



УДК 66.048.3

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НАЛИЧИЯ ВЕРХНЕГО И НИЖНЕГО ДНИЩА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЛОПАСТНОГО УСТРОЙСТВА ВВОДА СЫРЬЯ МЕТОДОМ CFD-АНАЛИЗА

### INVESTIGATION OF THE EFFECT OF THE PRESENCE OF THE UPPER AND LOWER BOTTOMS ON THE EFFICIENCY OF THE BLADE INPUT DEVICE OF RAW MATERIALS BY CFD ANALYSIS

**Маннанов Тимур Ильнурович**

старший преподаватель кафедры нефтехимии  
и химической технологии,  
Уфимский государственный нефтяной  
технический университет  
t.i.mannanov@yandex.ru

**Чураков Василий Александрович**

магистрант кафедры нефтехимии и химической технологии,  
Уфимский государственный нефтяной  
технический университет  
ophioc@gmail.com

**Чуракова Светлана Константиновна**

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

**Аннотация.** Проведено расчетное исследование влияния на эффективность работы типового лопастного устройства ввода сырья наличия верхнего и нижнего днища. Показано, что наиболее эффективно с точки зрения сепарации устройство ввода с верхним и нижним днищем: высота сепарационной зоны на 36–38 % выше у устройства без нижнего днища, и в 1,5–3,25 раз выше у устройства без верхнего днища. На гидравлическое сопротивление данные конструктивные параметры не оказывают значительного влияния.

**Ключевые слова:** CFD-анализ, гидравлическое сопротивление, лопастное устройство ввода сырья, ректификация, сепарация.

**Mannanov Timur Ilnurovich**

Senior lecturer of Department  
of Petrochemistry and Chemical Technology,  
Ufa State Petroleum Technological University  
t.i.mannanov@yandex.ru

**Churakov Vasily Aleksandrovich**

Master of Department of Petrochemistry  
and Chemical Technology,  
Ufa State Petroleum Technological University  
ophioc@gmail.com

**Churakova Svetlana Konstantinovna**

Doctor of technical Sciences,  
Professor of Department of Petrochemistry  
and Chemical Technology,  
Ufa State Petroleum Technological University  
chskugntu@rambler.ru

**Annotation.** A calculated study of the effect of the presence of an upper and lower bottom on the efficiency of a typical blade input device for raw materials has been carried out. It is shown that the input device with an upper and lower bottom is the most effective from the point of view of separation: the height of the separation zone is 36–38 % higher for a device without a lower bottom, and 1.5–3.25 times higher for a device without an upper bottom. These design parameters do not have a significant effect on the hydraulic resistance.

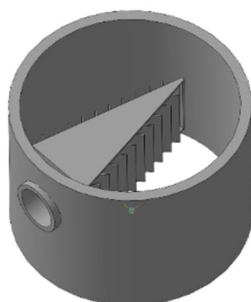
**Keywords:** blade input device of raw materials, CFD analysis, hydraulic resistance, rectification, separation.

Узел ввода сырья предназначен подачи сырьевого парового или парожидкостного потока сырья в массообменный колонный аппарат, в нем происходит сепарация на потоки паровой и жидкой фазы и направление этих потоков соответственно в укрепляющую и отгонную секцию колонны [1, 2]. В настоящее время широкое распространение получили устройства ввода сырья отбойного типа, лопастные и тангенциальные устройства ввода сырья [3]. Данные устройства составляют неотъемлемую часть комплекта внутренних устройств массообменного оборудования наряду с контактными устройствами – насадками или тарелками. Зачастую при расчете процесса ректификации принимается, что в зоне ввода сырья происходит процесс однократного испарения и конденсации парожидкостного сырья, таким образом, зона ввода сырья считается в колонне как теоретическая тарелка. В связи с этим является важной полнота сепарации сырьевого потока в этих устройствах, что исследуется путем CFD-анализа гидродинамики устройств ввода сырья, проводимые научными коллективами различных стран [3–5]. Увеличение доли уноса жидкой фазы в укрепляющую секцию колонны увеличивает энергозатраты процесса ректификации [6, 7].

Лопастное устройство ввода сырья содержит в своей конструкции штуцер ввода сырья, соединенный с распределительным устройством с установленными в нем направляющими лопастями. Они



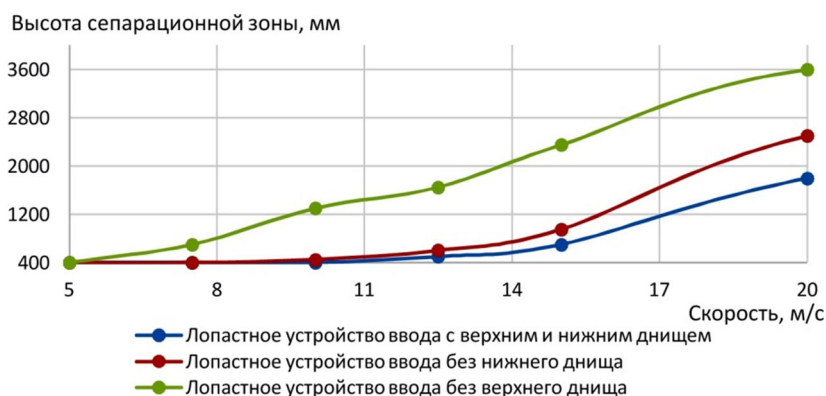
могут быть установлены с постоянным или переменным поперечным смещением и продольным шагом. Моделируемое одноканальное лопастное устройство ввода сырья имеет по 10 лопастей с каждой стороны, расстояние между лопастями принято 126 мм. Ширина лопасти 150 мм, угол поворота 30°. 3D-модель устройства ввода представлена на рисунке 1.



**Рисунок 1** – 3D-модель лопастного устройства ввода сырья

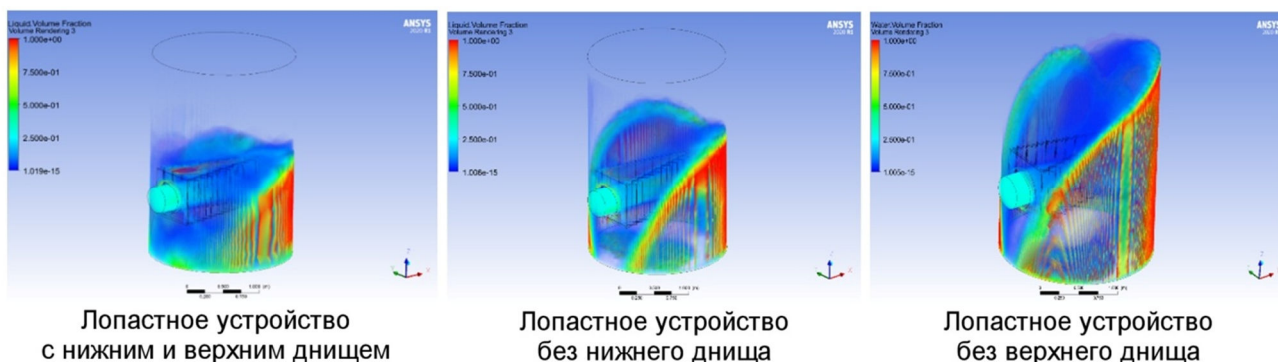
В данной работе приведены результаты исследования влияния наличия верхнего и нижнего днища лопастного устройства ввода сырья на высоту сепарационной зоны показаны на графике. В качестве модельного сырья применялась смесь легких углеводородов C1 – C4, при повышенном давлении 13 атм. и доле отгона 0,7. Среда и порядок выполнения CFD-моделирования в программе ANSYS CFX соответствует работам [8, 9].

Результаты исследования влияния наличия верхнего и нижнего днища лопастного устройства ввода сырья на высоту сепарационной зоны показаны на графике на рисунке 2.



**Рисунок 2** – Зависимость высоты сепарационной зоны от скорости подачи сырья

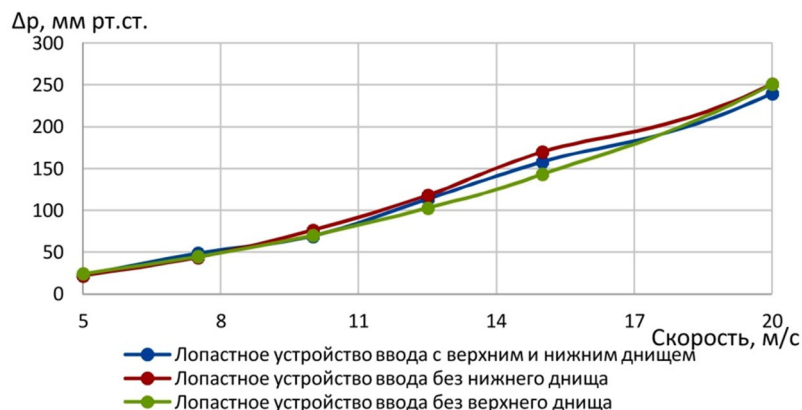
Применение лопастных устройств ввода сырья с нижним днищем позволяет уменьшить высоту сепарационной зоны на 36–38 % по сравнению с устройством ввода без нижнего днища при скорости подачи сырья 15–20 м/с. При скорости подачи сырья 10 м/с и ниже высота сепарационной зоны минимальна, разделение паровой и жидкой фазы происходит в устройстве ввода сырья. Лопастные устройства ввода сырья без верхнего днища характеризуются в 1,5–3,25 раза большей высотой сепарационной зоны при скорости подачи сырья 7,5–20 м/с по сравнению с устройством ввода с верхним днищем. Визуализация распределения потока жидкости при скорости 15 м/с представлена на рисунке 3.



**Рисунок 3** – Визуализация распределения потока жидкости при скорости 15 м/с



Результаты исследования влияния наличия верхнего и нижнего днища лопастного устройства ввода сырья на гидравлическое сопротивление показаны на графике на рисунке 4.



**Рисунок 4** – Зависимость гидравлического сопротивления от скорости подачи сырья

Из рисунка 4 видно, что наличие верхнего и нижнего днищ незначительно влияет на гидравлическое сопротивление.

Таким образом, рекомендуется применение лопастных устройств ввода с верхним и нижним днищем, так как они позволяют обеспечивать сепарацию при наименьшей высоте сепарационной зоны по сравнению с устройствами без верхнего или нижнего днища.

#### Список литературы:

1. Мановян А.К. Технология первичной переработки нефти и природного газа : уч. для вузов. – М. : Химия, 2001. – 568 с.
2. Маннанов Т.И., Чуракова С.К. Исследование различных конструкций устройств ввода сырья в массообменные колонны методом CFD-анализа // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2021. – № 11. – С. 3–6.
3. CFD-анализ – современный подход к исследованию процесса разделения и распределения потоков в устройствах ввода сырья массообменных аппаратов / Т.И. Маннанов [и др.] // Булатовские чтения. – 2020. – Т. 5. – С. 159–165.
4. CFD-моделирование устройства ввода лопастного типа в колонне и анализ паров для двух различных входных потоков / Х. Бансал [и др.] // Эликсир Хим. Инж. – 2014. – № 66. – С. 20721–20725.
5. Верли М., Хиршберг С., Швейцер Р. Влияние конструкции подачи пара на распределение потока под насадками // Хим. Инж. Технол. – 2003. – № 81. – С. 116–121.
6. Маннанов Т.И., Лесной Д.В., Чуракова С.К. Исследование влияния эффективности сепарации в узле ввода сырья ректификационных колонн на энергетические затраты // Булатовские чтения. – 2019. – Т. 4. – С. 85–88.
7. Маннанов Т.И., Чураков В.А. Расчетное исследование влияния полноты сепарации парожидкостного сырья на энергозатраты процесса ректификации различных смесей // Булатовские чтения. – 2022. – Т. 2. – С. 100–102.
8. Маннанов Т.И., Чуракова С.К. Расчетное исследование работы лопастных устройств ввода массообменного и сепарационного оборудования // Башкирский химический журнал. – 2021. – Т. 28. – № 4. – С. 97–102.
9. Маннанов Т.И., Чуракова С.К. Влияние доли отгона парожидкостного потока на показатели работы лопастного устройства ввода сырья // Теория и практика массообменных процессов химической технологии : материалы VI Межд. науч. конф. – Уфа, 2021. – С. 47–49.

#### List of references:

1. Manovyan A.K. Technology of primary oil and natural gas processing: a study for universities. – M. : Chemistry, 2001. – 568 p.
2. Mannanov T.I., Churakova S.K. Investigation of various designs of the input devices of raw materials in the mass-exchange columns by CFD-analysis // Chemical and Oil and Gas Engineering. – 2021. – № 11. – P. 3–6.
3. CFD-analysis – a modern approach to the research of separation and distribution of flows in the input devices of raw materials of mass-exchange apparatuses / T.I. Mannanov [et al.] // Bulatov readings. – 2020. – V. 5. – P. 159–165.



4. CFD modeling of a vane-type inlet device in a column and vapor analysis for two different inlet streams / H. Bansal [et al.] // *Elixir Chem. Ing.* – 2014. – № 66. – P. 20721–20725.
5. Werley M., Hirschberg S., Schweitzer R. Effect of steam supply design on flow distribution under nozzles // *Chem. Ing. Technol.* – 2003. – № 81. – P. 116–121.
6. Mannanov T.I., Lesnoy D.V., Churakova S.K. Study of the influence of separation efficiency in the input node of rectification columns on energy costs // *Bulatov readings.* – 2019. – V. 4. – P. 85–88.
7. Mannanov T.I., Churakov V.A. Calculation study of the influence of the completeness of separation of vapor–bone raw materials on the energy costs of the rectification process of various mixtures // *Bulatov Readings.* – 2022. – V. 2. – P. 100–102.
8. Mannanov T.I., Churakova S.K. A computational study of vane input devices for mass–exchange and separation equipment // *Bashkir Chemical Journal.* – 2021. – V. 28. – № 4. – P. 97–102.
9. Mannanov T.I., Churakova S.K. The influence of the proportion of the steam–liquid stream on the performance of the vane input device for raw materials // *Theory and practice of mass–exchange processes of chemical technology: Proceedings of the VI Int.* – P. 47–49.