

УДК 62-97/-98

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ПРЯМОТОЧНОГО СМЕСИТЕЛЯ ДЛЯ ДВУХФАЗНЫХ СИСТЕМ

Хафизов И.Ф., Абдуллин Н.А., Мухин И.А.

*ФГБОУ ВПО Уфимский государственный нефтяной технический университет,
e-mail: ilya.muhin@gmail.ru*

***Аннотация.** Сероводород часто встречается в месторождениях нефти и газа, является агрессивным газом, провоцирующим кислотную коррозию. В этой связи, без современных станций подготовки газа и модулей сероочистки, сероводород способен наносить сильнейший ущерб серьезно изнашивается и выходит из строя самое различное оборудование в нефтяной, энергетической, транспортной и газоперерабатывающей отраслях. Существующие технологии массопередачи протекают на границе раздела фаз. Поэтому абсорберы должны иметь развитую поверхность соприкосновения между продуктом абсорбентом. Применение волновых воздействий позволяет повысить эффективность массообмена в химико-технологических процессах и создавать компактные аппараты на их основе. Причем энергия потока, для этих аппаратов, бывает достаточной для создания эффективного кавитационно-вихревого режима. Учитывая, что в последние годы стоимость энергии резко растет, разработка более экономичных конструкции и перспективных технологии на принципах кавитационно-вихревых воздействий актуальна.*

***Ключевые слова:** сероводород, кавитация, смешение, реагент, массообмен, давление насыщенных паров, численное моделирование, ansys.*

Одним из перспективных направлений интенсификации тепло- и массообмена в газожидкостных системах является использование явления кавитации [1,2], при котором происходит нарушение сплошности жидкости, приводящее к появлению парогазовых пузырьков в потоке. Увеличение скорости массообмена при взаимодействии газа с кавитирующей жидкостью объясняется тем, что процессы молекулярной, конвективной и турбулентной диффузии в газах протекают значительно быстрее, чем в жидкостях, что приводит к росту скорости переноса вещества из одной фазы в другую [2].

В настоящее время усовершенствование конструкции массообменных аппаратов в основном направлено на интенсификацию контакта между фазами. Это достигается за счет: увеличения площади контакта или создания циркуляционных (перемешивающих) устройств в зоне реакции.

Звуковые колебания, или волновые процессы, как отмечают авторы [1,2], воздействуют на химико-технологические процессы через так называемые эффекты первого (частота, интенсивность и скорость акустических колебаний) и эффекты второго порядков, т.е. нелинейные эффекты, развивающиеся в жидкости при распространении мощных акустических волн. К эффектам второго порядка относятся кавитация (разрыв сплошности жидкости), волновые течения (звуковой ветер), пульсация газовых пузырьков и др.

Кавитация — образование в жидкости пульсирующих пузырьков (каверн, полостей), заполненных паром, газом или их смесью. В процессе истечения жидкости с резким падением давления в среде возникают кавитационные пузырьки, которые резко захлопываются после перехода в область повышенного давления, порождая сильные гидродинамические возмущения в жидкости, интенсивное излучение акустических волн[1]. В результате развития в среде кавитационного процесса возникает сложная гидродинамическая обстановка, влияющая на структуру жидкости:

1. Осциллирующие пузырьки – образуют волны давления P в среде.
2. Захлопывающиеся области образуют ударные волны.

Одна из характерных особенностей кавитации состоит в том, что она является весьма своеобразным и эффективным механизмом локального концентрирования относительно невысокой средней энергии волновых воздействий в очень малых объемах, что приводит к созданию исключительно высоких плотностей энергии.

В качестве инструмента исследования был выбран пакет для имитационного моделирования ANSYS, позволяющий численно решать уравнения гидрогазодинамики.

С помощью указанного программного комплекса решалась задача моделирования взаимодействия потоков внутри центробежно-струйной форсунки с тангенциальным вводом периферийного потока.

В данной работе автор численно исследует конструктивные особенности смесителя и оценивает различные конструктивные исполнения.

1. Построение 3D-модели расчетной области

Авторами было выполнено построение моделей узла смешения для оценки влияния напорных характеристик и конструктивных особенностей на качество смешения.

Параметры задачи:

Количество расчетных ячеек составило 553525.

Модель турбулентности – k-ε.

Опорное давление – 0 Па.

Течение рассчитывалось с учетом действия силы тяжести: вектор ускорения свободного падения направлен против оси Z ($g = 9,81 \text{ м/с}^2$).

В задаче использовалась модель двухфазного течения: жидкая фаза – продукт и реагент в жидком состоянии; газообразная фаза – продукт и реагент в

виде однородного пара. Реагент, продукт и смесь паров непрерывно распределены по всему объему и их массовые доли связаны соотношением

$$m_{\text{reagent}} + m_{\text{product}} + m_{\text{vapour}} = 1.$$

В задаче учитывались: турбулентный характер течения; конвективный теплообмен; кавитационный массоперенос.

Давление, при котором жидкая фаза переходит в газообразную: 2000 Па.

Вход продукта: массовый расход продукта 1,11 кг/с; температура 130°C.

Вход реагента: массовый расход реагента 0,0022 кг/с; температура 25°C

Выход: избыточное давление 20000 Па.

4. Визуализация и анализ результатов расчета

Рис. 1 иллюстрирует распределение давлений в продольной плоскости камеры смешения. Красная область – избыточное давление выше 2000 Па, синяя область – избыточное давление ниже 1000 Па. Выбор такой шкалы обусловлен тем, что необходимо выявить зону возникновения кавитации.

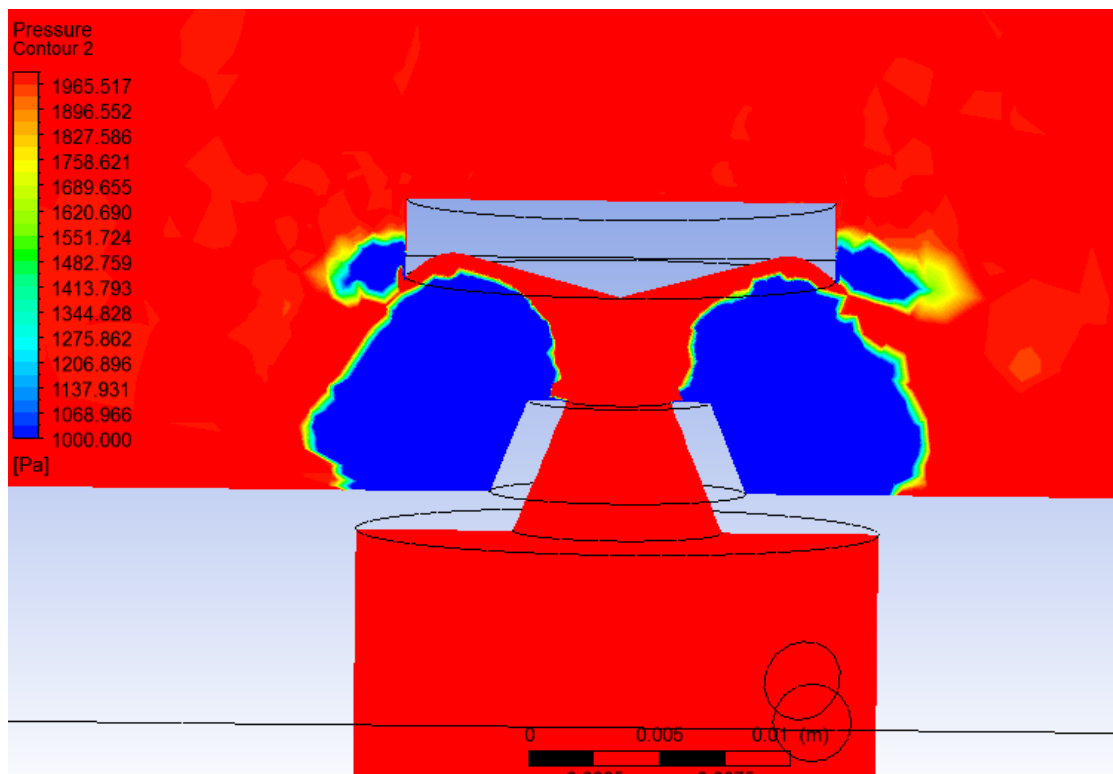


Рис. 1. Распределение статического давления в продольной плоскости камеры смешения

На рис. 2 показано векторное поле абсолютной скорости жидкой фазы. Сопоставляя рис. 1 и 2 видно, что кавитация возникает в зоне интенсивного вихреобразования вокруг дефлектора.

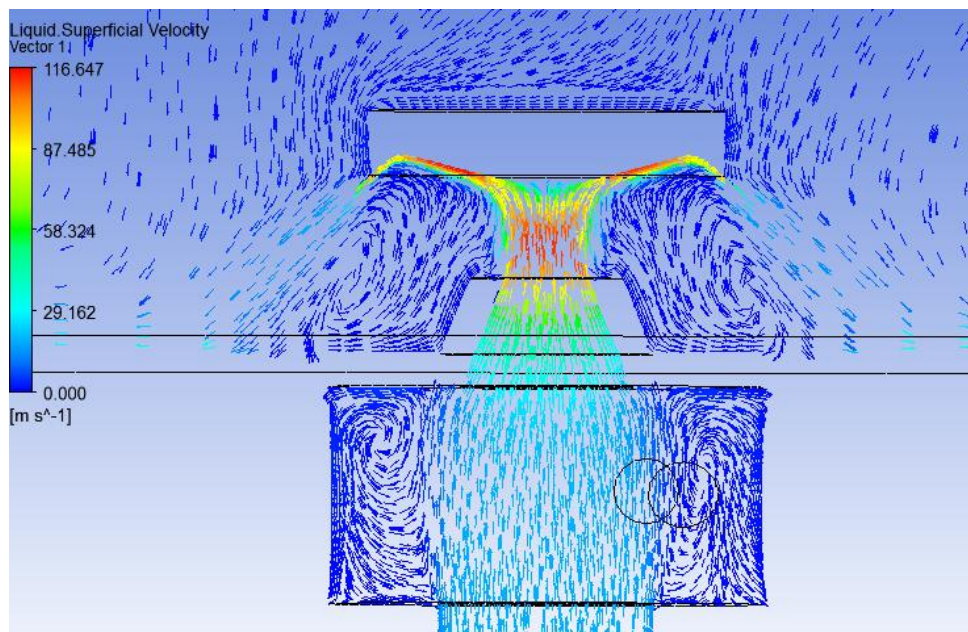


Рис. 2. Векторное поле скоростей жидкой фазы в продольной плоскости камеры смешения

Критерием высокой степени смешения продукта и реагента является отсутствие в расчетной области высоких массовых долей продукта. Условно зададимся значением массовых долей продукта от 0,3 до 1. На рис. 3 приведено распределение продукта по расчетной области, где его массовая доля превышает 0,3. Из рис. 3 видно, что за зоной кавитации массовая доля продукта не превышает 0,3, следовательно, продукт и реагент достаточно равномерно распределены по расчетной области.

Рис. 4 иллюстрирует распределение паров продукта и реагента по расчетной области. Как видно из рис. 4, кавитация происходит только вблизи дефлектора.

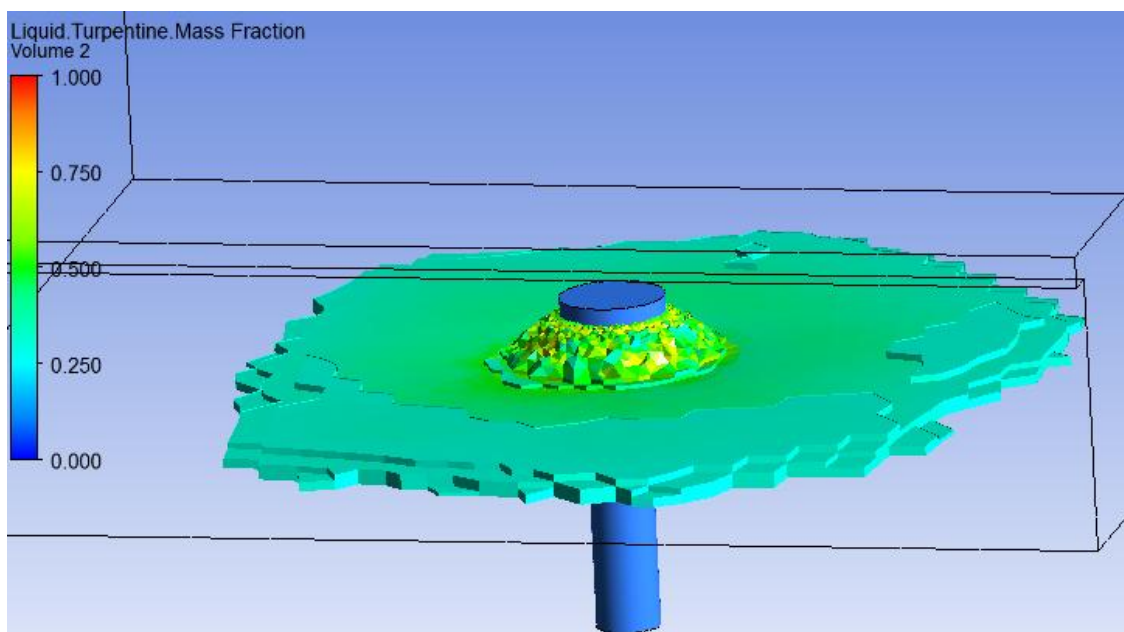


Рис. 3. Распределение продукта с массовой долей выше 0,3

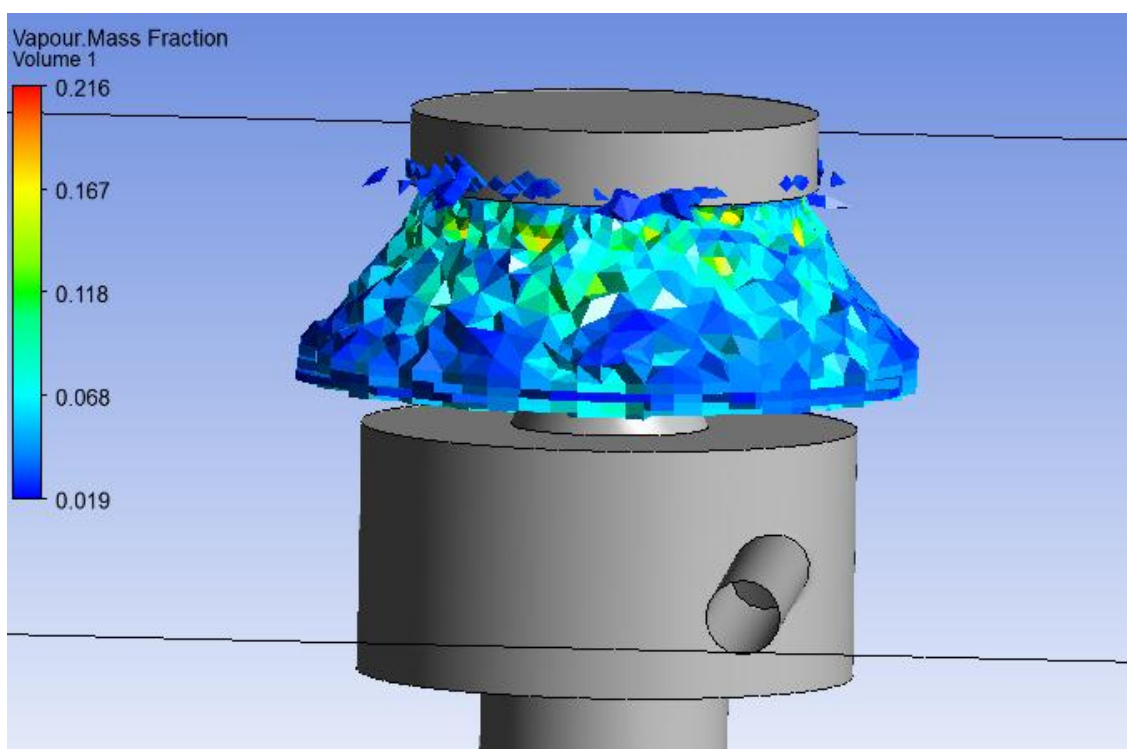


Рис. 4. Распределение паров продукта и реагента

Для проверки устойчивости образования области кавитации расчёт был повторён с различными параметрами расходных характеристик.

Полученные зависимости представлены на графиках 1, 2, 3.

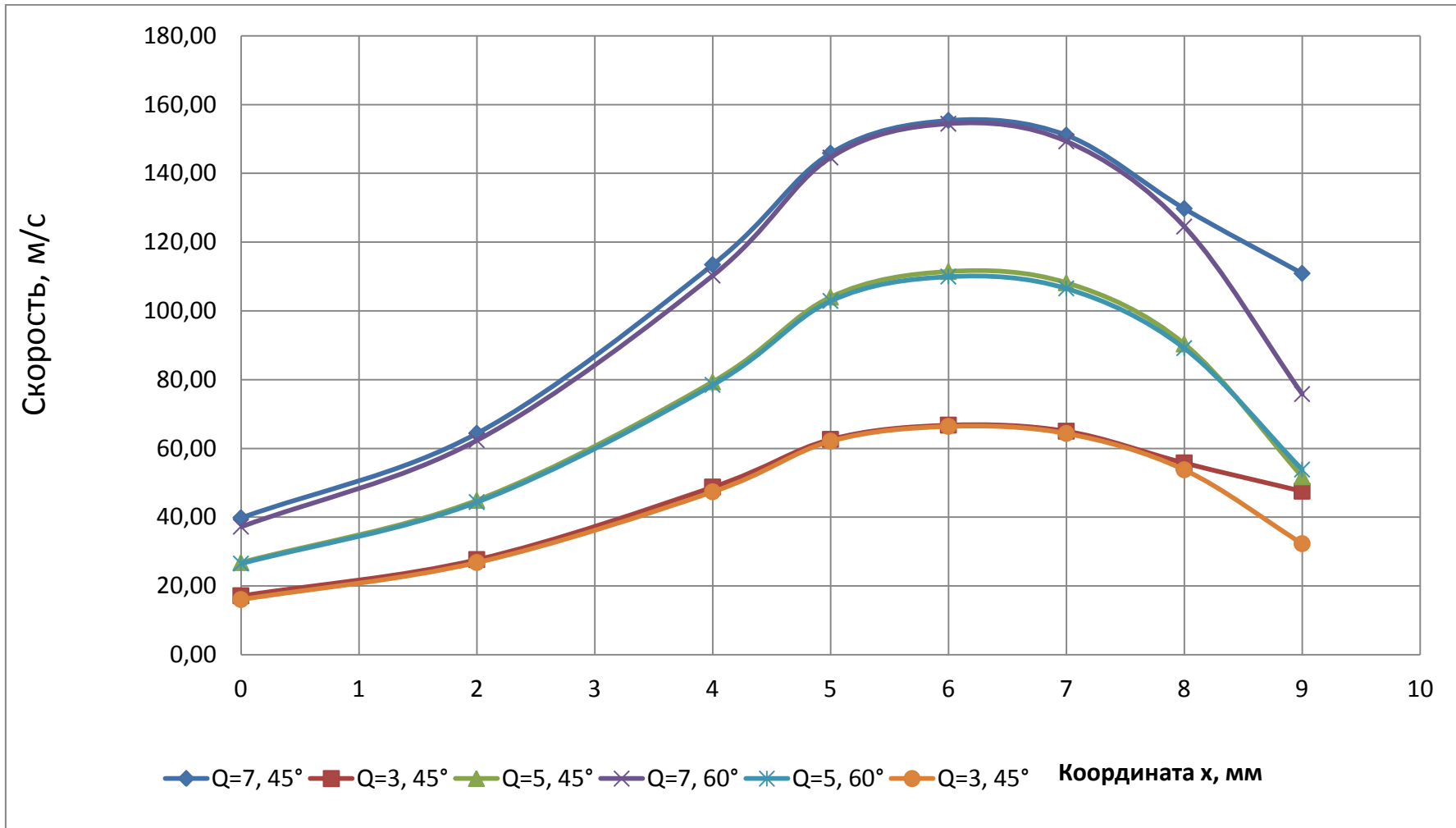


График 1. Зависимость скорости истечения жидкости от различных расходных характеристик и углов раскрытия рассекателя

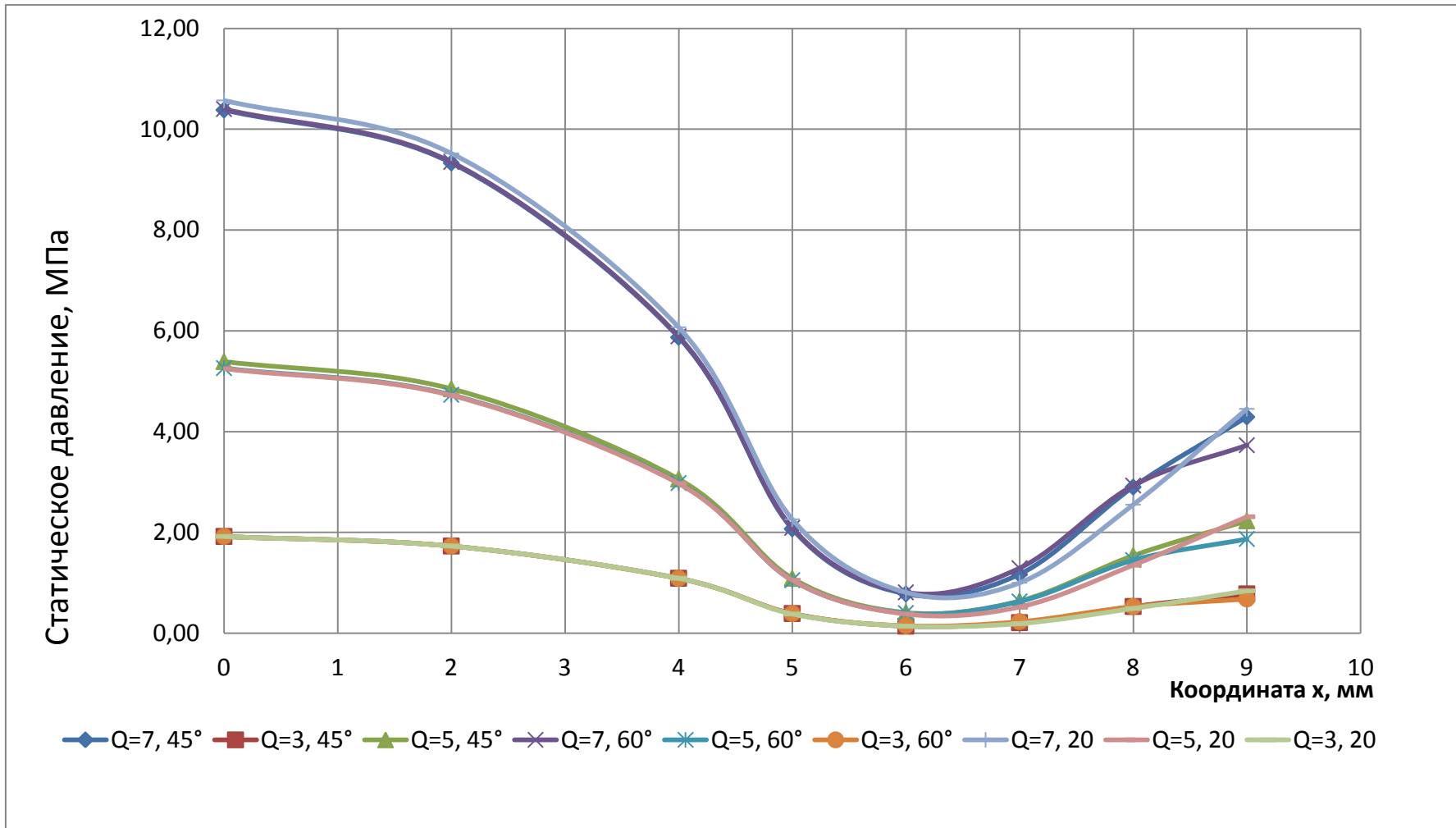


График 2. Зависимость давления от различных расходных характеристик

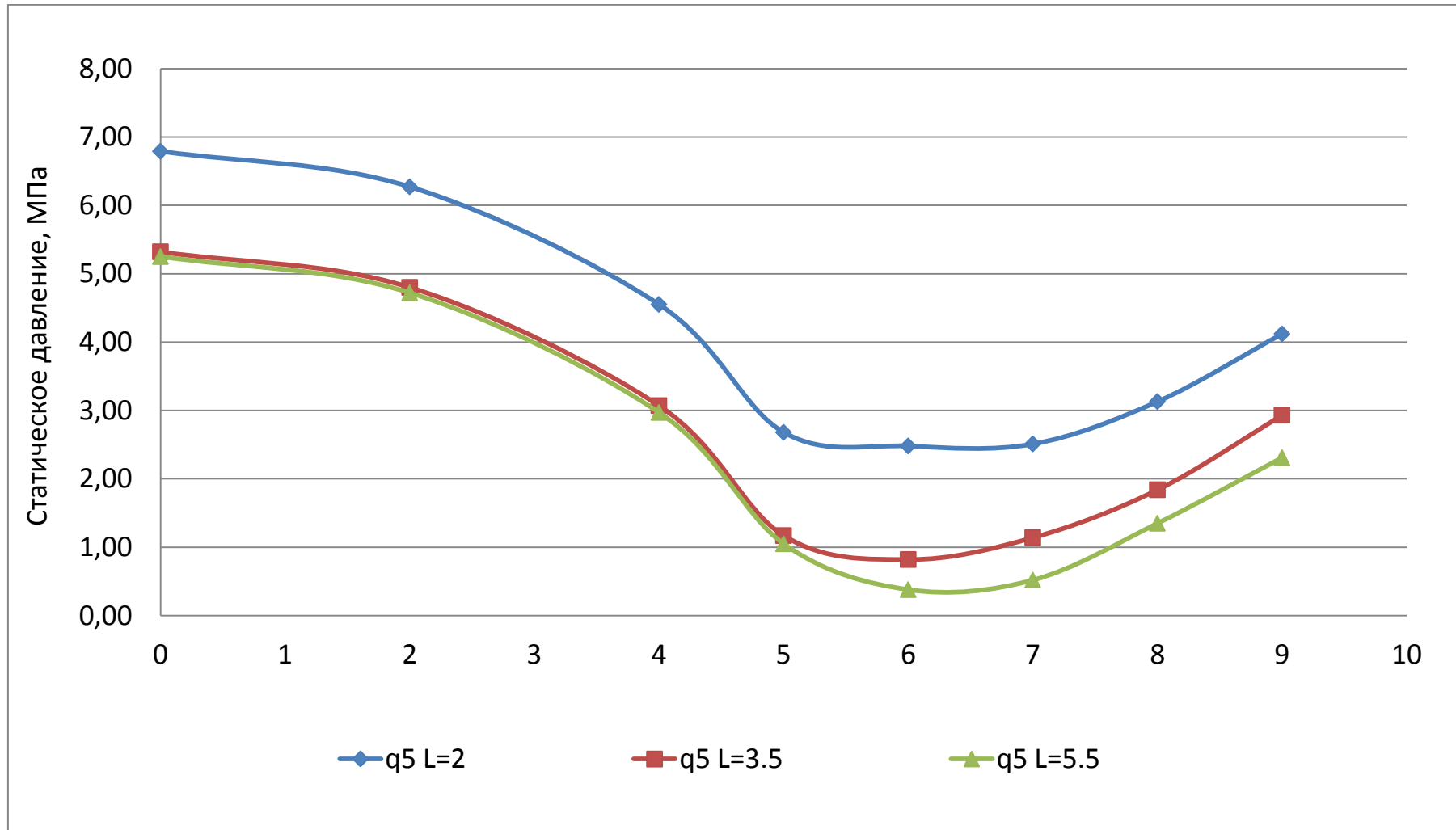


График 3. Зависимость падения давления от расстояния до рассекателя угол раскрытия 20°

Для оценки динамических характеристик потока жидкости был расположен ряд контрольных сечений для оценки таких параметров, как давление, скорость, в зависимости от угла раскрытия рассекателя и расстояния до сопла.

Схема расположения контрольных сечений расположены на рис. 5.

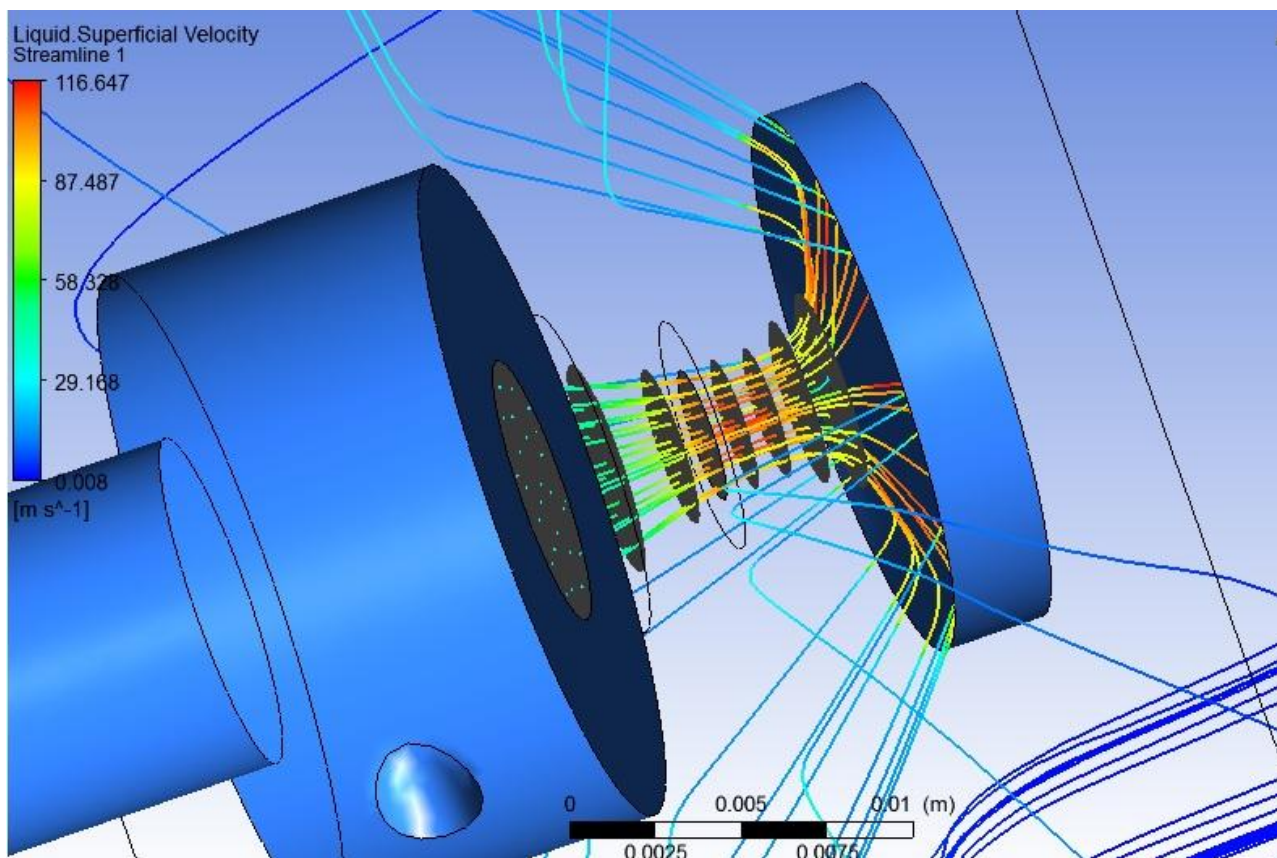


Рис.5. Схема расположения контрольных сечений

Выводы

Исходя из полученных результатов возможно сделать вывод о существовании области кавитации после прохождения продуктом рассекателя В процессе моделирования было установлено, что расстояние от сопла до рассекателя влияет на падение статического давления. Данный способ обработки является перспективным и легко реализуемым на практике по причине отсутствия подвижных частей и простоты конструктивного исполнения.

Литература

1. Новицкий Б.Г. Применение акустических колебаний в химико-технологических процессах. М.: Химия, 1983. С. 41.

2. Хафизов Н.Ф. Разработка конструкций аппаратов для процесса абсорбционной очистки газов и регенерации поглотительных растворов: дисс... канд.техн. наук. УГНТУ. 2002. Уфа.129 с.

3. Фридман В.М. Физико-химическое действие ультразвука на гетерогенные процессы жидкостной обработки материалов. Применение ультразвука в химико-технологических процессах. М.,1960. С .107-118.

4. Абдуллин Н. А. Разработка конструкции горизонтального прямоточного абсорбера для очистки газа при малых давлениях: дисс... канд. техн. наук. УГНТУ. 2011. Уфа.119 с.

5. Белов И.А., Исаев С.А., Коробков В.А. Задачи и методы расчета отрывных течений несжимаемой жидкости. Л.: Судостроение, 1989. 253 с.

6. Белов И.А. Исаев С.А. Моделирование турбулентных течений: учеб. пособие. СПб.: Балт. гос. техн. ун-т, 2001. 108 с.

7. Ваграфик Н.Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей. М.: Наука, 1972. 720 с.

DEVELOPMENT OF A MODEL FOR TWO-PHASE RAMJET MIXER SYSTEMS

I.F. Hafizov, N.A. Abdullin, I.A. Muhin

FSBEI Ufa state petroleum technical university

e-mail: ilya.muhin@gmail.ru

Abstract. *Hydrogen sulfide often meets in oil fields and gas, is the aggressive gas provoking acid corrosion. In this regard, without modern stations of preparation of gas and modules of a desulphurization, hydrogen sulfide is capable to cause the strongest damage seriously wears out and the most various equipment in oil, power, transport and gas-processing branches fails. Existing technologies of a mass transfer proceed on limit of the section of phases. Therefore absorbers should have the developed surface of contact between a product absorbent. Application of wave influences allows to increase efficiency mass exchange in chemical and technological processes and to create compact devices on their basis. And energy of a stream, for these devices, happens sufficient for creation of an effective cavitation and vortical mode. Considering that in recent years energy cost sharply grows, development of more economic of a design and perspective technologies on principles of cavitation and vortical influences is actual.*

Keywords: *hydrogen sulfide, cavitation, mixture, reagent, mass exchange, pressure of saturated steam, numerical modeling, Ansys.*

References

1. Novitsky BG The use of acoustic vibrations in chemical processes. Khimiya, 1983. S. 41.
2. Hafiz NF Design of construction machines for the process of absorption of gas purification and regeneration of the absorption solution: diss ... kand.tehn. Science. UGNTU. 2002. Ufa.129 with.
3. V. Friedman Physico-chemical effects of ultrasound on heterogeneous processes liquid finishing materials. The use of ultrasound in chemical processes. Moscow, 1960. With .107-118.
4. Abdullin NA Development of design horizontal ram absorber for gas cleaning at low pressures: diss ... Candidate. tech. Science. UGNTU. 2011. Ufa.119 with.

5. IA Belov, SA Isaev, Korobkov VA Objectives and methods of calculation of separated flow of an incompressible fluid. Leningrad Shipbuilding, 1989. 253.

6. Belov IA Isaev SA Simulation of turbulent flows: studies. allowance. SPb.: Balt. State. tech. University Press, 2001. 108.

7. Vagraftik NB Handbook of thermophysical properties of gases and liquids. Moscow: Nauka, 1972. 720.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Хафизов И.Ф. канд.техн.наук., доцент кафедры «Промышленная и пожарная безопасность», ФГБОУ ВПО УГНТУ

I.F. Hafizov, cand.tech.sci, associate professor of chair « Industrial and fire safety », FSBEI USPTU

Абдуллин Н.А., канд.техн.наук , доцент кафедры «Машины и оборудование» ФГБОУ ВПО БашГУ.

N.A Abdullin., cand.tech.sci, associate professor of chair «Machinery & Equipment», FSBEI USBGU

Мухин И.А., аспирант кафедры «Промышленная и пожарная безопасность», ФГБОУ ВПО УГНТУ

I.A. Muhin, post-graduate student of chair « Industrial and fire safety », FSBEI USPTU
e-mail: ilya.muhin@gmail.ru