвала) строится эпюра заполнения ячейки бункера насыпным грузом. Данные, необходимые для построения эпюры принимаются по прил. 1,4, 5, 6.

2.10. Определение объема пустот бункера ($V_{\text{пуст}}, \text{м}^3$)

Объем пустот определяется согласно принятому типу бункера и виду загрузки (прил. 5).

2.11. Определение строительного (геометрического) объема ячейки бункера

$$V_0 = V_{\text{я}} + V_{\text{пуст}}, \text{м}^3.$$

2.12. Объем выпускной части бункера ($V_{\text{в}}, \text{м}^3$)

Объем выпускной части бункера определяется согласно типу бункера:

а) с прямоугольной пирамидальной воронкой:

$$V_{\text{в}} = \frac{h}{6} [AB + (A+a)(B+b) + ab];$$

б) с квадратной пирамидальной воронкой:

$$V_{\text{в}} = \frac{h}{3} (A^2 + Aa + a^2);$$

в) с конической воронкой:

$$V_{\text{в}} = \frac{\pi h}{12} (D^2 + Dd + d^2);$$

г) со сферическим днищем:

$$V_{\text{в}} = \frac{\pi h}{6} \left[\frac{3(D^2 + d^2)}{4} + h^2 \right].$$

2.13. Определение высоты бункера (H_B , м)

Высота верхней части бункера определяется в зависимости от сечения бункера:

а) высота верхней части для бункеров, имеющих коробчатое сечение:

$$H = \frac{V_0 - V_B}{AB};$$

б) высота верхней части для бункеров, имеющих круглое сечение:

$$H = \frac{4(V_0 - V_B)}{\pi D^2}.$$

Определим высоту бункера в целом: $H_B = H + h$.

Бункера, для которых справедливо условие $\frac{H + h}{B} \leq 2,5 \div 3,0$, называют мелкими.

2.14. Определение коэффициент заполнения бункера:

$$\Psi = \frac{V_{я}}{V_0}.$$

2.15. Определение вертикального давления на дно бункера (P_B , Па)

Давление на дно бункера зависит от размеров бункера:

а) для мелких бункеров:

$$P_B = 9,8n_d\rho(H + h), \text{ Па},$$

где ρ – насыпная плотность груза, т/м^3 ; n_d – коэффициент, учитывающий динамические воздействия падающего груза на стенки бункера, $n_d = 1,1 \div 1,4$ в зависимости от высоты падения, крупности и насыпной плотности груза;

б) для глубоких бункеров:

$$P_B = \frac{9,8\rho R}{f \cdot k_{\Pi}}, \text{ Па},$$

где f – коэффициент трения груза о стенки бункера (прил. 2); k_{Π} – коэффициент подвижности груза, для идеального сыпучего груза $k_{\Pi} = \left(\text{tg} \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \right)^2 R$ – гидравлический радиус бункера, равный отношению площади поперечного сечения бункера к его периметру.

Для бункеров с малыми размерами выпускного отверстия (площадь менее $4,0 \div 5,0 \text{ м}^2$) гидравлический радиус (R) выпускного отверстия определяется как:

а) для прямоугольного:

$$r_{\text{вып}} = \frac{(a - a'_{\text{max}})(b - b'_{\text{max}})}{2[(a - a'_{\text{max}}) + (b - a'_{\text{max}})]};$$

б) для квадратного:

$$r_{\text{вып}} = \frac{a - a'_{\text{max}}}{4};$$

в) для круглого:

$$r_{\text{вып}} = \frac{d - a'_{\text{max}}}{4}.$$

В прил. 2 приведены коэффициенты внешнего трения f в покое, при относительном движении они меньше на $10 \div 30 \%$, а в некоторых случаях могут выходить за эти пределы.

2.16. Скорость истечения груза из бункера:

$$v_{\text{Б}} = \lambda \sqrt{2 \frac{P_{\text{в}}}{\rho}}, \text{ м/с,}$$

где λ – коэффициент истечения груза (прил. 7); $P_{\text{в}}$ – вертикальное давление на уровне выпускного отверстия бункера, Па.

Если выпуск груза из бункера идет под углом α к горизонту, то скорость истечения груза определится:

$$v_{\alpha} = v_{\text{Б}} \cdot \sin \alpha.$$

2.17. Пропускная способность бункера

$$Q = 3600S v_{\text{Б}} \rho,$$

где S – площадь выпускного отверстия бункера, м^2 .

2.18. Эскиз бункера

По полученным данным строим эскиз бункера. Пример эскиза аккумуляторного бункера приведен на рис. 2.1. Пример эскиза погрузочного бункера приведен на рис. 2.2.

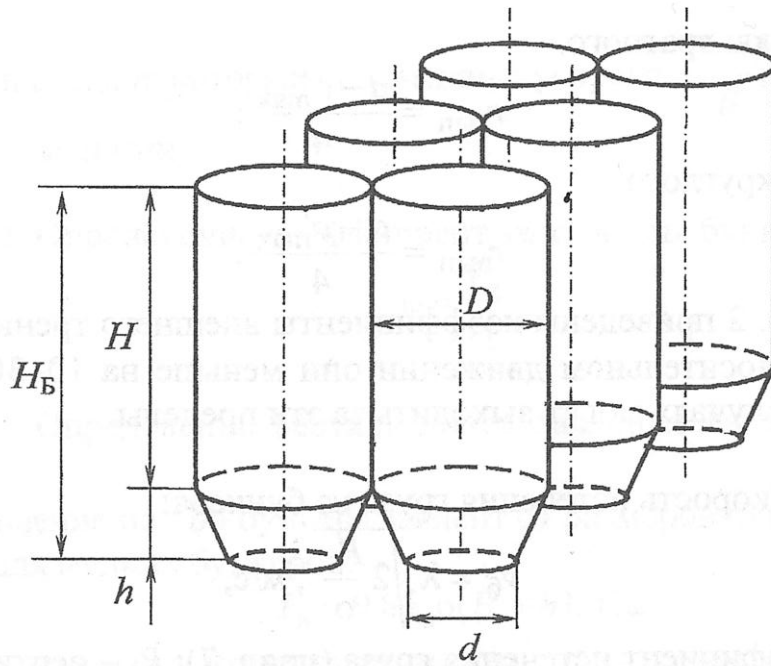


Рис. 2.1. Пример эскиза аккумулирующего бункера

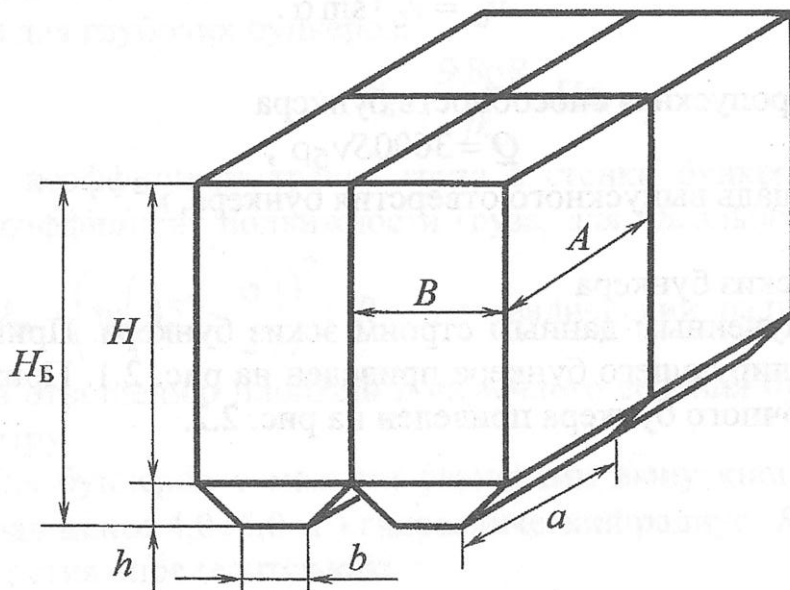


Рис. 2.2. Пример эскиза погрузочного бункера

Приложение 1

Характеристики кузовов думпкаров и автосамосвалов

	БелАЗ 7540	БелАЗ 7528	БелАЗ 7547	БелАЗ 7555	2ВС-60	2ВС-105
Ширина (длина) кузова, мм	4620	3700	4620	5240	7800	13400
Грузоподъемность, т	30	36	45	55	60	105

Приложение 2

Характеристики транспортируемых грузов

Грузы	Насыпная плотность ρ , т/м ³	Угол естественного откоса (в статике) ϕ , град	Средняя величина коэффициента трения f по стали	Средняя величина коэффициента трения f по бетону
Антрацит	0,80÷0,95	45	0,84	0,90
Уголь каменный кусковой (рядовой)	0,80÷0,95	30÷45	0,45÷0,80	0,5÷0,9
Уголь бурый	0,65÷0,75	30÷45	0,9	0,95÷1,0
Руда железная	2,5÷3,5	45÷50	1,2	1,3÷1,4
Руда марганцевая	1,4÷2,0	45÷50	1,0	1,2
Шлак	0,6÷0,9	35÷50	1,0	1,19
Щебень	1,8	35÷45	0,74	0,8÷0,9
Песок сухой	1,65	30÷35	0,8	0,98
Известняк мелкокусовой	1,2÷1,5	40÷45	0,56	0,7
Гравий рядовой округлый	1,6÷1,9	30÷45	0,8	0,95

Технические характеристики питателей

Тип питателя	Насыпная плотность ρ , т/м ³	Производительность питателя $V_{\text{п}}$, м ³ /ч	Габаритные размеры, мм (длина×ширина×высота)	Ширина лотка $b_{\text{п}}$, мм	Длина лотка $a_{\text{п}}$, мм
ПК-1,2-8,0	до 1,2	210	3100×1600×1100	800	1450
ПК-1,2-8		320	3600×1600×1500	800	1800
ПК-1,2-10		420	4000×1750×1500	1000	2060
ПК-1,2-12		630	4400×1950×1750	1250	2500
ПК-2,6-10	до 2,6	265	4000×1700×1600	1000	1900
ПК-2,6-12		350	4300×2200×1800	1250	2240
ПК-2,6-14		650	5100×2300×1800	1400	2650
ПВБ-2,4/2	до 2	445	2610×2580×1516	2410	2055
ПВА-1,5	до 1,5	60	1776×1470×774	1200	1200
ПВ-0,5/4		70	4265×1500×2110	51,4	4000
ПЭВМ	до 2	80	4300×2200×1800	700	1800
ПЛ1-30		120	3700×835×980	400	800
КЛ-8	до 2,6	275	3375×1350×1390	1250	2300
КЛ-10		385	3616×1372×1395	1400	2600
ДРО-585	до 2,8	150	6870×5440×6040	1000	1400
ДРО-708		250	6000×3600×3800	1250	2400
ДРО-683		300	7000×4800×4000	1600	2400
ПКЛ 8-0	до 1,2	200	2780×1418×1004	828	1500
ПЭВЗ-2×9,5		90	3510×1240×1610	700	1800

Значение коэффициента C

Угол естественного откоса груза в покое φ , град	Угол наклона конвейера β , град							
	0–10		11–15		16–18		19–22	
	Угол наклона боковых роликов роликоопор a'_p , град							
	20	30	20	30	20	30	20	30
25–30	260	300	250	285	235	270	220	255
30–35	280	325	270	305	255	290	240	275
35–40	295	340	280	325	260	300	250	290
40–45	315	365	300	365	285	325	270	310

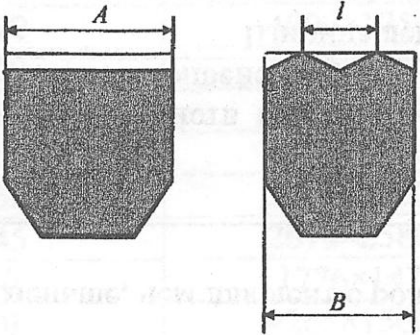
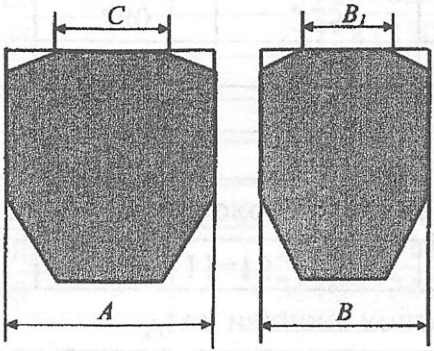
Примечания:

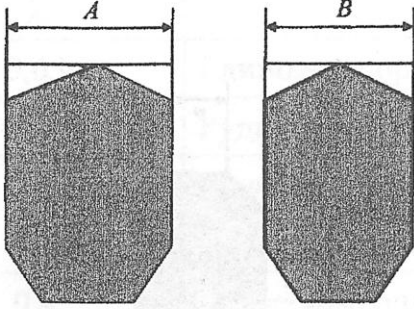
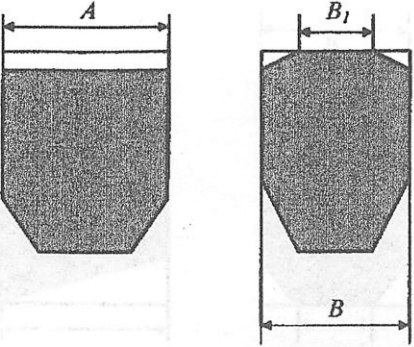
1. Коэффициент C для плоских лент в два раза меньше, чем для лент с роликоопорами, имеющими угол $a'_p = 20^\circ$.
2. Подвижность частиц груза принята средняя.

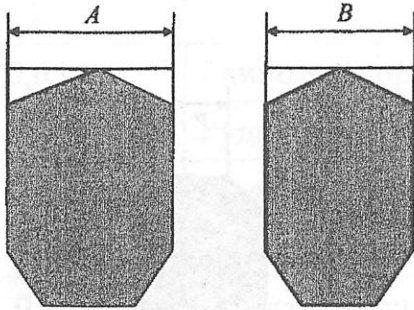
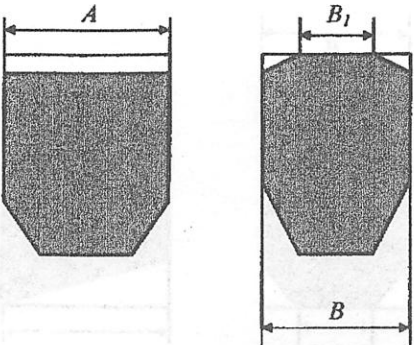
Расстояние между осями рукавов разгрузочных устройств конвейера l , м
в зависимости от ширины ленты B погрузочного конвейера бункера

Тип сбрасывающего устройства	Ширина ленты B , м						
	0,65	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	2,0
Двухбарабанная тележка	–	2,05	2,35	2,75	3,0	3,53	4,6
Двухсторонний плужковый сбрасыватель	1,83	2,03	2,23	2,5	–	–	–
Челноковый конвейер $B_1 = 0,8B_{\text{л}}$	0,52	0,64	0,8	0,96	1,12	1,28	–

Эпюры заполнения ячеек бункеров сыпучим грузом

Тип бункера	Вид загрузки бункера	Эпюры заполнения грузом ячейки	Объем пустот
1	2	3	4
Прямоугольный комбинированный	двухбарабанной разгрузочной тележкой или двухсторонним плужковым сбрасывателем		$V_{\text{пуст}} = \frac{A}{4} \operatorname{tg} \varphi \left[(B - l)^2 + l^2 \right]$
Прямоугольный комбинированный	вагонным опрокидывателем		$V_{\text{пуст}} = \frac{A - C}{4} (B - B_1)^2 \operatorname{tg} \varphi$ <p>B_1 – принимается по табл. 5</p>

1	2	3	4
<p>Прямоугольный или квадратный ($A=B$) комбинированный</p>	<p>конусное заполнение через концевой бара- бан конвейера или стационарным одно- сторонним сбрасыва- телем</p>		$V_{\text{пуст}} = \left(\frac{1}{2} AB^2 - \frac{\pi}{12} B^3 \right) \operatorname{tg} \varphi$
<p>Прямоугольный комбинированный</p>	<p>челноковым конвейером</p>		$V_{\text{пуст}} = \frac{A}{4} (B - B_1)^2 \operatorname{tg} \varphi$ <p>B_1 - принимается по табл. 5</p>

1	2	3	4
<p>Прямоугольный или квадратный ($A=B$) комбинированный</p>	<p>конусное заполнение через концевой бара- бан конвейера или стационарным одно- сторонним сбрасыва- телем</p>		$V_{\text{пуст}} = \left(\frac{1}{2} AB^2 - \frac{\pi}{12} B^3 \right) \operatorname{tg} \varphi$
<p>Прямоугольный комбинированный</p>	<p>челноковым конвейером</p>		$V_{\text{пуст}} = \frac{A}{4} (B - B_1)^2 \operatorname{tg} \varphi$ <p>B_1 - принимается по табл. 5</p>

Значения коэффициента истечения λ

Груз	λ	Груз	λ
Песок сухой	0,65	Глинозем порошок	0,35
Шлак мелкий	0,5	Руда рядовая	0,3
Уголь с мелочью	0,4	Известняк мелкий	0,25
Спек дробленный	0,4	Песок влажный	0,2
Нефелиновый концентрат	0,4	Древесные опилки	0,2

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Батаногов, А. П. Подъемно-транспортное, хвостовое и ремонтное хозяйство обогатительных фабрик : учебник / А. П. Батаногов. – М. : Недра, 1989. – 336 с.
2. Шешко, Е. Е. Горнотранспортные машины и оборудование для открытых горных работ : учеб. пособие для вузов / Е. Е. Шешко. – М. : Изд-во Моск. горн. ун-та, 2006. – 260 с.
3. Кузнецов, Б. А. Транспорт на горных предприятиях : учебник / Б. А. Кузнецов. – М. : Недра, 1976. – 552 с.
4. Зенков, Р. Л. Машины непрерывного транспорта : учебник / Р. Л. Зенков, И. И. Ивашков, Л. Н. Колобов. – М. : Машиностроение, 1987. – 432 с.