

GENERAL ENGINEERING AND MECHANICS

UDC 66.02.071

Кумисбеков Серик Аргинбаевич

доктор технических наук, доцент,
ЮКГУ имени М.Ауэзова, Республика Казахстан

Серикулы Жандос

PhD, старший преподаватель
ЮКГУ имени М.Ауэзова, Республика Казахстан

Рысалы Қуаныш Нурланулы

магистрант
ЮКГУ имени М.Ауэзова, Республика Казахстан

Сериков Абылай Серикулы

преподаватель
ЮКГУ имени М.Ауэзова, Республика Казахстан

Жумадуллаев Даулет Кошкарлович

PhD, старший преподаватель
ЮКГУ имени М.Ауэзова, Республика Казахстан

**ЗАКОНОМЕРНОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ГАЗОВОЙ И ЖИДКОЙ ФАЗ
В КОНТАКТНОЙ ЗОНЕ ТЕПЛОМАССОБМЕННЫХ АППАРАТОВ С
ПОДВИЖНОЙ НАСАДКОЙ**

Аннотация. В статье рассмотрен аппарат с различным типом регулярной насадки. Анализ гидродинамической обстановки аппаратов при изменении скорости газового потока свидетельствует о наличии трех режимов работы: пленочно-капельном, капельном и брызгоуноса. По качественным характеристикам дисперсной и сплошной фазы равномерности их

распределения и степени турбулизации наиболее предпочтительным является капельный режим взаимодействия фаз.

Ключевые слова: регулярной подвижной насадкой, скорость газа, плотности орошения, гидродинамические режимы, массообмен.

При разработке аппаратов с подвижной насадкой основное внимание уделяется созданию гидродинамических условий, обеспечивающих интенсивный тепло и массоперенос.

Основной фактор интенсификации процесса переноса – турбулизация газожидкостного слоя, которая достигается в результате непрерывного и хаотического движения элементов насадки.

Исследование гидродинамических характеристик аппаратов проводили на моделях размером прямоугольного сечения 0,25 x 1,5 м и круглого сечения диаметром 0,35 м, при изменении скорости газового потока W_{Γ} от 1 до 5 м/с, плотности орошения L от 0 до 90 м³/м² час.

При скорости газа от 1,0 до 2,5 м/с движение газового потока, проходящего через слой насадочных элементов, не нарушает характера течения жидкости. Разбрызгиваемая оросителем жидкость стекает по струнам, элементам насадки в виде пленки, а в межнасадочном пространстве в виде крупных капель и струй. В этом режиме, названном *пленочно-капельном*, взаимодействие газа и жидкости происходит на поверхности пленок, а также на поверхности крупных капель и струй.[1]

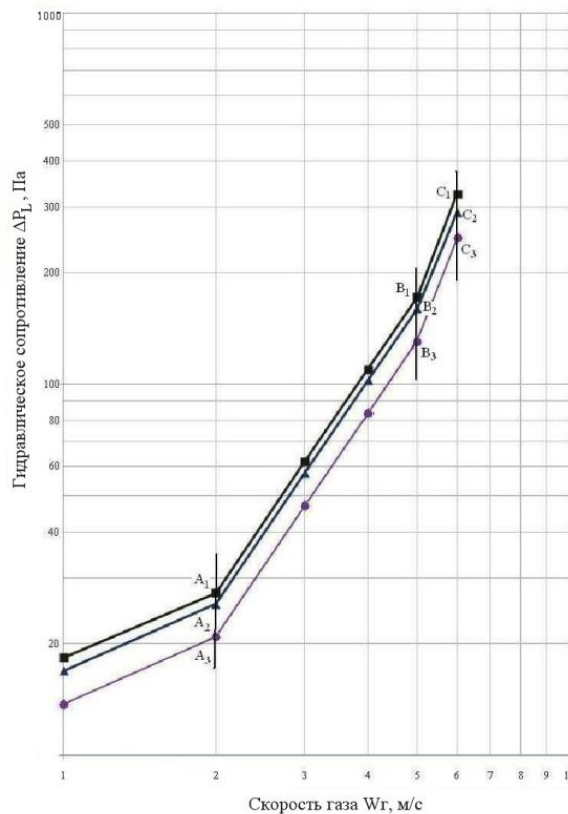
Гидравлическое сопротивление обусловлено потерей напора газового потока при прохождении через орошаемый слой насадочных элементов. На кривых (рисунок 1) окончание пленочно-капельного режима характеризуется переломами в точках A_1 , A_2 , A_3 .

Во втором режиме, названном *капельным*, $W_{\Gamma} = 2,5-4,0$ м/с наблюдается изменение характера движения жидкости. Рост скорости газового потока приводит к тому, что кинетическая энергия газового потока уже достаточна для нарушения пленочного течения на поверхности насадочных элементов и образования волн на поверхности жидкостной пленки. Вследствие этого,

скорость течения жидкости замедляется, толщина пленки, а, следовательно, и количество удерживаемой жидкости увеличивается. В процессе дробления жидкости, поступающей на орошение, элементы насадки принимают активное участие. Дробление жидкости осуществляется по механизму: жидкостная пленка - струйки - капли. Наибольшей стабилизации работа аппаратов достигает при $W_{Г} \approx 4,0$ м/с.

Улучшается однородность распределения потоков по поперечному сечению аппарата, растет турбулентность газожидкостного потока за счет интенсификации процесса образования и срыва вихрей за обтекаемыми телами.

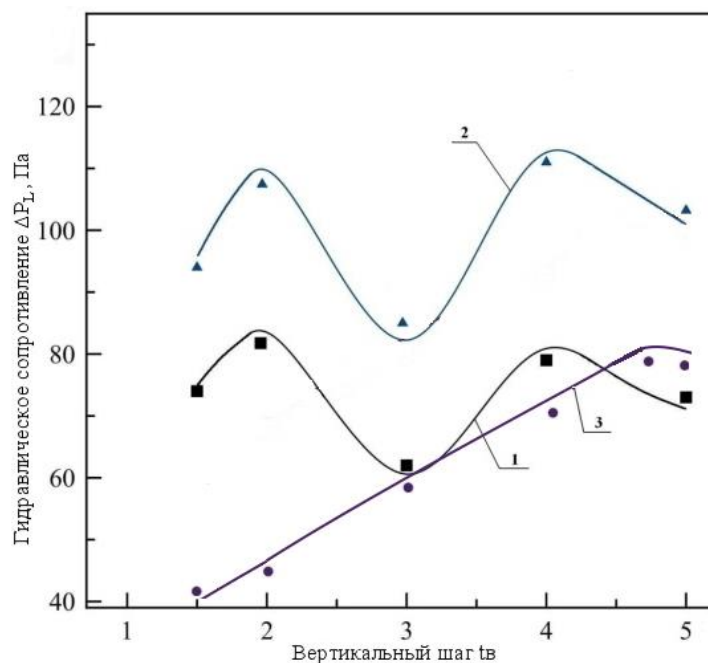
В структуре газожидкостного слоя преобладают мелкие капли. Переломы в точках $B_1 \dots B_3$ на кривых $\Delta P_L = f(W_{Г})$ (рисунок 1) обозначают верхнюю границу существования капельного режима. Увеличение плотности орошения сдвигает конец капельного режима в сторону меньших скоростей газа.



- — пластина при $L=25 \text{ м}^3/\text{м}^2\cdot\text{ч}$; $t_\theta/\theta = 2$; $t_p/\theta = 2$;
- ▲ — цилиндр при $L=25 \text{ м}^3/\text{м}^2\cdot\text{ч}$; $t_\theta/d_\theta = 2$; $t_p/d_\theta = 2$;
- — шар при $L=25 \text{ м}^3/\text{м}^2\cdot\text{ч}$; $t_\theta/d_{ш} = 4,7$; $t_p/d_{ш} = 2$.

Рис. 1. Зависимость гидравлического сопротивления ΔP_L от скорости газа W_G аппаратов с регулярной подвижной насадкой

В конце капельного режима кинетическая энергия газа возрастает настолько, что жидкость в капельном виде увлекается им и выносится за пределы рабочей зоны. Появление капель жидкости над рабочей зоной аппарата свидетельствует о поступлении следующего режима - *режима брызгоуноса*.



▲ – пластина при $L = 25 \text{ м}^3/\text{м}^2\cdot\text{ч}$; $W_T = 4 \text{ м/с}$; $t_p/\delta = 2$;

■ – цилиндр при $L = 25 \text{ м}^3/\text{м}^2\cdot\text{ч}$; $W_T = 4 \text{ м/с}$; $t_p/d_u = 2$;

● – шар при $L = 25 \text{ м}^3/\text{м}^2\cdot\text{ч}$; $W_T = 4 \text{ м/с}$; $t_p/d_u = 2$.

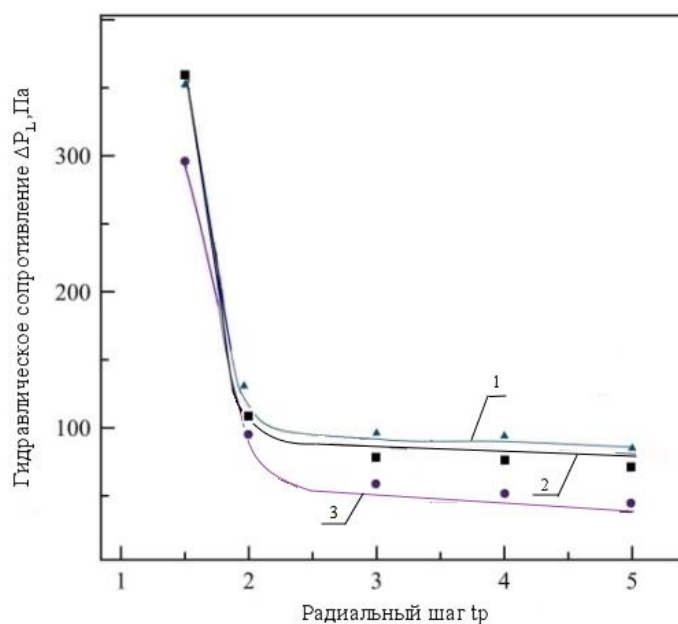
Рис. 2. Зависимость гидравлического сопротивления ΔP_L от вертикального шага t_v

Этот режим наступает при скорости газового потока свыше 4,0 м/с. На кривых $\Delta P_L = f(W_T)$ (рисунок 1) режим брызгоуноса изображен участками B_1C_1 , B_2C_2 , B_3C_3 , где гидравлическое сопротивление резко возрастает. Динамическая высота газожидкостного слоя превышает размер высоты рабочей зоны, происходит накопление жидкости над насадкой.

Результаты исследования гидравлического сопротивления ΔP_L орошаемых аппаратов с трубчатой, пластинчатой и шаровой регулярной насадкой в зависимости от вертикального шага между насадочными элементами t_v/δ свидетельствуют о том, что исследуемых насадок, как и для других

геометрических форм насадок [2], возможно достижение режимов одновременного вихреобразования (рисунок 2).

Периодный режим, характерный для аппаратов с регулярной шаровой насадкой, а также полупериодный и периодный в аппаратах с регулярной трубчатой и пластинчатой насадкой сохраняются. Это означает, что в исследуемом диапазоне плотностей орошения (L от 25 до $100 \text{ м}^3/\text{м}^2\cdot\text{ч}$) жидкость не оказывает существенного влияния на габариты вихрей, частота срыва которых определяется газовой фазой.



- ▲ пластина при $L = 25 \text{ м}^3/\text{м}^2\cdot\text{ч}$; $W_I = 4 \text{ м/с}$; $t_0/v = 2$;
- цилиндр при $L = 25 \text{ м}^3/\text{м}^2\cdot\text{ч}$; $W_I = 4 \text{ м/с}$; $t_0/d_u = 2$;
- шар при $L = 25 \text{ м}^3/\text{м}^2\cdot\text{ч}$; $W_I = 4 \text{ м/с}$; $t_0/d_u = 4,7$.

Рис. 3. Зависимость гидравлического сопротивления ΔP_L от радиального шага t_p

Более полно влияние механизма образования и взаимодействия вихрей в радиальном направлении можно проследить по кривым $\Delta P_L = f(t_p)$ (рисунок 3). В исследуемом диапазоне t_p от 1,5 до 4 в резкое снижение гидравлического сопротивления аппаратов с трубчатой, пластинчатой и шаровой регулярной насадкой происходит при t_p от 1,5 до 2 в.

В дальнейшем, при t_p от 2 до 4 в снижение ΔP_L происходит незначительно.

Как и для большинства аппаратов с регулярной насадкой, величина $t_p=2\tau$ является критической. Это связано с различными механизмами формирования вихрей [2].

Таким образом, анализ гидродинамической обстановки для аппаратов с регулярной подвижной насадкой, позволяет судить о возможности высокой эффективности протекания процессов пылеулавливания и тепломассообмена при капельном режиме взаимодействия фаз.

Список источников:

1. Серікұлы Ж., Волненко А.А., Кумисбеков С.А. Разработка и расчет тепломассообменных аппаратов с подвижной насадкой с учетом масштабного перехода. Монография – Шымкент: Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова, 2018. – 149 с.
2. Волненко А.А. Научные основы разработки и расчета вихревых массообменных и пылеулавливающих аппаратов. дис...докт. техн.наук: 05.17.08: защищена 30.10.1999: утв. 19.05.2000 / Волненко Александр Анатольевич, - Шымкент, 1999. - 300 с.