**Лабораторная работа № 11**

**Конденсатор**

**Цель работы**:

1. моделирование процесса конденсации газообразной среды в замкнутом объеме;
2. нахождение температуры и скорости конденсации.

Теоретическая часть

***Конденсатор***  теплообменный аппарат для конденсации (превращения в жидкость) паров вещества путем охлаждения. По принципу теплообмена конденсаторы разделяются на смешивающие и поверхностные. В ***смешивающих*** конденсаторах пар непосредственно соприкасается с охлаждающей водой, а в ***поверхностных*** он отдает тепло через стенки трубок, внутри которых протекает охлаждающая вода.

Для охлаждения пара используется более холодная среда, очень часто  обычная [вода](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%B0). Охлаждающая вода разбрызгивается в пространстве смешивающего конденсатора. Пар конденсируется на поверхности капель воды и стекает вместе с ней в поддоны, откуда откачивается конденсатными насосами. Взаимное расположение потоков пара и воды может быть параллельным, противоточным или поперечноточным. При противотоке теплообмен более эффективен.

Для конденсации [пара](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B0%D1%80) какого-либо вещества необходимо отвести от каждой единицы его [массы](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D1%81%D1%81%D0%B0) теплоту, равную удельной теплоте конденсации. Для обратимых процессов она равна [удельной теплоте парообразования](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%82%D0%B5%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D1%82%D0%B0_%D0%B8%D1%81%D0%BF%D0%B0%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F):

,

где *Q* – тепловой поток, кВт; *G*1, *G*2 – массовые расходы пара и охлаждающей воды, кг/с; *r* – теплота парообразования, кДж/кг; *c*2 – удельная средняя массовая изобарная теплоемкость охлаждающей воды, *c*2 = 4,186 кДж/(кг⋅°С);   – температура охлаждающей воды на входе и выходе из аппарата, °С.

Поскольку при конденсации, как и при испарении, [температура](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BC%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D1%83%D1%80%D0%B0) не изменится, пока не сконденсируется весь пар, процесс происходит практически при постоянных параметрах пара. Параметры пара при конденсации близки к состоянию насыщения. В то же время при поступлении все новых порций пара в конденсаторе устанавливается динамическое равновесие, и в разных частях конденсатора параметры среды могут несколько отличаться друг от друга.

**Постановка задачи**

Рассматривается двумерное двухфазное течение. Несущая фаза: воздух и водяной пар. Дисперсная фаза: капли воды с температурой *t*к = 5 + *N*°С. Холодные капли подаются снизу. Горячая паровоздушная смесь с температурой 100°С подается сверху. Расход холодной воды *G*к = 2, 3, 4, 5, 6 кг/с; воздушнопаровой смеси *G*п = 1 кг/ (м2⋅сек).

**Моделирование**

1. Геометрия  Particles\_Condens.wrl (рис. 39).

Рис. 39

капли

воды

водяной пар

и воздух

2. В окне Выбор Модели: **Модель**  Слабосжимаемая жидкость; уравнения  Энергия, Концентрация, Скорость и Частицы.

Это означает, что будут решаться уравнение энергии, уравнение сохранения массы для водяного пара, уравнения Навье−Стокса.

3. В папке Физические параметры:

Начальные значения; **Температура** = 100°C, **Концентрация** = 0,9.

Параметры модели; Массоперенос, **Модель**  Массовая концентрация; **Вещество0**  Воздух; **Вещество1**  Водяной пар; **ВеществоЧастиц**  Вода.

Частицы, Траектории, Выпускать каждые *N* шагов = 0; Релакс. параметр = 0,1; Нестационарность = 0; *N* траекторий = 200; Шаг по пространству = 0,025; Конденсация = 1; Абляция = 1.

4. Задайте следующие граничные условия:

Граница 1: тип Симметрия; **Температура**, Тип граничного условия  Симметрия; **Концентрация**, Тип граничного условия  Симметрия; **Скорость**, Тип граничного условия  Стенка с проскальзыванием; **СкоростьЧастиц**,Тип граничного условия  Симметрия.

Граница 2: тип  Вход/Выход; **Температура**, Тип граничного условия  Значение на стенке, Значение на стенке = 100; **Концентрация**, Тип граничного условия  Значение на стенке, Значение на стенке = 0,9; **Скорость**, Тип граничного условия  Норм. массовая скорость кг/(м2⋅с) = 1; **СкоростьЧастиц**, Тип граничного условия  Частицы выход.

Граница 3: тип  Свободный выход; **Температура**, Тип граничного условия  Нулевой поток; **Концентрация**, Тип граничного условия  Нулевой поток; **Скорость**, Тип граничного условия  Нулевое давление/выход; **СкоростьЧастиц**, Тип граничного условия  Частицы выход.

Граница 4: тип  Стенка; **Температура**, Тип граничного условия  Нулевой поток; **Концентрация**, Тип граничного условия Нулевой поток; **Скорость**, Тип граничного условия  Стенка с проскальзыванием; **СкоростьЧастиц**, Тип граничного условия  Частицы + скорость; Поток частиц, кг/с = 2, 3, 4, 5, 6; Температура частиц = *t*к; Диаметр частиц = 0,001; Массовая доля = 0,1; Чернота частиц = 0; *N* стартовых точек = 100; ZСкорость частиц = 10; Угол распыла = 5.

5. Задайте начальную расчетную сетку 40×1×40.

6. На закладке Гравитация: Вектор гравитации *Z* м/с2 = 9,81. На закладке Шаги: поставьте метку в поле КФЛ, задайте КФЛ = 5, задайте Макс. шаг = 0,1 с.

7. Выполните предварительный и окончательный расчет задачи.

### Представление и анализ результатов

1. Создайте заливки для переменных Температура, Температура Частиц, Концентрация и Концентрация Частиц.
2. Создайте Вспышки для переменных Скорость и СкоростьЧастиц.

3. Определите температуру и расход смеси на выходе из конденсатора.

4. Постройте зависимость температуры и расхода смеси в зависимости от расхода холодной воды (2, 3, 4, 5, 6 кг/с).

5. Рассчитайте действительно необходимый расход холодной воды для полной конденсации пара.