УДК 66.03

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ УСТРОЙСТВ ВВОДА ПАРОЖИДКОСТНОЙ СМЕСИ МЕТОДОМ CFD-АНАЛИЗА

EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF VAPOR-LIQUID INLET DEVICES USING CFD ANALYSIS

Валеев Анвар Ринатович
аспирант,
Уфимский государственный нефтяной
технический университет
spestersnape@gmail.com

Чуракова Светлана Константиновна
доктор технических наук,
доцент,
профессор кафедры нефтехимии и химической технологии,
Уфимский государственный нефтяной
технический университет
chskugntu@rambler.ru

Аннотация. В данной статье рассмотрены некоторые распространённые варианты конструкций устройств ввода парожидкостного потока. Проведена сравнительная оценка эффективности работы устройств.

Ключевые слова: CFD-анализ, устройство ввода, парожидкостной поток, доля отгона.

Valeev Anvar Rinatovich
Postgraduate Student,
Ufa State Petroleum Technological University
spestersnape@gmail.com

Churakova Svetlana Konstantinovna
Doctor of Technical Sciences,
Associate Professor,
Professor of the Department
of Petrochemistry and Chemical Technology,
Ufa State Petroleum Technological University
chskugntu@rambler.ru

Annotation. This article examines some common design options for vapor-liquid inlet devices. A comparative evaluation of the efficiency of the devices is carried out.

Keywords: CFD analysis, inlet device, vapor-liquid flow, distillation fraction.

Влияние эффективности разделения парожидкостного потока на энергоэффективность процесса ректификации неоднократно обсуждалось во многих источниках [1–4]. Увеличение уноса жидкости с паровым потоком на каждый 1 % в среднем приводит к росту теплоподвода на 0,26 % и теплосъема на 0,50 % [5]. Таким образом, обеспечение эффективного разделения парожидкостного потока является актуальной задачей.

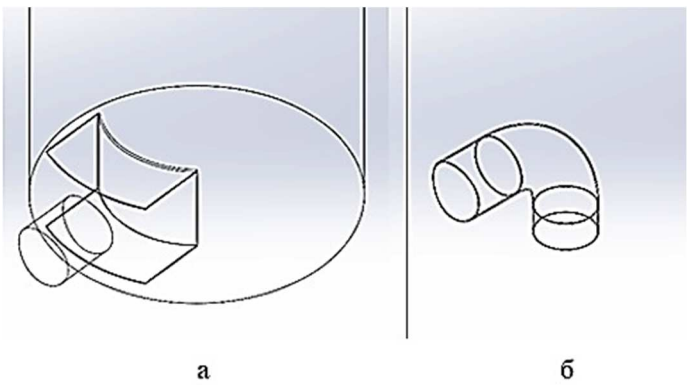
В данной работе приведены результаты CFD-анализа наиболее распространенных простых конструкций устройств ввода парожидкостного потока, а также сравнение с работой аппарата без специальных устройств ввода. Ниже приведено описание рассмотренных конструкций.

Отбойная пластина представляет собой вогнутую пластину. 3D-модель устройства приведена на рисунке 1а [6].

Гусак представляет собой отвод с соотношением радиуса поворота к диаметру трубы 1,5. 3D-модель устройства приведена на рисунке 1б [6].

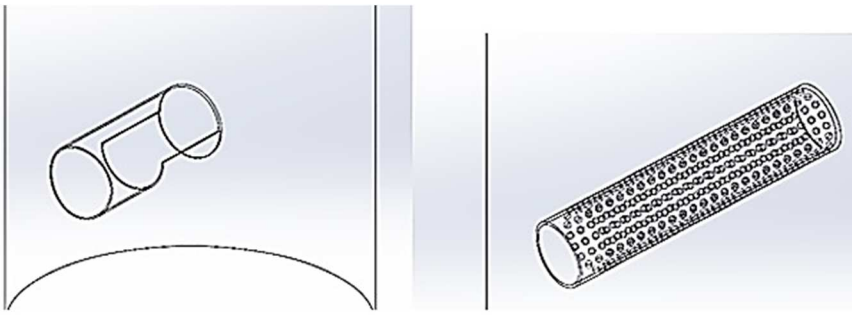
Полуоткрытая труба представляет трубу с вырезом в нижней половине и пластиной на конце. 3D-модель устройства приведена на рисунке 1в [6].

Перфорированная труба представляет трубу с отверстиями. 3D-модель устройства приведена на рисунке 1г [6].



а б

Рисунок 1 – 3D-модели конструкций устройств ввода паровой фазы:
а) отбойная пластина; б) гусак; в) полуоткрытая труба; г) перфорированная труба



в г

Окончание рисунка 1

Расчет проводится в изотермическом режиме. В качестве паровой фазы принят воздух, в качестве жидкой – вода. Диаметр аппарата 1 м, расход парожидкостного потока принят исходя из значения F-фактора в аппарате 2 $Па^{0,5}$. Значение объемной доли отгона на входе в аппарат варьировалось в диапазоне от 0,1 до 0,75.

Эффективность устройства оценивалась при помощи оценки высоты расположения сечения относительно устройства ввода, на которой средняя объемная доля пара составляет более 0,99.

На рисунке 2 приведен график зависимости требуемой высоты зоны сепарации от объемной доли отгона на входе в устройство.

На рисунке 3 приведено сравнение требуемой высоты зоны сепарации при подаче без специального устройства и при помощи полуоткрытой трубы.

Анализируя график можно заметить, что наиболее эффективным устройством в рассмотренных условиях является полуоткрытая труба требуемая высота зоны сепарации для него в среднем на 53,85 % меньше, чем при подаче без специального устройства, что позволит снизить высоту аппарата и как следствие капитальные затраты. Перфорированная труба и отбойная пластина также показывают значительное повышение эффективности разделения парожидкостного потока. Требуемая высота разделения для данных конструкций в среднем на 27,84 % и 34,16 % меньше, чем без специального устройства ввода.

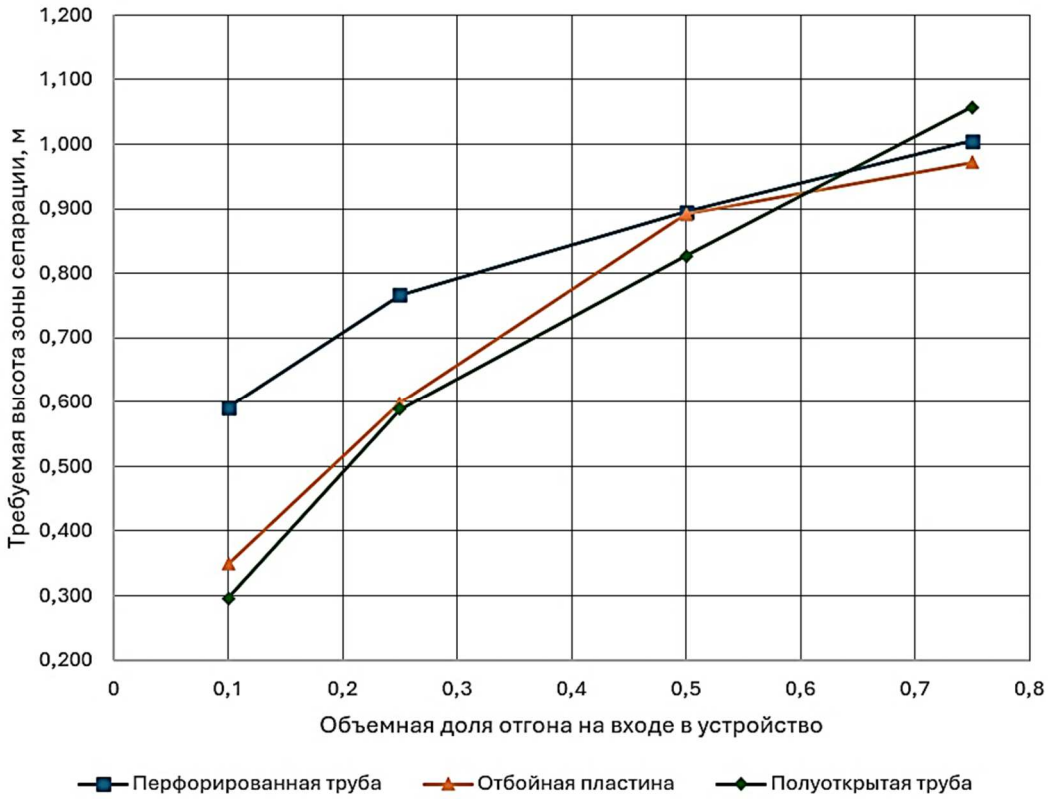


Рисунок 2 – График зависимости требуемой высоты зоны сепарации от объемной доли отгона на входе в устройство

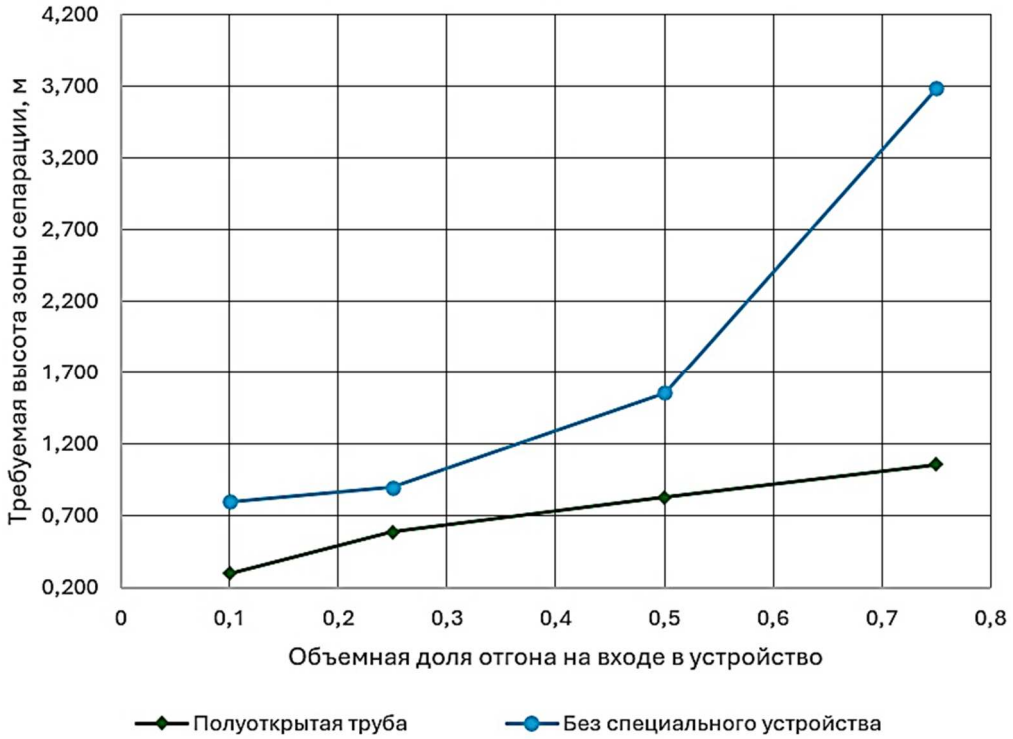


Рисунок 3 – График зависимости требуемой высоты зоны сепарации от объемной доли отгона на входе в устройство при подаче без специального устройства и при помощи полуоткрытой трубы

Список литературы:

1. Разработка и испытания нового каплеулавливающего устройства / Е.Н. Петрашова [и др.] // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2011. – № 4. – С. 22–25.
2. Внедрение перекрёстноточных каплеуловителей с целью интенсификации работы массобменных аппаратов / С.К. Чуракова [и др.] // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2013. – № 6. – С. 7–19.
3. Модернизация ректификационного оборудования с использованием перекрёстноточных насадочных контактных устройств / С.К. Чуракова [и др.] // Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний. – 2013. – № 11. – С. 29–34.
4. Перекрестноточный каплеуловитель разборной конструкции для колонны щелочной очистки пирогаза / И.Д. Нестеров [и др.] // В книге: 56-я научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых. – Уфа : Изд. УГНТУ. – 2005. – С. 98.
5. Маннанов Т.И. Исследование влияния эффективности сепарации в узле ввода сырья ректификационных колонн на энергетические затраты / Т.И. Маннанов, Д.В. Лесной, С.К. Чуракова // Булатовские чтения. – 2019. – Т.4. – С. 85–88.
6. Аджиев А.Ю. Подготовка и переработка попутного нефтяного газа в России. / А.Ю. Аджиев, П.А. Пуртов. – Краснодар : ЭДВИ, 2014. – Ч. 1 – 776 с.

List of references:

1. Development and testing of a new drip collector / E.N. Petrashova [et al.] // Chemical and oil and gas engineering. – 2011. – № 4. – P. 22–25.
2. Implementation of cross-flow drip collectors to intensify the operation of mass exchange devices / S.K. Churakova [et al.] // Chemical and oil and gas engineering. – 2013. – № 6. – P. 7–19.
3. Modernization of rectification equipment using cross-flow packed contact devices / S.K. Churakova [et al.] // World of oil products. Bulletin of oil companies. – 2013. – № 11. – P. 29–34.
4. Cross-flow drip collector of demountable design for alkaline purification column of pyrolysis gas / I.D. Nesterov [et al.] // In the book: 56th scientific and technical conference of students, postgraduates and young scientists. – Ufa : Publishing house of Ufa State Petroleum Technical University. – 2005. – P. 98.
5. Mannanov T.I. Study of the influence of separation efficiency in the feedstock input unit of distillation columns on energy costs / T.I. Mannanov, D.V. Lesnoy, S.K. Churakova // Bulatovskie readings. – 2019. – Vol. 4. – P. 85–88.
6. Adzhiev A.Yu. Preparation and processing of associated petroleum gas in Russia / A.Yu. Adzhiev, P.A. Purtov. – Krasnodar : EDVI, 2014. – Part 1. – 776 p.