

Лекция 8

БУНКЕРЫ

1. Общие сведения

Бункером называют емкость для временного хранения сыпучих и кусковатых материалов, разгружающихся через нижнюю часть, оборудованную затворами или питателями. Бункера устанавливают в общей цепи транспортного, и технологического оборудования обогатительных фабрик. Загружают бункера через открытый верх или загрузочные отверстия; разгружают через отверстия в днище или внизу боковых стенок. Для закрывания и открывания выпускных отверстий бункеров, служат бункерные затворы. В некоторых случаях они предназначены также для регулирования выходящего через них потока насыпного груза. Движение груза по бункеру от места загрузки до места разгрузки и истечение через разгрузочные отверстия происходят под действием силы тяжести груза.

Наличие бункеров в общей цепи транспортного и технологического оборудования обеспечивает независимость его работы в целесообразных режимах. Время работы сопряженных транспортных машин и технологического оборудования наряду с их производительностью определяет требуемую вместимость бункеров.

Бункера могут быть также распределительными — для распределения продукта от одного высокопроизводительного технологического агрегата на несколько агрегатов меньшей производительности; усреднительными — для усреднения поступающего на фабрику исходного продукта; индивидуальными.— обеспечивающими непрерывную работу отдельных агрегатов обогатительной фабрики.

2. Конструкции бункеров и бункерных затворов

Бункер состоит из двух основных, частей — верхней (корпуса), образованной вертикальными, стенками, и нижней, выполненной в виде воронки, стенки которой обеспечивают самотечную разгрузку материала через люк. По форме поперечного сечения корпуса бункера бывают., прямоугольными, круглыми и многогранными. Обычно применяют пирамидальные бункера (сочетание прямоугольной призмы и пирамиды). С целью удобства и быстроты загрузки, а также размещения двух или нескольких выпускных отверстий бункера большой вместимости делают удлиненной формы с перегородками, разделяющими их на ячейки, или устанавливают бункера параллельно в два или более рядов. Увеличение числа разгрузочных воронок ведет к увеличению числа питателей, что усложняет условия эксплуатации бункерного устройства.

Бункера изготавливают из металла, бетона, железобетона, дерева и комбинированными. Наибольшее распространение на обогатительных фабриках получили бункера со стенками из листовой стали и каркасом из профильной стали сварной или клёпаной конструкции, а также железобетонные. Бункера устанавливают на колоннах или внутри здания.

Для улучшения условий истечения материала, предохранения от механических повреждений и износа стенок бункеров их облицовывают съемными стальными плитами, специальным износостойким стеклом.

Для обеспечения полной самотечной выгрузки материала из бункера угол наклона стенок бункерной воронки должен быть больше угла трения покоя сыпучего, материала. Рекомендуемые углы наклона стенок пирамидальных воронок с облицовкой" стальными плитами: для кусковатых угля и руды 45—50°; для сухих мелких материалов 50—55°; для угольной пыли до 60°.

Для разгрузки бункера отверстия располагают по центру днища и сбоку по одну или по обе стороны.

Для разгрузки железнодорожных вагонов применяют щелевые бункера, которые имеют форму длинных призматических оболочек с продольной щелью в нижней части по всей длине бункера.

К *бункерным затворам* предъявляются следующие требования: удобство маневрирования, быстродействие, плотность закрывания, возможность регулирования потока материала, минимальные возможные габариты, простая и прочная конструкция, возможность автоматического управления.

Привод бункерных затворов может быть ручным и механическим (электрическим, пневматическим, гидравлическим). Наибольшие преимущества имеют приводы прямого действия — пневматические и гидравлические.

По принципу действия бункерные затворы разделяются на две группы: отсекающие поток материала (шиберные, секторные) и создающие подпор (лотковые).

Для легких, хорошо сыпучих мелких и среднекусковых материалов применяют шиберные (плоские) затворы с горизонтальным (рис. 1, а), наклонным или вертикальным (рис. 1, б) расположением. Разновидность плоского затвора — ленточный гусеничный затвор (рис. 1, в), состоящий из бесконечной конвейерной ленты 2, подвижной рамы 1 с двумя барабанами 5, опорных роликов 3. При передвижении рамы в ту или другую сторону выпускное отверстие 4 закрывается или открывается.

Бункерные затворы лоткового типа (рис. 1, г) создают подпор поворотом шарнирного лотка 1. Они при закрывании выпускного отверстия 2 не защемяют кусков материала и допускают регулирование потока материала изменением угла наклона лотка.

Секторные затворы (рис. 1, д—и) более универсальны по сравнению с шиберными и применяются для мелких, легких и твердых тяжелых

кучковатых материалов. Открывают выпускное отверстие опусканием или подниманием затвора; закрывают, отсекая поток материала снизу или сверху. При отсекании потока материала сверху возможно попадание под затвор кусков материала, а вследствие этого неплотное закрывание выпускного отверстия.

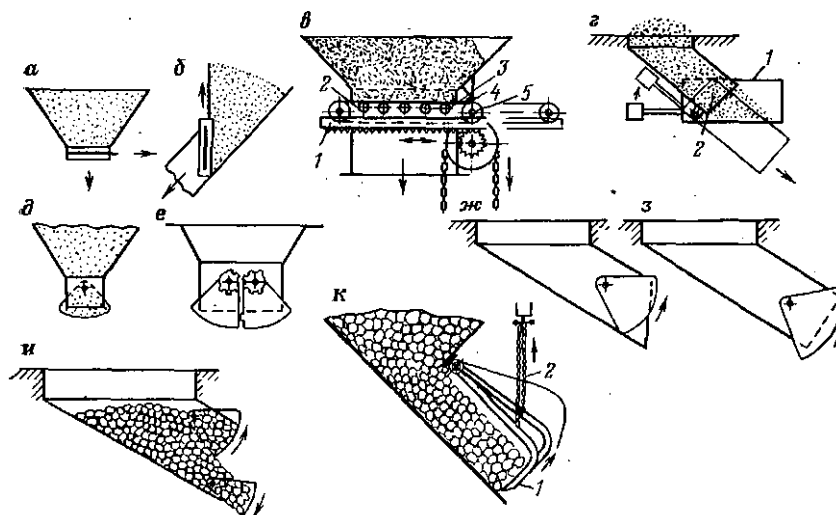


Рис. 1. Схемы бункерных затворов

Для тяжелых кусковатых материалов следует применять закрывающиеся снизу вверх обратные затворы, которые лучше прямых выдерживают удары и давление крупных тяжелых кусков.

Разновидность секторного затвора — пальцевый затвор (рис. 1, к), состоящий из отдельных тяжелых, изогнутых и заостренных на конце рычагов (пальцев) 1, подвешенных каждый на своей цепи 2. Пальцы при опускании проникают в толщу материала, а попав на крупный кусок, прижимают его к плоскости лотка, закрывая выпускное отверстие. При открывании затвора пальцы поднимаются цепями от одного привода.

3. Основы расчета бункеров

Полезная вместимость V_n бункера и его геометрическая вместимость V_0 связаны соотношением $V_n/V_0 = \psi$, где ψ — коэффициент заполнения бункера, зависящий от

его формы, размера и способа заполнения. Вместимость бункера измеряется в кубических метрах [м³] или тоннах [т].

При определении полезной вместимости бункера необходимо из геометрической вместимости вычесть незаполненный объем в верхней его части и объем V_2 материала, который не может самотеком разгрузиться через открытый нижний люк.

В соответствии с этим в общем случае

$$\Psi = \frac{V_{\pi}}{V_0} = \frac{V_0 - (V_1 + V_2)}{V_0} = 1 - \frac{V_1 + V_2}{V_0}.$$

Проектируя бункер, необходимо стремиться к тому, чтобы он имел возможно более высокий коэффициент заполнения и разгружался полностью самотеком.

В отдельных случаях, особенно для кусковатого тяжелого материала, бункер проектируют таким образом, чтобы часть материала оставалась на дне и служила защитным слоем, предохраняющим дно от ударов падающих кусков.

Коэффициент заполнения закрытого бункера меньше единицы, открытого — может быть и больше единицы. Для бункеров с одинаковыми размерами в плане коэффициент заполнения зависит от высоты корпуса, а при одинаковых размерах поперечного сечения и одинаковой высоте корпуса — от числа и расположения загрузочных люков.

Коэффициент заполнения бункера составляет в среднем 0,8—0,85.

Д а в л е н и е P реального сыпучего материала на стенки бункера вследствие трения частиц между собой и о стенки сосуда меньше давления «идеального сыпучего материала». Оно определяется по формуле

$$P = \rho ghK,$$

где ρ — плотность материала; g — ускорение свободного падения; h — глубина от верхнего уровня материала; K — коэффициент подвижности насыпного материала, $K=(1-\sin\varphi)/(1+\sin\varphi)<1$; φ — угол внутреннего трения, приблизительно равный углу естественного откоса материала в покое.

Приведенная формула дает приближенное значение давления на стенки бункеров при небольшой их глубине (т. е. глубина которых не превышает их поперечных размеров). Для более глубоких бункеров необходимо учитывать силы трения материала о стенки, влияющие тем сильнее, чем больше коэффициент трения f груза о стенки и чем меньше гидравлический радиус поперечного сечения бункера $R=F/L$, т. е. чем меньше отношение площади поперечного сечения бункера F к его периметру L .

После определенной глубины бункера максимальное горизонтальное давление на стенки не возрастает и практически стабилизируется.

$$P_{\max} = \rho g R / f$$

Максимальное вертикальное давление

$$P'_{\max} = \rho g R / (fK).$$

В связи с тем, что значения K и f изменяются примерно обратно пропорционально друг другу, для практических расчетов можно принимать $Kf \cong \text{const} \cong 0,2$. Тогда $P'_{\max} \cong \text{const} \cong 5\rho g R$

Для кусковых насыпных материалов с типичной крупностью a кусков наименьший размер b выпускного отверстия прямоугольной формы бункера должен быть:

для донных отверстий $b \geq (4-5,5)a$;

для боковых отверстий с наклонным днищем $b \geq (4,5-6)a$.

Для мелкокусковых материалов размеры выпускных отверстий принимают в зависимости от требующейся пропускной способности, но не меньше 300—400 мм.

4. Эксплуатация бункеров

Обслуживание бункеров независимо от их назначения заключается в основном в их заполнении, управлении устройствами, служащими для подачи насыпного материала и его выгрузки.

Одно из основных требований, предъявляемых к бункерам,— беспрепятственная и полная самотечная выгрузка из них материала.

При симметрично расположенном выпускном отверстии сначала в движение приходит только столб сыпучего материала, находящийся над выпускным отверстием (рис. 2, *a*), — высыпается часть 1, имеющая форму конуса или клина (в зависимости от формы выпускного отверстия), затем расположенная над нею часть 2, имеющая форму эллипсоида, далее сдвигаются части 3 и последними части 4. К моменту окончания процесса истечения в нижней части бункера образуется воронка из части 5 материала, заполняющего «мертвое» пространство. Для полного опорожнения бункера нижнюю часть стенок его делают наклонной. Наименьший угол наклона стенок зависит от коэффициента трения груза о стенку, возрастая с его увеличением. Для сортированного угля этот угол составляет 45—50°, для мелкого угля 60°, для руды не менее 65°.

Представленный процесс истечения материала характерен для хорошо сыпучих материалов. Насыщенные водой сыпучие материалы (пульпа) при истечении из бункера опускаются равномерно по всему поперечному сечению. Такой характер истечения материала называют гидравлическим. При встряхивании бункера с помощью вибровозбудителей наблюдается гидравлический характер истечения сухих сыпучих материалов.

Разгрузка бункеров может нарушаться в результате сводообразования, заклинивания кусков в выпускном отверстии, зависания и смерзания материала.

В процессе эксплуатации бункеров наблюдаются явления с е г р е г а ц и и — самопроизвольное распределение загружаемого в бункер сыпучего материала по крупности.

Сводообразование (рис. 2, б) над выпускными отверстиями бункеров может происходить при хранении в них кусковатых и мелких влажных и слеживающихся материалов. Своды из материала образуются в виде куполов или арок в результате случайного сводообразного расположения кусков 1 над выпускными отверстиями (для кусковатых материалов) или в связи с поперечным распором под действием силы тяжести вышележащих слоев материала. Образующийся свод опирается на стенки суживающейся части бункера.

З а к л и н и в а н и е кусков наблюдается при несоответствии размеров выпускных отверстий и крупности материала.

Для ликвидации сводообразования и заклинивания применяют ручные и механические средства. Вручную свод разрушают через специальные отверстия в стенках бункеров. Обрушение сводов можно производить с помощью пневматических и вибрационных устройств, цепных шуровочных приспособлений.

З а в и с а н и е м называют образование очагов слежавшегося материала, удерживающегося на наклонных стенках, неровностях внутри бункера и остающегося на них при открытом выпускном отверстии. Оно происходит при хранении материалов с большим содержанием мелочи (особенно класса ниже 3—5 мм) и влажных.

Более вероятно возникновение зависания материала при неравномерных загрузке и разгрузке бункера, так как при этом материал падает с большей высоты и в большей мере уплотняется, чем при равномерных загрузке и разгрузке.

Для исключения зависания материала внутреннюю поверхность бункера выполняют без выступов и неровностей, выпускные воронки

облицовывают металлическими листами или изготавливают из металла, угол наклона стенок воронки принимают больше, чем для кусковатого материала.

При эксплуатации аккумулирующих бункеров, применяемых для усреднения рядовых углей, необходимо стремиться к равномерной загрузке по сечению бункера. Это может быть достигнуто перемещением загрузочного устройства над загружаемым бункером. Установлено, что коэффициент усреднения при загрузке в челноковом режиме достигает 34—40%, а при загрузке в одну точку 20—27%.

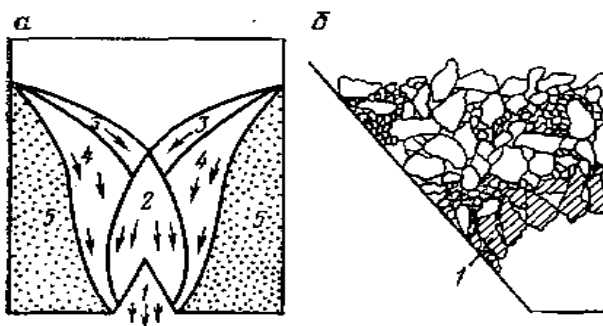


Рис. 2. Схемы процессов истечения насыпного груза из бункеров и сводообразования