

ВЛИЯНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ПОТОКА НА ПРЕДЕЛЫ СУЩЕСТВОВАНИЯ ПСЕВДООЖИЖЕННОГО СЛОЯ

Е. В. ДОНАТ, Т. Н. СЫЧЕВА

(Пермь)

Принято считать, что зернистые материалы могут находиться в псевдоожигенном состоянии только в пределах, ограниченных, с одной стороны, скоростью псевдоожигения, а с другой — скоростью потока, равной скорости витания [1, 2].

Наличие у различных двухфазных турбулентных потоков для каждой скорости их движения так называемой предельной транспортирующей способности [3-6] дает основание полагать, что в определенных пределах существования псевдоожигенного слоя в аппаратах, высота которых превышает зону сепарации частиц, определяется также и транспортирующей способностью восходящего потока газа и количеством материала, находящегося с ним в контакте. Если при взаимодействии потока с материалом последний делается насыщенным ими, то величина уноса не будет зависеть от количества материала, находящегося в контакте с потоком.

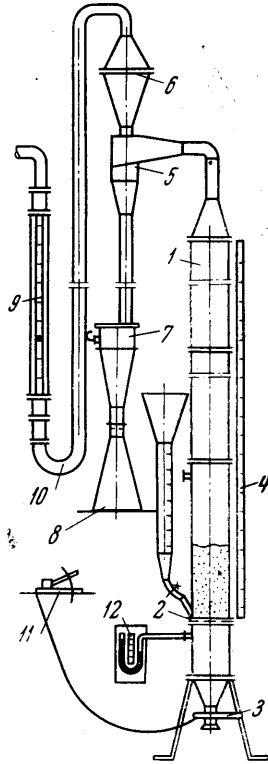
Ниже приводятся некоторые результаты экспериментального исследования, подтверждающие это положение, а также позволяющие установить величину подачи материала в аппарат, при которой обеспечивается существование псевдоожигенного слоя при скоростях потока, превышающих скорости витания частиц.

Схема устройства опытной установки представлена на фиг. 1, где 1 — корпус аппарата, 2 — распределительная решетка, 3 — коллектор, 4 — измерительная планка (шкала), 5 — циклон, 6 — фильтр, 7 — шибер, 8 — колба, 9 — ротаметр, 10 — гибкий шланг, 11 — микроманометр, 12 — манометр. Опыты проводились на модели с псевдоожигенным слоем, представляющим собой вертикальную трубу диаметром 0.1 м и высотой 3.0 м. Нижний участок трубопровода высотой 1.0 м для удобства наблюдения был изготовлен из органического стекла. В его нижней части между фланцами была установлена решетка с диаметром отверстий 2.0 мм (0.002 м) и живым сечением 0.0294. Подобные решетки наиболее часто применяются в различных типах аппаратов с псевдоожигенными слоями [6, 7].

Высота аппарата при всех условиях опыта значительно превышала зону сепарации частиц над псевдоожигенным слоем. Если расчетная зона сепарации превысит высоту аппарата, то, как известно [8, 9], некоторая часть материала выносятся из него уже не под действием аэродинамических сил потока, определяющих его несущую способность, а вследствие импульсов (толчков), полученных частицами при их выходе из псевдоожигенного слоя. Получив такие импульсы, частицы, двигаясь по инерции, поднимаются на некоторую высоту и выносятся из аппарата, даже если их скорость витания больше скорости потока. В этих условиях высказанное выше предположение не оправдывается, и зависимость между высотой слоя и величиной уноса носит совершенно другой характер.

Просеиванием на стандартных ситах была приготовлена серия фракций с однородными по размерам частицами. Для удаления остающихся в материале некоторого количества пыли и мелких частиц все фракции перед опытами интенсивно продувались в псевдоожигенном состоянии потоком воздуха.

Форма частиц всех исследуемых материалов была округленная. Ниже приводятся основная характеристика: d — размеры в мм, $\langle d \rangle$ — средний размер в мм, ρ — удельный вес в $г/см^3$, v — $\langle d \rangle$ скорость витания в $м/сек$, v° — опытная скорость витания.



Фиг. 1

d	$\langle d \rangle$	ρ	v	v°	
+0.160—0.200	0.180	6330	0.28	0.26	Алюмосиликатный катализатор
+0.200—0.315	0.283	6330	0.65	0.60	
+0.315—0.400	0.358	6330	0.85	0.85	Песок мелкозернистый
+0.200—0.315	0.283	14230	1.25	1.20	

Навеска каждой из монофракций до пропускания воздуха засыпалась слоем необходимой высоты на решетку. Высота слоя и сепарационного пространства измерялись при помощи прикрепленной к наружной поверхности аппарата планки с миллиметровой шкалой 4. При каждой скорости потока от опыта к опыту последовательно увеличивали высоту псевдооживленного слоя от 0.01 до 0.30—0.45 м. Вакуум-насосом обеспечивалось прохождение через аппарат заданного расхода воздуха, вызывающего псевдооживление материала и унос некоторой части его. Для этого скорость потока устанавливалась несколько большей по величине, чем скорость витания частиц монофракции, загруженной в аппарат.

Скорость потока замерялась при помощи тарированного коллектора 3, установленного на входе в аппарат, и дополнительно ротаметром 9, расположенным за пылеуловителем 6.

Частицы, выносимые из аппарата, улавливались циклоном 5, в верхней части которого вмонтирован матерчатый фильтр 6. Из пылеуловителя 6 унос поступал в колбу 8.

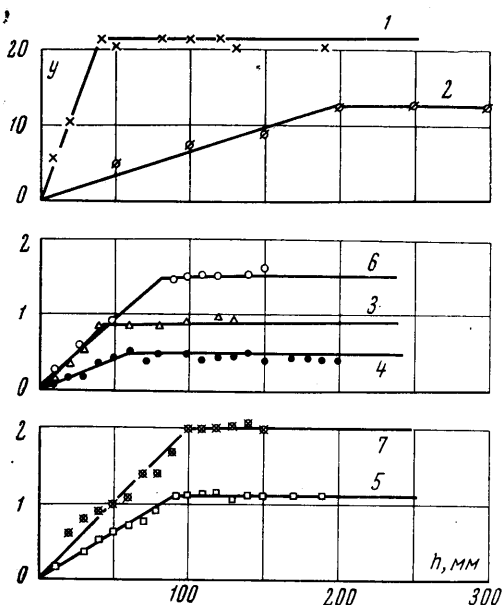
Во время каждого опыта при постоянной скорости потока прекрыванием шибера 7 в колбу 8 последовательно через равные промежутки времени отбиралось от четырех до семи проб уноса, которые взвешивались на аналитических весах. Первая из этих проб по весу обычно несколько превышала последующие, поскольку на ее величину влиял нестационарный период процесса, существующий некоторое время после подачи воздуха в установку. Остальные пробы были близки между собой по величине.

Среднее значение и принималось за величину уноса при данных условиях. Вес каждой пробы путем регулирования временем отбора устанавливался таким по величине, чтобы за время опыта высота псевдооживленного слоя менялась незначительно. Это позволило производить опыт при периодической загрузке материала в аппарат.

Аналогичные серии опытов выполнялись со всеми монофракциями с различными скоростями воздуха.

Результаты опытов представлены в виде кривых. На фиг. 2 по оси ординат отложена концентрация частиц в потоке y (унос в $г/м^3$), равная частному от деления веса унесенного материала на расход воздуха за то же время, а по оси абсцисс нанесена высота псевдооживленного слоя h [мм], загруженного в аппарат материала до начала опыта.

Кривые 1, ..., 5 соответствуют следующим монофракциям алюмосиликатного катализатора, кривые 6 и 7 — песку



Фиг. 2

	V , м/сек	v , м/сек
1 + 0.160—0.200	0.325	0.26
2 + 0.200—0.315	1.0	0.65
3 + 0.315—0.400	1.0	0.85
4 + 0.315—0.400	1.1	0.85
5 + 0.315—0.400	1.2	0.85
6 + 0.200—0.315	1.7	1.2
7 + 0.200—0.315	1.8	1.2

Эти данные показывают, что концентрация частиц в потоке, проходящем через псевдооживленный слой с постоянной скоростью, сначала увеличивается пропорционально высоте слоя. Достигнув определенного значения, концентрация частиц в потоке делается постоянной и независимой от дальнейшего увеличения высоты псевдооживленного слоя данного материала. Псевдооживленный слой можно рассматривать как своеобразный контакт потока с материалом. Степень насыщения потока частицами при этом будет функцией времени движения контакта потока с частицами и интенсивности «кипения» слоя, т. е. скорости движения потока. При некоторой высоте слоя поток, движущийся с определенной скоростью, делается полностью насыщенным частицами данной крупности. После этого величина уноса уже не зависит от высоты псевдооживленного слоя и определяется только несущей способностью восходящего потока. Если после достижения предельной высоты слоя вводить в аппарат такое количество материала, которое равно или превышает унос, то псевдооживленный

слой будет устойчиво существовать даже при скоростях потока, значительно превышающих скорость витания частиц.

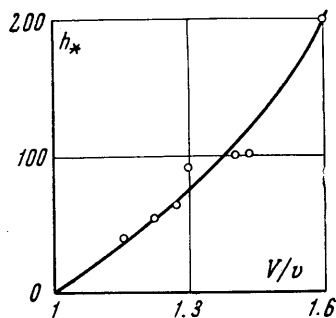
Таким образом, верхняя область существования псевдооживленного слоя определяется не только скоростью витания частиц, но в определенных условиях зависит также от несущей способности потока и количества материала, находящегося с ним в контакте. Как только высота слоя превысит определенное значение, она больше не влияет на величину уноса.

Как видно из фиг. 2, указанная предельная высота слоя h_* , представляющая абсциссу точки пересечения горизонтальной и наклонной частей опытной зависимости для каждого материала, будет для условий наших опытов функцией скорости витания частиц и скорости потока.

На фиг. 3 показана зависимость предельной высоты слоя h_* от величины отношения скорости потока V к скорости витания v частиц V/v , которое, как известно [11-13], применяется в качестве универсальной безразмерной характеристики процесса уноса материала, а его знаменатель — как универсальная характеристика аэродинамических свойств частиц.

На фиг. 3 видно, что величина предельной высоты слоя h_* увеличивается с ростом этого отношения. При помощи графиков на фиг. 2 и 3 можно определить для однородных материалов, близких по свойствам к испытанным, как высоту псевдооживленного слоя, при которой поток делается насыщенным частицами, так и количество материала, которое, надо вводить в аппарат, чтобы обеспечить существование слоя при скоростях потока, превышающих скорость витания его частиц.

Как показали проведенные опыты, зависимости, показанные на фиг. 2 и 3, справедливы только до начала поршневого проскока, фонтанирования и значительных пульсаций слоя. При возникновении этих режимов резко возрастает величина уноса вследствие инерционного выброса частиц, что резко отражается на виде зависимости между высотой слоя и величиной уноса. Как указывалось, превышение зоной сепарации высоты аппарата исключает применение предложенных зависимостей.



Фиг. 3

Поступило 18 IV 1966

ЛИТЕРАТУРА

1. Гельперин Н. И., Айнштейн В. Г., Гойхман И. Д. О пределах существования псевдооживленного слоя. Инж.-физ. ж., 1964, т. 7, № 7, стр. 15.
2. Сыромятников Н. И., Волков В. Ф. Процессы в кипящем слое. Свердловск, Metallurgizdat, 1959.
3. Юфин А. П., Гидромеханизация. Стройиздат, 1965.
4. Великанов И. А. Русловой процесс. Физматгиз, 1958.
5. Донат Е. В. Предельные концентрации твердых частиц, взвешенных в турбулентном потоке газа. Изв. АН СССР, ОТН, Metallургия и топливо, 1962, № 3.
6. Забродский С. С. Некоторые вопросы аэродинамики псевдооживленного (кипящего) слоя. Тр. Ин-та энергетики АН БССР, 1957, вып. 3, стр. 94.
7. Фридланд М. И., Скобло А. И. Исследование процесса выноса частиц из кипящего слоя. Изв. высш. учебн. завед. Нефть и газ, 1960, т. 1, № 6, стр. 71-78.
8. Zenz F. A., Weil N. A. A theoretical-empirical approach to the mechanism of particle entrainment from fluidized beds, Amer. Industr. Chem. Engng. J., 1958, vol. 4, p. 472-479.
9. Донат Е. В. Распределение концентрации частиц по высоте аппарата с кипящим слоем. Ж. прикл. химии, 1962, т. 35, № 7.
10. Лобаев В. Н. Расчет воздухопроводов вентиляционных компрессорных и пневмотранспортных установок. Стройиздат, УССР, 1959.
11. Фридланд М. И. Диссертация. МИНХ и ГП, 1962.
12. Leva M. Fluidization. New York, McGraw-Hill, 1959.
13. Osberg G. L., Charlesworth D. H. Elutriation in a fluidized bed. Chem. Engng. Progr., 1951, vol. 47, No. 11, p. 566-570.