

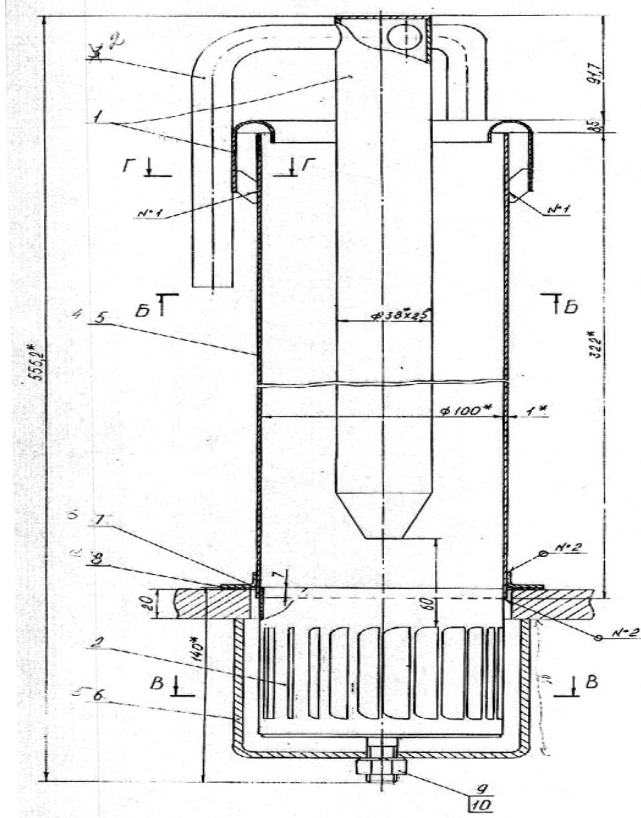
## Методы расчета двухфазных течений (газ-жидкость) в центробежных сепарационных элементах (ЦСЭ)

### Назначение ЦСЭ:

- сепарация газа от капельной жидкости и механических примесей
- обеспечение контактирования газа и жидкости с целью тепло-массообмена между фазами в процессах абсорбции или ректификации многокомпонентных смесей

### Примеры задач.

1.



ЦСЭ устанавливается в сепараторах на тарелках (кол-во элементов на тарелке зависит от производительности аппарата). Газ попадает в ЦСЭ снизу через завихритель поз.2 по чертежу, закручивается и движется вверх.

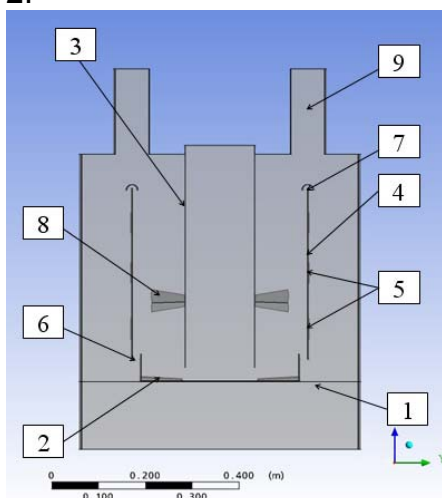
За счет центробежных сил капли жидкости отбрасываются к стенке элемента, образуют пленку.

Далее через каплеуловитель жидкость попадает на тарелку и по опускным трубам отводится в кубовую часть сепаратора.

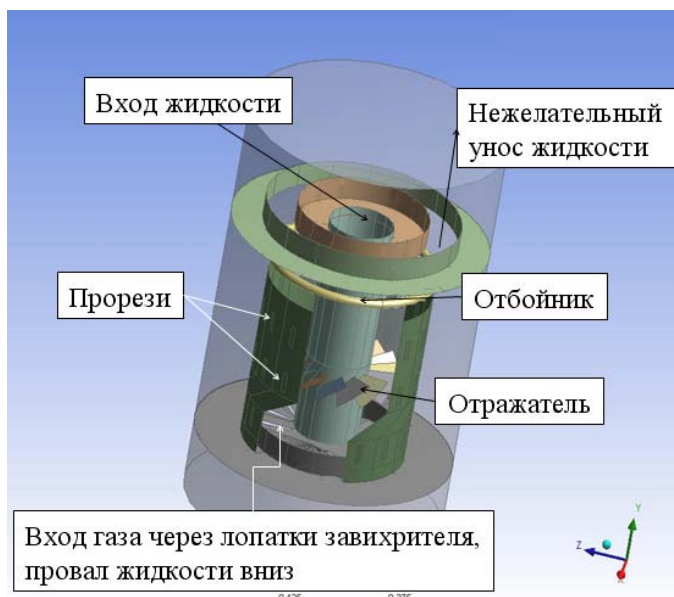
Очищенный от капельной жидкости газ выходит через верхнюю часть аппарата.

Целью моделирования является оценка эффективности работы элемента, то есть, определение нежелательного уноса жидкости газом в верхнюю часть аппарата и гидравлических потерь в элементе.

2.



Контakтный элемент тарелки



Жидкость поступает сверху в центральную часть завихрителя по трубе 3.

Газ поступает из под полотна тарелки 1 вверх, закручивается лопатками завихрителя 2, подхватывает вытекающую из трубы 3 жидкость, раскручивает ее и отбрасывает на стенки сепарационной обечайки 4, где она сепарируется от газа и удаляется из элемента через прорезы 5, через зазор 6 и через щель между сепарационной обечайкой 4 и отбойником 7, выполненным в форме половинки тора.

Газо-жидкостный поток дополнительно подкручивается установленным на трубе 3 отражателем 8

Неотсепарированная жидкость уносится газом на вышележащую тарелку через выход 9.

Целью моделирования является:

- определение перепада давления на тарелке, провала жидкости через лопатки завихрителя и уноса жидкости на сепарационную тарелку
- оптимизация высоты установки отражателя

### Методы решения

Особенностью многофазного течения (в отличие от многокомпонентного течения) является то, что различные жидкости в нем перемешаны на макроскопическом уровне масштабов, которые существенно больше молекулярных масштабов.

В этом случае необходимо решать основные уравнения для каждой жидкости отдельно.

Между различными фазами необходимо учитывать силовое взаимодействие, а также тепло- и массоперенос.

Существуют два основных метода решения этой задачи:

Метод Эйлера-Эйлера, когда для всех фаз решаются основные уравнения в приближении Эйлера, и в этих уравнениях учитывается межфазное взаимодействие.

Метод Лагранжа - для непрерывной фазы используется подход Эйлера, а движение частиц отслеживается по их траекториям в приближении Лагранжа.

Для рассматриваемых задач наиболее оптимальным представляется использование метода Эйлера-Эйлера, т.к. в этих задачах очень важно оседание капель на стенки, образование пленки жидкости и ее течение вдоль стенок.

Однако, если важна мультidisперсность жидкости (т.е. распределение капель по фракциям размеров), подход Эйлер-Эйлер становится очень громоздким и требует больших вычислительных ресурсов.

Еще больше усложняется задача, если необходимо учитывать вторичный унос капель жидкости (срыв с поверхности пленки, разбрызгивание при осаждении капель жидкости на пленку).

В этом случае предлагается расчет многофазного течения в комбинированном приближении: Эйлер-Эйлер (гомогенная модель для течения со свободной поверхностью) для пленки, модель Лагранжа для капель.

Использование только одной модели Лагранжа вряд ли возможно, т.к. она плохо описывает образование пленки жидкости и ее течение вдоль стенок.

Полная модель уноса жидкости с поверхности пленки должна учитывать переход капель в пленку, а также касательное напряжение на межфазной поверхности, разбрызгивание пленки за счет ударов капель и образование вторичных капель.

## Результаты

Метод Эйлера-Эйлера проиллюстрирован на примере решения задачи 2.

Использовались следующие исходные данные:

- непрерывная фаза – воздух;
- дисперсная фаза – вода;
- расход воздуха – 0.578 [м<sup>3</sup>/с];
- температура воздуха - 53 [°C];
- расход воды – 7 [м<sup>3</sup>/час];
- температура воды - 25 [°C]

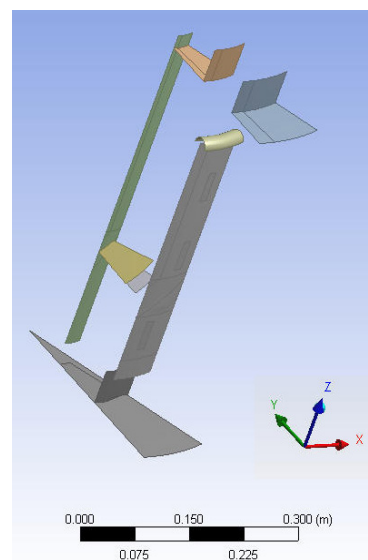
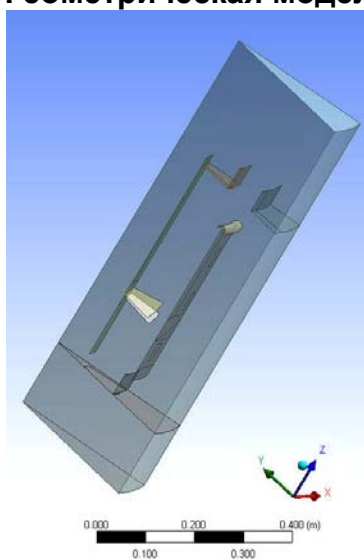
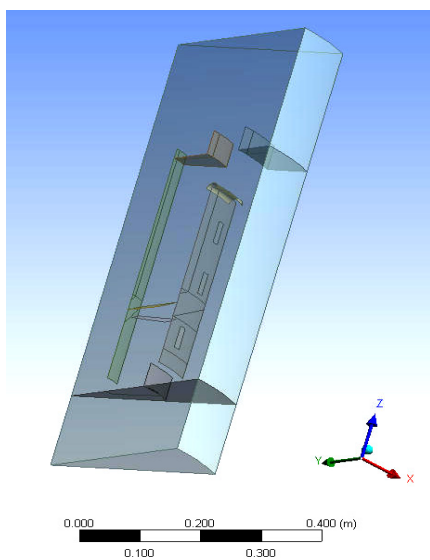
Физические модели:

- Негомогенная модель Эйлера-Эйлера.
- Средний диаметр капель воды – 0.3 мм
- Модель Schiller-Naumann для лобового сопротивления
- Коэффициент поверхностного натяжения – 0.073 Н/м

Модели турбулентности:

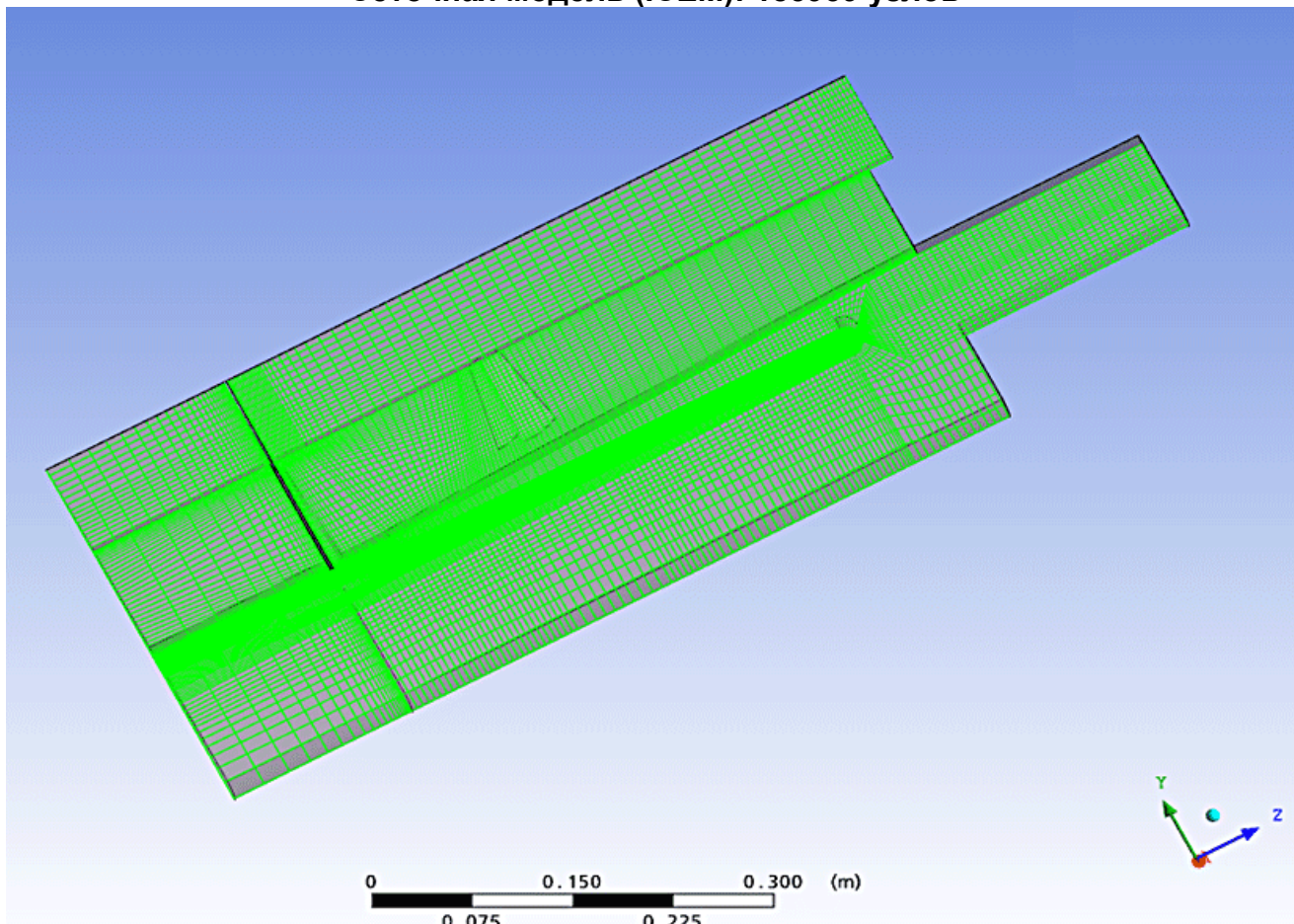
- для воздуха - k-ε
- для воды - Dispersed Phase Zero Equation (модель, основанная на геометрическом масштабе течения и средней скорости)

### Геометрическая модель



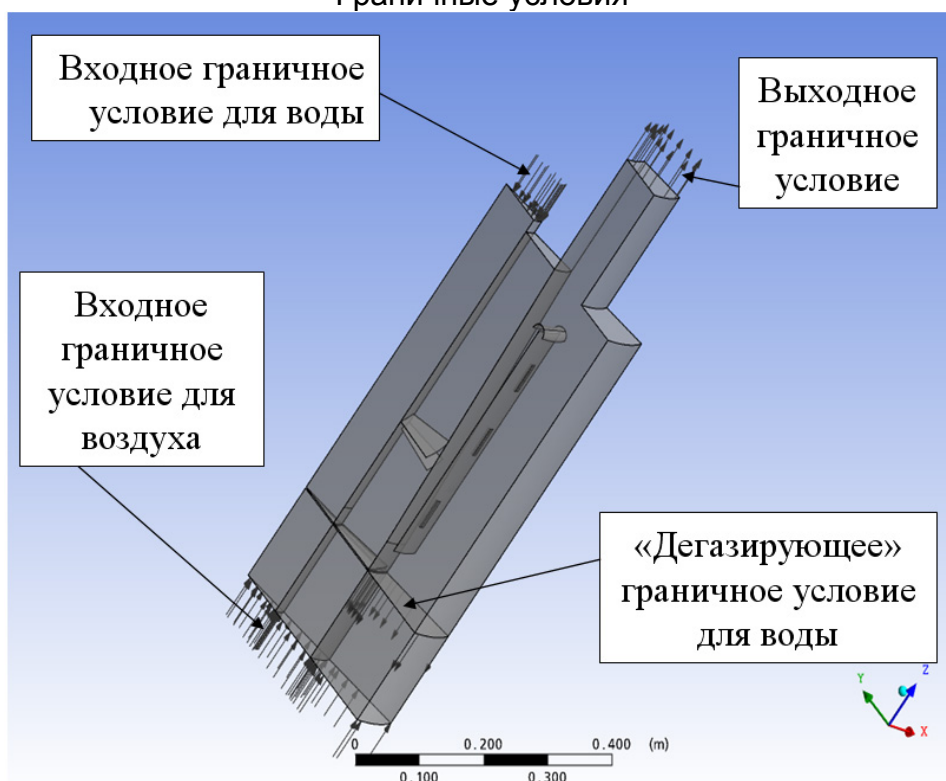
3D CAD модели элемента тарелки получены в формате Catia V5 (\*.CATPart).  
Для расчета использовался сектор, составляющий 1/16 всего элемента (22.5°)

## Сеточная модель (ICEM): 185939 узлов



Число элементов – 164800. Гексаэдрических – 163970, клинообразных - 830

## Граничные условия



## Результаты расчета

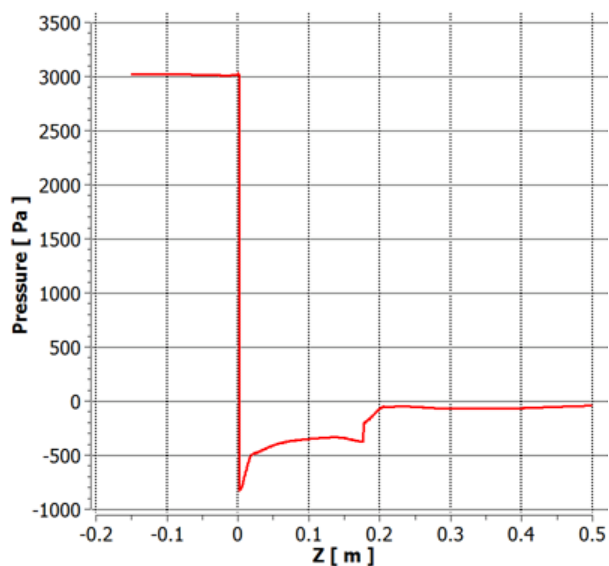


Рис.1. Изменение избыточного давления вдоль тракта

При угле открытия лопатки завихрителя равном  $10^\circ$  перепад давления составляет  $\sim 3000$  Па

Увеличение угла открытия лопатки завихрителя до  $30^\circ$  снижает перепад до  $\sim 500$  Па

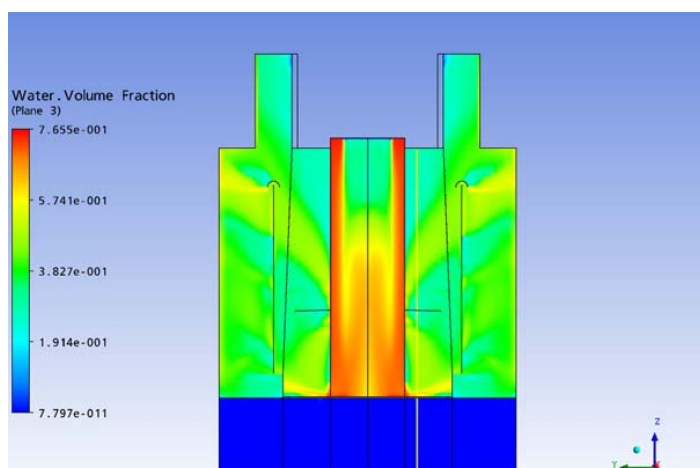


Рис.2. Объемная доля жидкости

Провал жидкости через лопатки завихрителя для рассматриваемого варианта практически отсутствует.

Унос жидкости на сепарационную тарелку составляет менее 0.1% от всего подаваемого расхода жидкости.

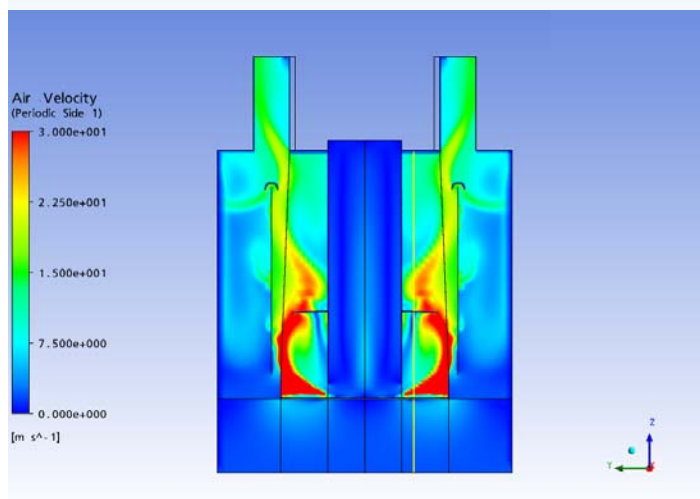


Рис.3. Скорость газа

Газ после прохода через лопатки завихрителя и закручивания попадает на обечайку и отражается от нее.

На рисунке видно, что расположение отбойника по высоте наиболее оптимально для новой закрутки течения.

При более высоком или более низком расположении отбойника его эффективность была бы меньше.

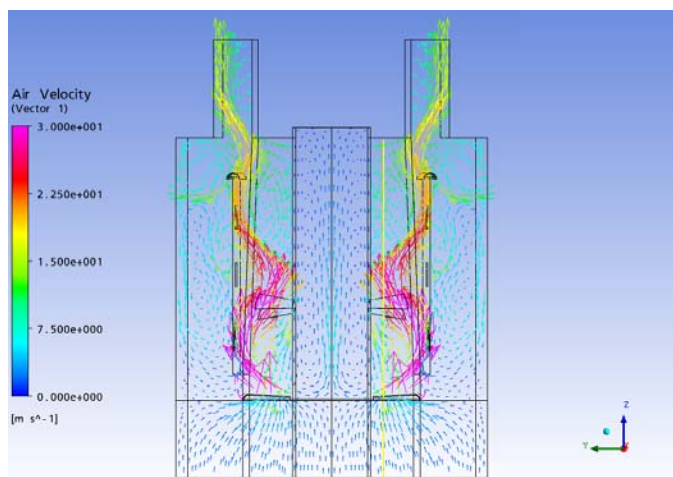


Рис.4. Распределение вектора скорости газа

### Расчетные ресурсы

Персональный компьютер:

Процессор: Intel® Core™2 Duo CPU P8600 (2.4GHz)  
Память: 3GB  
Операционная система: Windows XP  
Время расчета одной конфигурации – 20 минут