

3. Прушак, В.Я. Разработка и внедрение новой технологической линии по производству сложносмешанных NPK-удобрений / В.Я. Прушак, И.М. Заяц, В.И. Новокшонова // Proceedings: XII Национальная конф. с междунар. участием по открытой и подводной добыче полезных ископаемых, Варна, 26–30 июня 2013 г. / Научно-технический Союз по горному делу, геологии и металлургии. – Варна, 2013. – С. 359–362.

4. Сковородников П.В., Черепанова М.В. Особенности процесса гранулирования органоминеральных удобрений методом окатывания // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2019. Т. 330. № 9. С. 51–59.

УДК 66.021.3

Ланкин Р.И., Францкевич В.С.
(БГТУ)

Шаповалов Ю.П.
(ООО «Газоочистка инжиниринг»)

ГИДРОДИНАМИКА В АППАРАТАХ С ПОДВИЖНОЙ НАСАДКОЙ

Мокрая очистка – один из эффективных способов удаления загрязнений из газовых потоков. Аппараты мокрого пылеулавливания (скрубберы и абсорберы) просты по конструкции. Широкое распространение в пылеулавливании получили аппараты с подвижной насадкой, несмотря на то, что появились они сравнительно недавно. Аппараты с подвижной насадкой могут работать при различных режимах.

В аппаратах с подвижной насадкой увеличение эффективности процессов массообмена обеспечивается псевдооживленными насадочными телами. Насадки, находящиеся внутри аппарата, удерживаются в подвешенном состоянии потоком газа. Жидкость, орошающая насадку, создает пленку, закрывающую поверхность насадочных тел, или, в более насыщенных режимах, включается в состав барботажного газожидкостного слоя, либо находится в виде струй и капель, распределенных в газе.

Абсорбер разделен поперечными газораспределительными решетками на секции. На решетки помещается насадка из элементов определенной формы. Нижняя решетка называется опорно-распределительной и необходима для предотвращения провала элементов насадочных тел, а верхняя – ограничительная – предотвращает унос насадки за пределы слоя. В аппаратах может находиться несколько секций: в этом случае часть опорных решеток выступает в качестве ограничительных решеток для нижележащих секций.

Для некоторой скорости газа насадка будет находиться в неподвижном состоянии (рисунок 1, *а*). Если при параллельной подаче орошающей жидкости в аппарат увеличивать постепенно расход газа, насадка переходит в псевдооживенное состояние (рисунок 1, *б*). При этом каждой скорости газа соответствует определенная высота псевдооживенного слоя. При дальнейшем увеличении скорости газа в зависимости от начальной высоты неподвижного слоя насадка может прижаться к верхней решетке, при этом создается «плавающий» слой псевдооживенной насадки (рисунок 1, *в*).

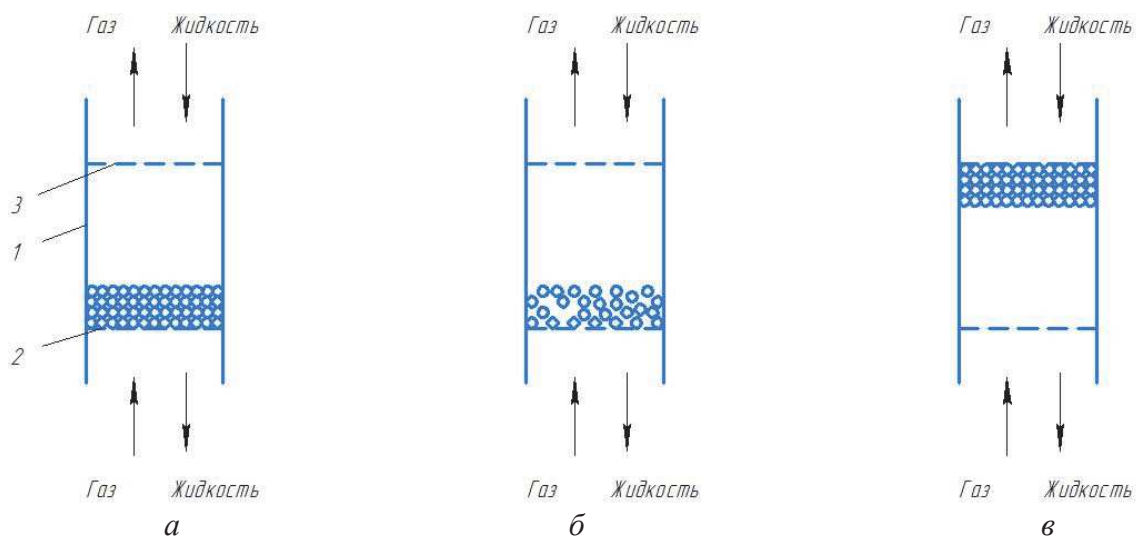


Рисунок 1 – Принцип работы аппарата с подвижной насадкой:
а – критическая скорость псевдооживления выше скорости газа;
б – режим турбулентно-контактного слоя; *в* – режим плавающего слоя

Насадки имеют конфигурации, представленные на рисунке 2.

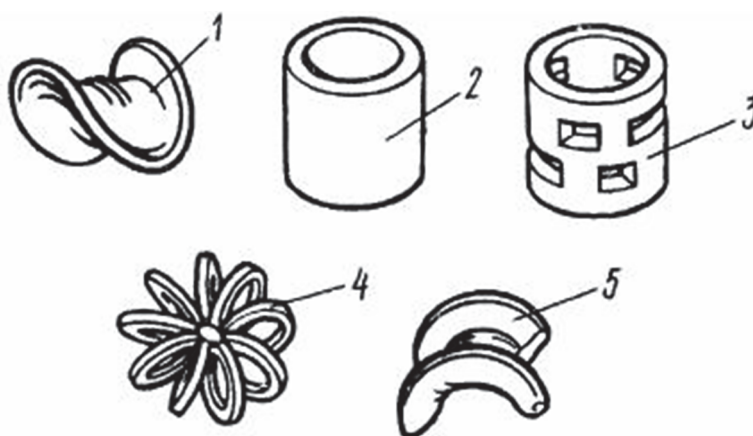


Рисунок 2 – Подвижные насадки:
1 – седло Берля; *2* – кольцо Рашига; *3* – кольцо Палля;
4 – розетка Теллера; *5* – седло «Инталокс»

Для обеспечения свободного перемещения подвижной насадки плотность насадки не должна превышать плотность орошающей жидкости. В качестве орошающей жидкости чаще всего применяется вода, при взаимодействии с которой образуется межфазная поверхность контакта. Подвижная насадка, должна соответствовать следующим характеристикам:

- обладает большой поверхностью в единице объема;
- хорошо смачивается орошающей жидкостью;
- оказывает малое гидравлическое сопротивление газовому потоку;
- равномерно распределяется орошающей жидкостью;
- стойка к химическому воздействию жидкости и газа, движущихся в колонне;
- имеет малый удельный вес;
- обладает высокой механической прочностью;
- имеет невысокую стоимость.

Производство отливок в литейных цехах, теплоизоляционных материалов в строительной отрасли и продукции из полимеров в химической промышленности, а также технологические процессы окраски и пропитки изделий и материалов, сопровождающихся выбросами в атмосферу вентиляционного воздуха, содержащего вредные органические вещества II–IV классов опасности. Объемы вентвыбросов от единицы технологического оборудования составляет от нескольких десятков тысяч до нескольких миллионов кубометров в сутки, а выбросы вредных веществ в атмосферу – десятки и сотни тонн в год [1].

Технически проблема защиты воздушного бассейна промышленных предприятий и населенных пунктов от загрязнения летучими органическими соединениями может решаться с помощью абсорбционно-биохимических установок (АБХУ) (рисунок 3).

Очистка вентвоздуха в АБХУ основана на естественных природных процессах:

- большинство вредных летучих органических соединений хорошо растворимы в технической воде;
- специально селекционированные и адаптированные микроорганизмы способны использовать в качестве источников питания, растворенные в воде органические и некоторые неорганические вещества. В процессе потребления микроорганизмами этих соединений происходит их полная минерализация с образованием воды и углекислого газа.

В скруббере с подвижной шаровой насадкой с помощью водного абсорбента происходит улавливание вредных веществ, а в биореакторе – их нейтрализация. Микроорганизмы вводятся в биореактор один раз перед началом эксплуатации установки в виде концентрированной

биомассы. Циркуляция раствора по замкнутому кругу «скруббер – био-реактор» предотвращает образование производственного стока. АБХУ оснащаются устройством вывода шлама и конденсационных веществ.



Рисунок 3 – Абсорбционно-биохимическая установка

Одной из проблем, выявленной в ходе эксплуатации АБХУ является неравномерное распределение газа в подрешеточном пространстве как по сечению, так и по высоте аппарата, а также образование застойных зон в подвижной насадке. Для решения данной проблемы необходимо проведение комплексных исследований, включающие натурный эксперимент и компьютерное моделирование. Математическое описание гидродинамических процессов, проходящих в подвижной насадке осложнено хаотическим движением насадочных тел. Однако в этом хаосе можно увидеть некоторую закономерность. Данную задачу можно реализовать с помощью компьютерного моделирования, в частности с использованием вычислительной гидродинамики (Computational Fluid Dynamics).

Литература

1. Шаповалов, Ю.П. Абсорбционно-биохимические установки для очистки вентиляционного воздуха от летучих органических соединений / Ю.П. Шаповалов, А.С. Галибус, А.И. Сударев, Е.М. Глушень // Экология производства. Технологии и оборудование. – 2019. – №9. – С. 2–13.