

где f_2 – вторая собственная частота; ζ – коэффициент динамичности, определяемый по схеме в зависимости от суммарного логарифмического декремента колебаний δ и безразмерного периода $T_{g,1}$.

Основные цели наших исследований – это получение данных по ветровым нагрузкам для исследуемых моделей дымовых труб в детальном и упрощённом варианте, их сравнение и анализ. Модели представляют собой дымовые трубы аспирационных установок с различными исполнениями и направлениями потока.

Варианты исполнения следующие: дымовая труба из кирпича с монолитным фундаментом, дымовая труба металлическая, секционная с резьбовыми креплениями, закреплённая на фундаментных болтах, а так же её варианты с расположением у стены цеха с креплением одного или нескольких кронштейнов, дымовая труба цельнометаллическая с креплением у подошвы сварным швом и дополнительной фиксацией с помощью металлических тросов.

Основное направление исследования – разработка методологии упрощённого расчёта дымовых труб аспирационных установок и установление целесообразности применения подробных моделей при расчёте ветровых нагрузок и закупки специализированных программ и дополнений к программным пакетам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Свод правил нагрузки и воздействия актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85* СП 20.13330.2016.

УДК 66.021.3

Ланкин Р.И., Францкевич В.С.

(Белорусский государственный технологический университет)

Нурмухамедов Х.С.

(ТХТИ, г. Ташкент, Узбекистан)

ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМЫ ЭЛЕМЕНТА НАСАДКИ НА ГИДРОДИНАМИКУ В МАССООБМЕННОМ АППАРАТЕ С ПОДВИЖНОЙ НАСАДКОЙ

Развитие промышленности с ростом объема производства сопровождается выбросами промышленных газов в атмосферу. Очистка отходящих газов должна обеспечить утилизацию ценных компонентов и охрану окружающей среды от загрязнения. Как правило, на очистку

поступает большой объем газовой фазы, при этом требуется высокая степень извлечения компонентов [1].

Один из наиболее эффективных способов очистки промышленного воздуха является мокрая очистка газов. Аппараты мокрого пылеулавливания отличаются простотой конструкции. Довольно часто используются аппараты с подвижной насадкой, вопреки тому, что они появились сравнительно недавно [2, 3].

Насадка, находящаяся внутри абсорбера, удерживается в псевдоожигенном состоянии газовым потоком. Жидкость, которая поступает в абсорбер, создает пленку, обтекающую поверхность насадочных элементов, или может находиться в виде струй или капель, распределенных в газе [2, 4].

Целью данной работы являлось изучение влияния формы подвижной насадки на гидродинамику колонны.

В качестве объекта исследования была выбрана абсорбционная установка, с маленьким диаметром, в которой находился один элемент насадки. В качестве элемента насадки использовались шары диаметром d , изображенные на рисунок 1.

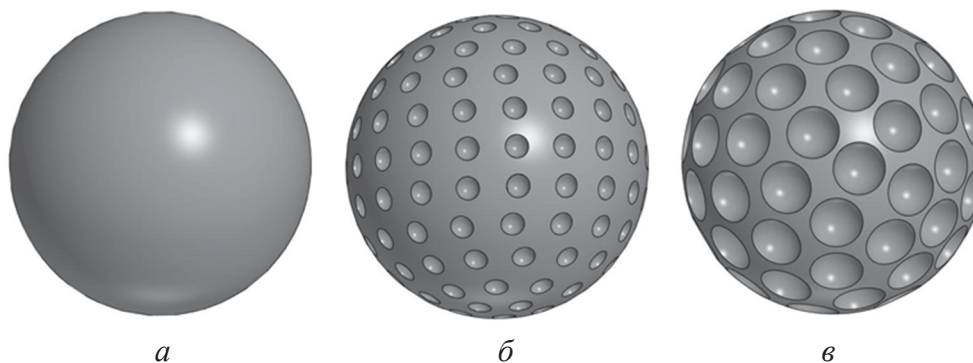


Рисунок 1 – Насадочные тела шарообразной формы
 a – форма 1; $б$ – форма 2; $в$ – форма 3

На рисунке 1, a изображен шар, который представляет собой правильную сферу, и не содержит «лунок». В дальнейшем такой шар будет называться Форма 1. На рисунке 1, $б$ представлен шар, выполненный в виде правильной сферы. Это шар содержит «лунки» глубиной $0,0375d$. Расстояния между соседними «лунками» лежит в диапазоне $1 \div 1,5$ диаметра самих «лунок». Далее такой шар именуется как Форма 2. Шар (рисунок 1, $в$), выполнен также в виде правильной сферы, в котором имеются «лунки», глубиной $0,0875d$. Расстояния между соседними лунками составляют до $0,5$ диаметров самих «лунок». Этот шар в дальнейшем будет называться Форма 3. Центры тяжести этих шаров находятся в центре шара, без смещения.

Также был изготовлен элемент насадки со смещенным центром тяжести, который представлен на рисунок 2.

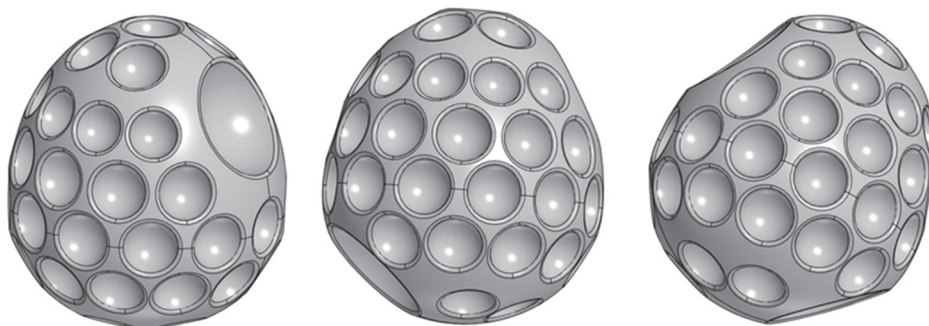


Рисунок 2 – Элемент насадки со смещенным центром тяжести

Данный элемент насадки изготовлен яйцевидной формы. На нем располагается «лунки», глубиной $0,0875d$, а также на этом элементе имеются 2 большие «лунки», глубина которых составляет $0,225d$. Эти «лунки» расположены друг напротив друга. Центр тяжести такого элемента насадки в смещен к низу элемента. В дальнейшем будет именоваться как Форма 4.

Все эти элементы насадок изготовлены из пластика, распечатанные на 3D принтере. Плотности каждого из них составляют 400 кг/м^3 .

Отношение диаметров колонны к шару равна $D / d = 1,125$. Такое отношение было выбрано из-за того, что все элементы насадки совершают хаотичные и пульсационные движения и находятся во время работы во взвешенном состоянии [5]. Очевидно, что расстояние внутри самой насадки между элементами незначительное. Исходя из вышеизложенного видно, что данное экспериментальное исследование приближено к работе насадки на предприятиях.

В процессе исследования скорость газовой фазы в колонне составляла $0,8\text{--}1,35 \text{ м/с}$, а плотность орошения жидкой фазой составляла $0,0087 \text{ м}^3/\text{м}^2\cdot\text{с}$. По результатам экспериментов был построен график зависимости гидравлического сопротивления насадки от скорости газа в колонне, изображенный на рисунке 3.

Из графика заметно что с увеличением скорости газа гидравлическое сопротивление возрастает по траектории в виде параболы. Насадка в колонне находилась во взвешенном состоянии по всей траектории графика, а по окончанию линии графика происходил отрыв насадки. Насадка со смещенным центром тяжести в начале находилась в двух положениях: горизонтальном (рисунок 3, *а*) и вертикальном (рисунок 3, *б*). В данных опытах отрыв происходил значительно раньше, чем в других насадках.

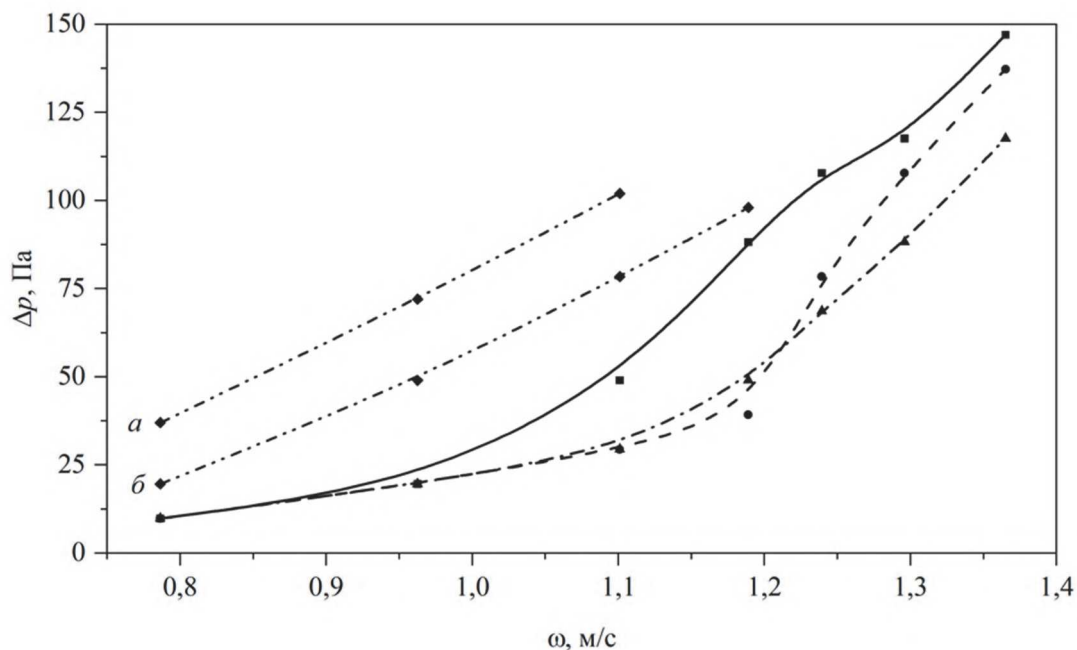


Рисунок 3 – Зависимость гидравлического сопротивления элемента насадки от скорости газа в колонне:
 —●— — форма 1; -●- - форма 2; -▲- - форма 3; -◆- - форма 4;
 а – горизонтально; б – вертикально

Наибольшее гидравлическое сопротивление из насадок в форме шара наблюдается в насадке формы 1. До скорости газовой фазы в колонне 1 м/с, форма «лунок» не оказывает существенного изменения на гидравлическое сопротивление. Свыше этой скорости экспериментальные линии начинают расходиться. Наименьшее гидравлическое сопротивление достигается с использованием насадки формы 3.

Также можно отметить, что наличие, количество и глубина «лунок» оказывают влияние на гидравлическое сопротивление. Шар с «лунками» меньшего диаметра испытывает наибольшее гидравлическое сопротивление. Это объясняется тем, что при подаче жидкой фазы на насадку, она может заполнять собой множество «лунок» небольшого размера. Такой шар будет схож с «гладким», но по сравнению с ним шаром поверхность массообмена будет больше.

Следующим этапом исследования планируется проведение компьютерного моделирования по исследованию гидравлического сопротивления насадки с использованием компьютерной модели гидродинамики газожидкостных потоков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ланкин Р.И., Францкевич В.С. Гидравлическое сопротивление абсорбера с подвижной шаровой насадкой / Труды БГТУ. Сер. 2, Хим.

технологии, биотехнология, геоэкология. – 2022. – № 2(259). – С. 107–114. DOI 10.52065/2520-2669-2022-259-2-107-114

2. Ланкин, Р.И., Францкевич В.С. Влияние геометрических параметров опорно-распределительных решеток на гидродинамику в массообменном аппарате с подвижной шаровой насадкой / Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В, Промышленность. Прикладные науки. – 2023. – № 2. – С. 108–112. DOI 10.52928/2070-1616-2023-48-2-108-112.

3. Ланкин Р.И., Францкевич В.С., Шаповалов Ю.П. Гидродинамика в аппаратах с подвижной насадкой // Нефтехимия-2021: материалы IV Междунар. науч.-техн. форума по хим. технологиям и нефтегазопереработке / Минск (22–24 нояб. 2021 г.).– Минск: БГТУ, 2021. – С. 228–231.

4. Ланкин Р.И., Францкевич В.С. Гидравлическое сопротивление абсорбционной колонны с подвижной насадкой // Химическая технология и техника: материалы 86-й науч.-техн. конф. професс.-преподават. состава, науч. сотрудников и аспирантов / Минск (31 янв. – 12 февр. 2022 г.) – Минск: БГТУ, 2022. – С. 148–151.

5. Балабеков О.С., Волненко А.А. Расчет и конструирование тепло-массообменных и пылеулавливающих аппаратов с подвижной и регулируемой насадкой. – Шимкент: GOLDDYES, 2015. – 184 с.

УДК 621.926

Пыкавая О.А., Боровский Д.Н.

(Белорусский государственный технологический университет)

**ВЗАИМОСВЯЗЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
ВИБРАЦИОННОЙ МЕЛЬНИЦЫ С ГЕОМЕТРИЧЕСКИМИ
И МЕХАНИЧЕСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ЗАГРУЗКИ
И ПОМОЛЬНОЙ КАМЕРЫ**

Для сверх тонкого помола рационально применять машины, в которых мелющие тела воздействуют на материал с высокой частотой, например, вибрационные мельницы [1].

Вибрационная мельница обычно представляет собой камеру, заполненную загрузкой, состоящей из обрабатываемого материала, среды и специальных обрабатывающих тел (шаров, цилиндров, стержней, валков, труб и т.п.). Загрузке сообщается посредством периодического вибрационного движения камеры или расположенных в ней