



УДК 66.061.1

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ СТЕНД ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ПРОЦЕССОВ ИСТЕЧЕНИЯ КАПЕЛЬ

RESEARCH PLANT FOR DROP OUTFLOW PROCESSES STUDYING

Муллабаев Камиль Азаматович

аспирант кафедры нефтехимии и химической технологии,
Уфимский государственный нефтяной
технический университет
kamil200995@gmail.com

Чуракова Светлана Константиновна

доктор технических наук, профессор,
Уфимский государственный нефтяной
технический университет
chskugntu@rambler.ru

Аннотация. Сконструирован стенд для изучения процессов истечения капель легкой фазы в среде более тяжелой фазы. Отражены основные возможности данного стенда. Полученные на стенде экспериментальные данные могут быть использованы для создания адекватной CFD-модели процесса истечения капель дисперсной фазы.

Ключевые слова: CFD-модель, исследовательский стенд, истечение, период образования капли, эксперимент.

Mullabaev Kamil Azamatovich

Post-graduate of Department
of Petrochemistry and Chemical Technology,
Ufa State Petroleum Technological University
kamil200995@gmail.com

Churakova Svetlana Konstantinovna

Doctor of technical Sciences, Professor,
Ufa State Petroleum Technological University
chskugntu@rambler.ru

Annotation. A stand for studying the processes of the outflow of drops of a light phase in a heavier phase has been constructed. The main features of this stand are shown. The experimental data obtained at the plant can be used to develop an adequate CFD model of dispersed phase droplets outflow process.

Keywords: CFD-model, drop formation time, experiment, outflow, research plant.

В последние годы, в связи с увеличением вычислительных мощностей и расширением возможностей современных CFD-систем, в нефтегазовом машиностроении все большую актуальность получают так называемые методы вычислительной гидродинамики. Они позволяют исследовать поведение потоков в аппаратах, а также находить пути для совершенствования конструктивного оформления различных внутренних устройств. Имеющиеся на текущий момент средства CFD-анализа позволяют проводить расчет как установившегося режима, так и нестационарного (динамический расчет) [1, 2]. При изучении многофазных потоков современные вычислительные модули, например, ANSYS FLUENT и ANSYS CFX, позволяют решать задачи различного уровня:

- макроуровень, когда исследуется распределение потоков сплошной и дисперсной фазы в целом по аппарату с учетом влияния различных сил на частицы дисперсной фазы; при этом свободная поверхность не моделируется и форма отдельных капель не принимается во внимание [3];
- микроуровень, когда исследуется форма и размер капель дисперсной фазы, при этом моделируется свободная поверхность.

Для получения результатов расчетов, которые бы соответствовали действительности, нужно построить адекватную CFD-модель. Для этого нужно располагать набором экспериментальных данных, полученных в ходе опытного исследования конкретного гидродинамического процесса. Адекватность расчетной модели достигается путем подбора настроечных параметров, при которых наблюдается сходимость экспериментальных данных и результатов расчета [4].

В целях разработки CFD-модели истечения дисперсной фазы в системе «жидкость-жидкость» был сконструирован экспериментальный стенд, схема которого изображена на рисунке 1.

Установка состоит из стеклянной царги круглого сечения (внутренний диаметр 105 мм, высота 600 мм), заполненной сплошной фазой. В сплошную фазу погружена латунная труба, через которую подается более легкая дисперсная фаза. При необходимости изучения гидродинамики потоков в насадке имеется возможность установки насадочных блоков внутрь царги. Кроме представленных на рисунке 1 элементов экспериментальная установка включает в себя набор латунных вставок (внутренние диаметры 1,5 мм, 3,0 мм, 4,0 мм), секундомер, камеру для видеофиксации капель и струй, а также термометр для определения температуры окружающего воздуха.

В качестве сплошной и дисперсной фаз могут быть использованы вода, различные нефтепродукты, глицерин и др. Возможность исследования процесса истечения на различных средах позволяет разработать CFD-модель, которая будет адекватно описывать процесс в широком диапазоне физико-химических свойств сплошной и дисперсной фаз.

Расход подаваемой дисперсной фазы Q_i в каждом i -ом опыте регулируется краном 8 и определяется исходя из времени $\tau_{ист,i}$, за которое вытек определенное количество жидкости V_i :

$$Q_i = \frac{V_i}{\tau_{ист,i}}$$

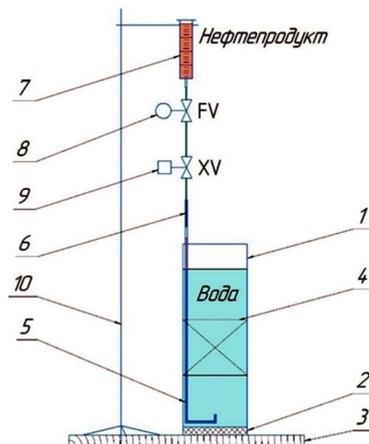


Рисунок 1 – Схема экспериментального стенда: 1 – стеклянная царга; 2 – заглушка; 3 – опора; 4 – блок регулярной насадки (необязателен); 5 – латунная трубка; 6 – силиконовый шланг; 7 – мерная емкость объемом 20 мл; 8 – кран для регулирования расхода; 9 – отсечной кран; 10 – штатив

Во избежание сильного снижения подачи дисперсной фазы, связанного с уменьшением уровня в емкости 7, последняя была приподнята над латунной трубкой на 60–70 см. Согласно расчетам, снижение расхода дисперсной фазы составляет при этом не более 4 %.

Стенд позволяет определять время формирования капель $\tau_{f,i}$, а также средние размеры образующихся капель дисперсной фазы $d_{d,i}$ путем их счета за определенный промежуток времени после выхода на установившийся режим:

$$\tau_{f,i} = \frac{\tau_{di}}{N_{d,i}},$$

$$d_{d,i} = \sqrt[3]{\frac{6Q_i\tau_{f,i}}{\pi}},$$

где τ_{di} – время отслеживания числа капель после наступления установившегося режима, с; $N_{d,i}$ – число образовавшихся капель за время отслеживания.

Таким образом, сконструированный экспериментальный стенд позволяет исследовать зависимость времени образования капель и их размера от расхода подаваемой дисперсной фазы. Кроме этого, стенд предоставляет возможность исследования характера истечения дисперсной фазы из отверстий различного диаметра, а также исследования структуры отдельных струй в слое насадки (при ее наличии). На основании полученных экспериментальных данных по истечению дисперсной фазы возможно построение адекватной CFD-модели, позволяющей осуществить анализ и оптимизацию конструктивных решений по внутренним устройствам.

Список литературы:

1. Батурин О.В., Батурин Н.В., Матвеев В.Н. Расчет течений жидкостей и газов с помощью универсального программного комплекса Fluent. – Самара : Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2009. – 151 с.
2. About Ansys [Электронный ресурс]. – URL : <http://www.ansys.com/about-ansys>
3. CFX Theory Guide. [Электронный ресурс]. – URL : https://www.academia.edu/6123972/ANSYS_CFX_Solver_Theory_Guide_ANSYS_CFX_Release_11_0
4. Лубина А.С., Седов А.А. Верификация CFD-моделей ANSYS FLUENT для однофазных течений в каналах простой формы // Обеспечение безопасности АЭС с «ВВЭР» ОКБ «ГИДРОПРЕСС» (Материалы 10-ой международной научно-технической конференции). – Подольск, 2017. – 10 с.

List of references:

1. Baturin O.V., Baturin N.V., Matveev V.N. Calculation of fluid and gas flows using the Fluent universal software package. – Samara : Publishing house of Samara State Aerospace University, 2009. – 151 p.
2. About Ansys [Electronic resource]. – URL : <http://www.ansys.com/about-ansys>
3. CFX Theory Guide. [Electronic resource]. – URL : https://www.academia.edu/6123972/ANSYS_CFX_Solver_Theory_Guide_ANSYS_CFX_Release_11_0
4. Lubina A.S., Sedov A.A. Verification of CFD-models of ANSYS FLUENT for single-phase flows in channels of simple shape // Safety of NPPs with «VVER» of OKB «GIDROPRESS» (Materials of the 10th International Scientific and Technical Conference). – Podolsk, 2017. – 10 p.