**«Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова»**

**(БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова»)**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Факультет |  | «А» |  | Ракетно-космической техники |
|  |  | шифр |  | наименование |
| Кафедра |  | «А9» |  | Баллистика и гидроаэродинамика |
|  |  | шифр |  | наименование |
| Дисциплина |  | Внутренняя газодинамика энергоустановок | | |

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

на тему

|  |
| --- |
| Моделирование двухфазных течений |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Выполнил студент группы | | | |  | | А9М32 |
| Веселова А.В. | | | | | | |
| Фамилия И.О. | | | | | | |
| **РУКОВОДИТЕЛЬ** | | | | | | |
| Тетерина И.В. | |  |  | | | |
| Фамилия И.О. Подпись | | | | | | |
| Оценка |  | | | |  | |
| «\_\_\_\_\_» |  | | | | 20\_\_\_\_ г. | |

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

20\_\_\_\_г.

Содержание

|  |  |
| --- | --- |
| Введение | 3 |
| 1 Двухфазные течения | 4 |
| 1.1 Что такое двухфазное течение | 4 |
| 1.2 Классификаций двухфазных потоков | 6 |
| 1.3 Основы математического описания двухфазных систем | 12 |
| 1.4 Методы анализа | 14 |
| 2 Методы моделирования течений | 16 |
| 3 Моделирования течений в пакете Ansys | 20 |
| Заключение | 25 |
| Список использованной литературы | 26 |

Введение

Перечень промышленных объектов, использующих двухфазные потоки, чрезвычайно широк. Достаточно назвать паровые котлы и парогенераторы АЭС, рефрижераторы и ожижители в технике низких температур, выпарные аппараты, испарители, конденсаторы, дистилляционные установки в различных технологиях, газо- и нефтепроводы, чтобы понять, насколько широка сфера применения двухфазных систем. При этом в большинстве названных примеров имеют дело с организованным движением двухфазных сред в каналах.

Поскольку строгое математическое описание, дающее, в частности, положение и форму межфазных границ, для реальных двухфазных систем в каналах, как правило, невозможно, в инженерной практике используют обычно эмпирические расчетные соотношения.

Двухфазные течения играют важную роль в технических приложениях. Большинство процессов, происходящих в камерах сгорания в тепловых машинах, в частности воздушно-реактивных двигателей, являются двухфазными (керосин–воздух).

В данном курсовом проекте рассматриваются методы моделирования многофазных течений и обзор основных литературных источников. Производится исследование структуры течения и процесса распространение дисперсной примеси в двухфазной струе с использованием эйлерова подхода при вариации размера и материала частиц.

**1 Двухфазные течения**

**1.1 Что такое двухфазное течение?**

Фазой называется одно из состояний вещества, которое может быть газообразным, жидким или твердым. Многофазное течение – это совместное течение нескольких фаз. Двухфазный поток представляет собой простейший случай многофазного течения.

Для характеристики потока, фазы которого не состоят из одного и того же химического вещества, иногда используется термин двухкомпонентный. Например, паро-водяной поток является двухфазным, в то время как течение воздухо-водяной смеси – двухкомпонентное. Некоторые двухкомпонентные потоки (главным образом жидкость – жидкость) состоит из одной фазы, но их часто называют двухфазными, отождествляя фазы с непрерывным или дискретным компонентом.

Так как математические методы, с помощью которых описываются двухфазные или двухкомпонентные течения, идентичны, выбор определений практически не имеет значения. Можно привести множество примеров двухфазных течений. Некоторые из них ­– туман, смог, кипением воды и др.

Некоторые бытовые процессы включают последовательное изменение структуры двухфазного потока. Например, в кофеварке вода кипит сначала с образованием пузырьков пара, затем паровых или жидких полостей, после чего поднимается по центральной трубке, просачивается через слой молотого кофе и в конце по каплям стекает в чашку.

Можно привести пример из области пожаротушения. Почти все без исключения способы тушения огня включают использование многофазных – брызг, струй, пены или порошков. Даже при рассмотрении огнетушителей на чистом газе нельзя не учитывать мгновенного испарения, происходящего при истечении газа из баллона под высоким давлением. Более того, само пламя, являющееся обычно результатом реакции между твердым или жидким топливом и кислородом воздуха, образует дым и пар, которые невидимы, если только они не двухфазные. В бойлерах, автомобильных двигателях и ракетах специально предусматривается сгорание двухфазных дисперсных систем.

Дисперсная система – образование из двух или более числа фаз, которые практически не смешиваются и не реагируют друг с другом химически. В типичном случае двухфазной системы первое из веществ (дисперсная фаза) мелко распределено во втором (дисперсионная среда). Если фаз несколько, их можно отделить друг от друга физическим способом (центрифугировать, сепарировать и т. д.).

К дисперсным системам относятся также случай твердой дисперсной среды, в которой находится дисперсная фаза. Растворы высокомолекулярных соединений также обладают всеми свойствами дисперсных систем.

Столь же разнообразны примеры из промышленности. Свыше половины предприятий химической промышленности имеет дело с многофазными течениями. Многие промышленные процессы, например производство энергии, охлаждение и дистилляция, зависит от испарительных и конденсационных циклов. Эффективность опреснительных станций ограничена уровнем развития технологии двухфазных систем. Выплавка стали, производство бумаги и пищи включают некоторые узловые процессы, которые зависят от правильного функционирования оборудования, использующего многофазные системы.

**1.2 Классификация двухфазных потоков**

В первую очередь следует остановиться на адиабатных двухфазных потоках. Хотя двухфазные течения без теплообмена в технике встречаются реже (чаще всего это трубопроводы), чем кипение и конденсация, адиабатные потоки в первую очередь интересны как модельные среды. При исследовании двухфазных систем без теплообмена исследователь получает возможность уменьшить число факторов, влияющих на процесс, и лучше понять механизм течения.

Двухфазные потоки относятся к смесям. По составу смеси подразделяются:

– на однокомпонентные - парожидкостные потоки;

– на многокомпонентные - газожидкостные потоки.

Однокомпонентные смеси состоят из одного и того же вещества, находящегося в разных агрегатных состояниях. Это могут быть не только пар–жидкость, но и смесь жидкости или пара с твердой фазой, водоледяная смесь либо паровой поток с частицами льда, например в сублимационных установках.

Многокомпонентные смеси представляют собой совокупность веществ разной физической природы. К ним относятся не только газожидкостные потоки, а также, например, смеси воздуха и песка, воды и нефти и т. д.

В парожидкостных потоках межфазовая поверхность проницаема, объемные и массовые расходы фаз меняются по длине. В газожидкостных потоках массовые расходы постоянны.

В адиабатных потоках тепловой поток на стенке трубы равен нулю (*Qс*= 0). В потоках с теплообменом соблюдаются следующие условия: *Qс* > 0 (испарение), *Qс*< 0 (конденсация). Если процесс парообразования происходит при температуре насыщения, то такой поток называется равновесным; если температуры фаз отличны от температуры насыщения, то поток – неравновесный. Неравновесным может быть также поток, в котором температура одной из фаз равна температуре насыщения, а другой – не равна, например смесь перегретого пара и насыщенной жидкости.

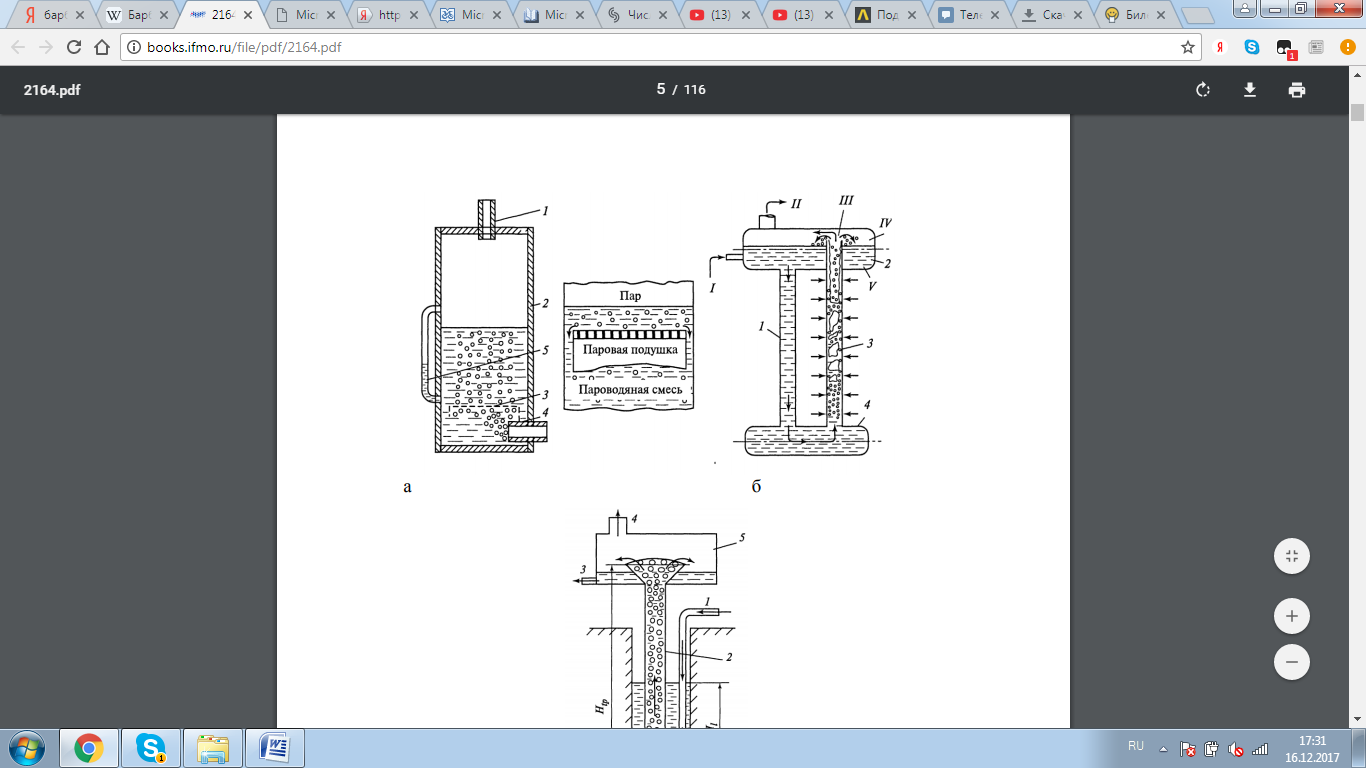
Двухфазные потоки классифицируются в зависимости от физической природы источника движения:

а) вынужденное движение, вызванное действием насоса;

б)свободное движение (естественная циркуляция) – движение под действием сил гравитации.

На рис. 1.2.1 приведены приведены примеры свободного движения двухфазных потоков.

Барботаж (процесс пропускания газа или пара через слой жидкости. Газ продавливается через слой жидкости с помощью труб с мелкими отверстиями) (рис.1.2.1, а) – достаточно распространенный процесс, используемый в химической и пищевой промышленности, в системах деаэрации. Система двухтрубного котла (рис. 1.2.1, б), разработанная в XIX в. веке, используется до сих пор в паровых котлах энергетических установок. Система эрлифта (рис. 1.2.1, в) используется для подъема и перекачки жидкости, например в нефтедобывающих установках;



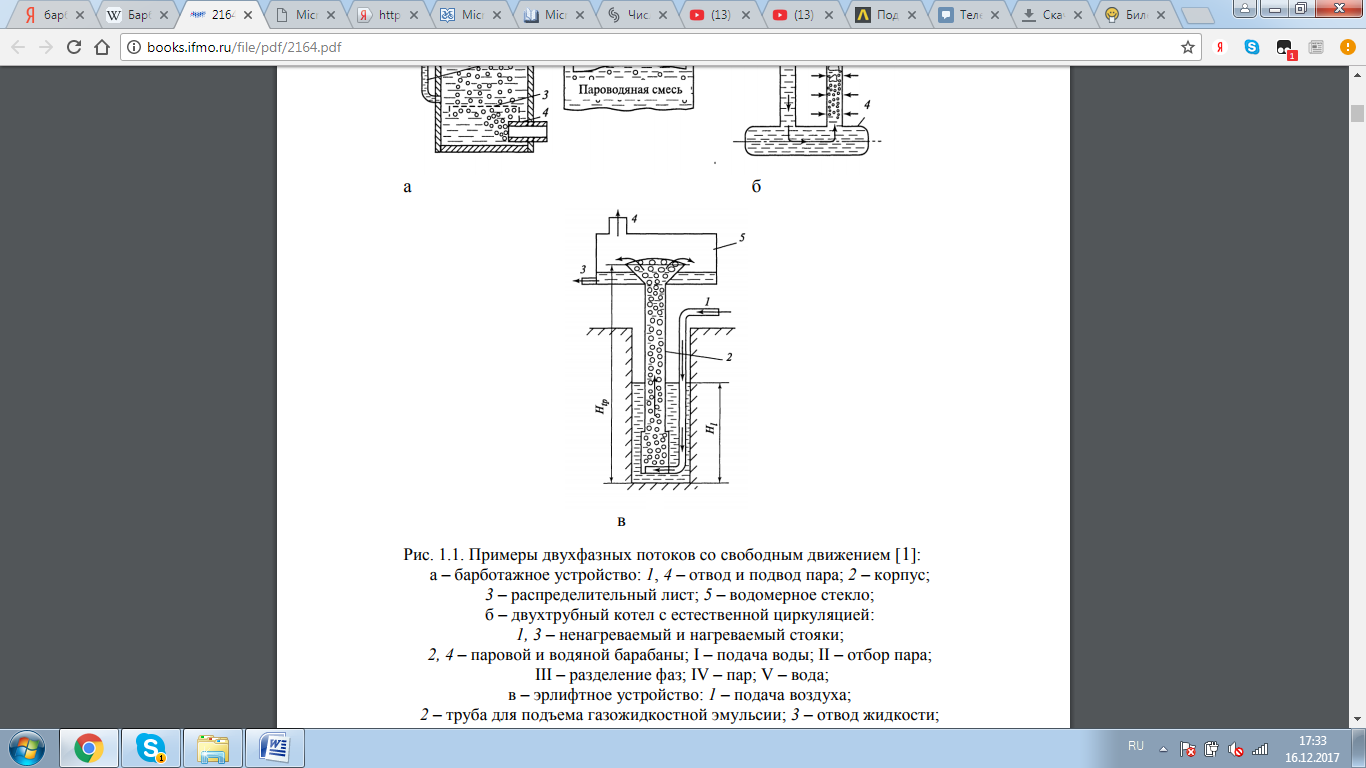


Рисунок 1.2.1 – Примеры двухфазных потоков со свободным движением:

а – барботажное устройство: 1,4 – отвод и подвод пара; 2 – корпус; 3 – распределительный лист; 5 – водомерное стекло;

б – двухтрубный котел с естественной циркуляцией: 1,3 – ненагреваемый и нагреваемый стояки; 2,4 – паровой и водяной барабаны; I – подача воды; II - отбор пара; III – разделение фаз; IV – пар; V – вода;

в – эрлифтное устройство: 1 – подача воздуха; 2 – труба для подъема газожидкостной эмульсии; 3 – отвод жидкости; 4 –выход воздуха; 5 – сепаратор; *H1*, *Htp* – высоты уровней жидкости и двухфазной смеси

в) движение, обусловленное фазовым переходом. Теплота фазового перехода представляет собой сумму изменений внутренней энергии и работы расширения:



где ,  – удельная внутренняя энергия пара и жидкости;  – давление насыщения; ,  – удельный объем пара и жидкости.

Движение, обусловленное фазовым переходом, иллюстрируется на рис.1.2.2;

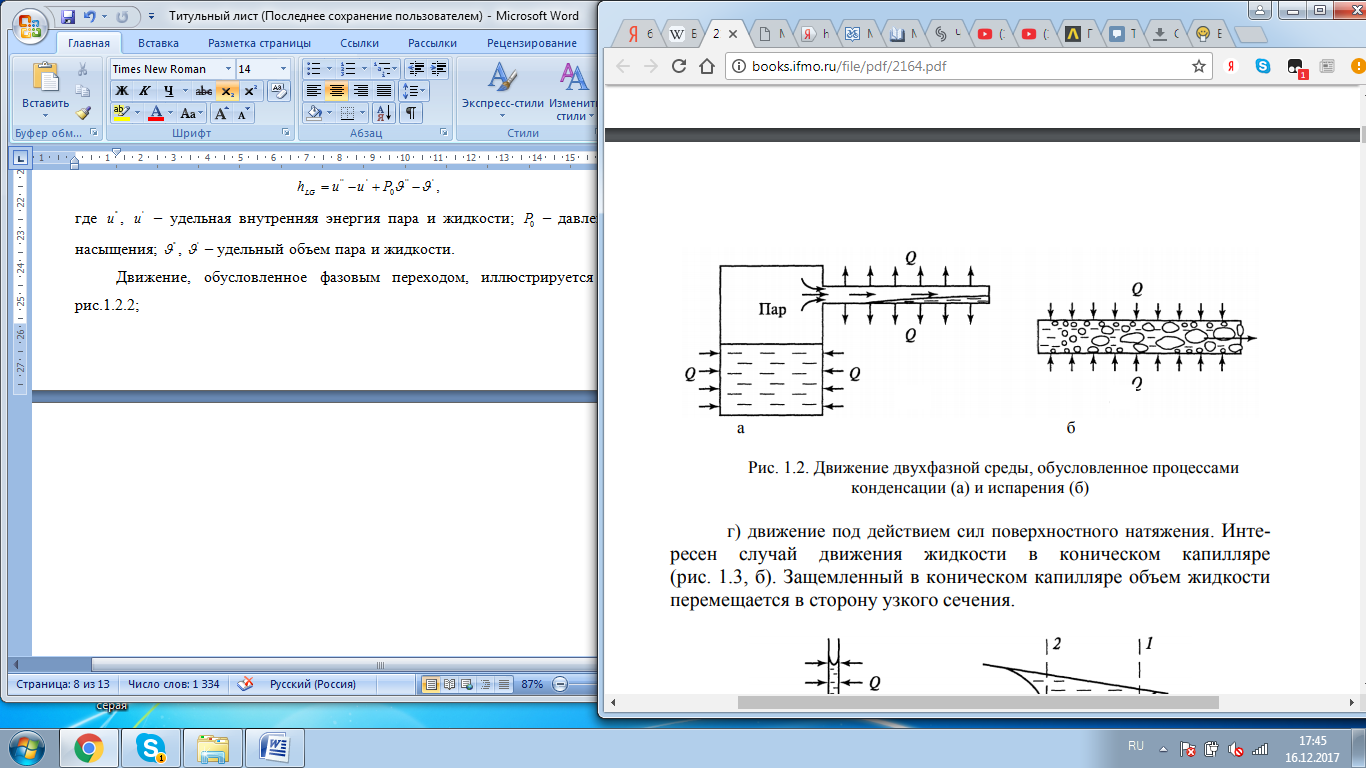


Рисунок 1.2.2 – Движение двухфазной среды, обусловленное процессами конденсации (а) и испарения (б)

г) движение под действием сил поверхностного натяжения. Интересен случай движения жидкости в коническом капилляре (рис. 1.2.3, б). Защемленный в коническом капилляре объем жидкости перемешивается в сторону узкого сечения.

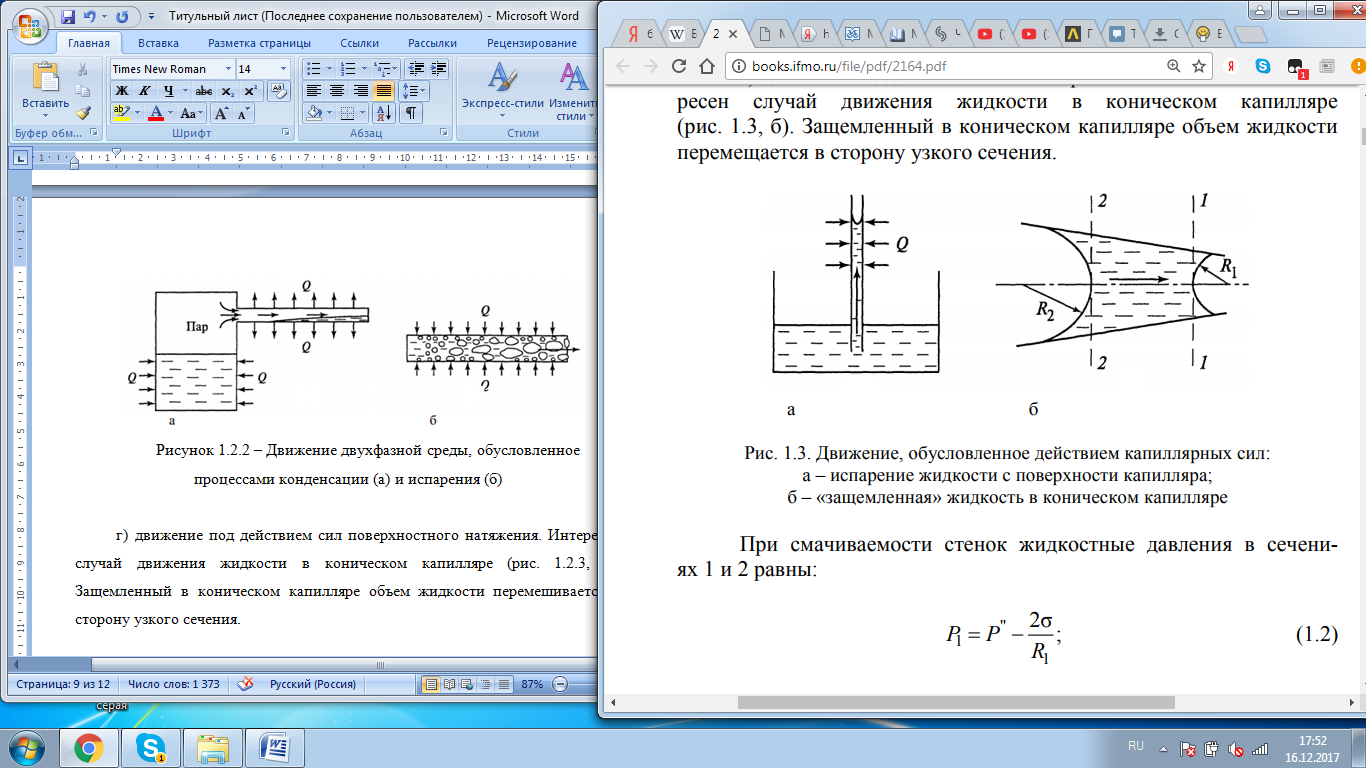


Рисунок 1.2.3 – Движение, обусловленное действием капиллярных сил:

а – испарение жидкости с поверхности капилляра;

б – "защемленная" жидкость в коническом капилляре

При смачиваемости стенок жидкостные давления в сечениях 1 и 2 равны:

;

;

где  – давление в паре;  – коэффициент поверхностного натяжения; ,  – радиусы капилляра.

Из данных зависимостей следует, что при прочих равных условиях за счет того, что >, >, градиент давления и является причиной движения.

Циркуляция жидкости и пара, вызванная работой расширения при фазовом переходе и силами поверхностного натяжения в капиллярной структуре. реализуется в "тепловой трубке", схема которой представлена на рис. 1.2.4.

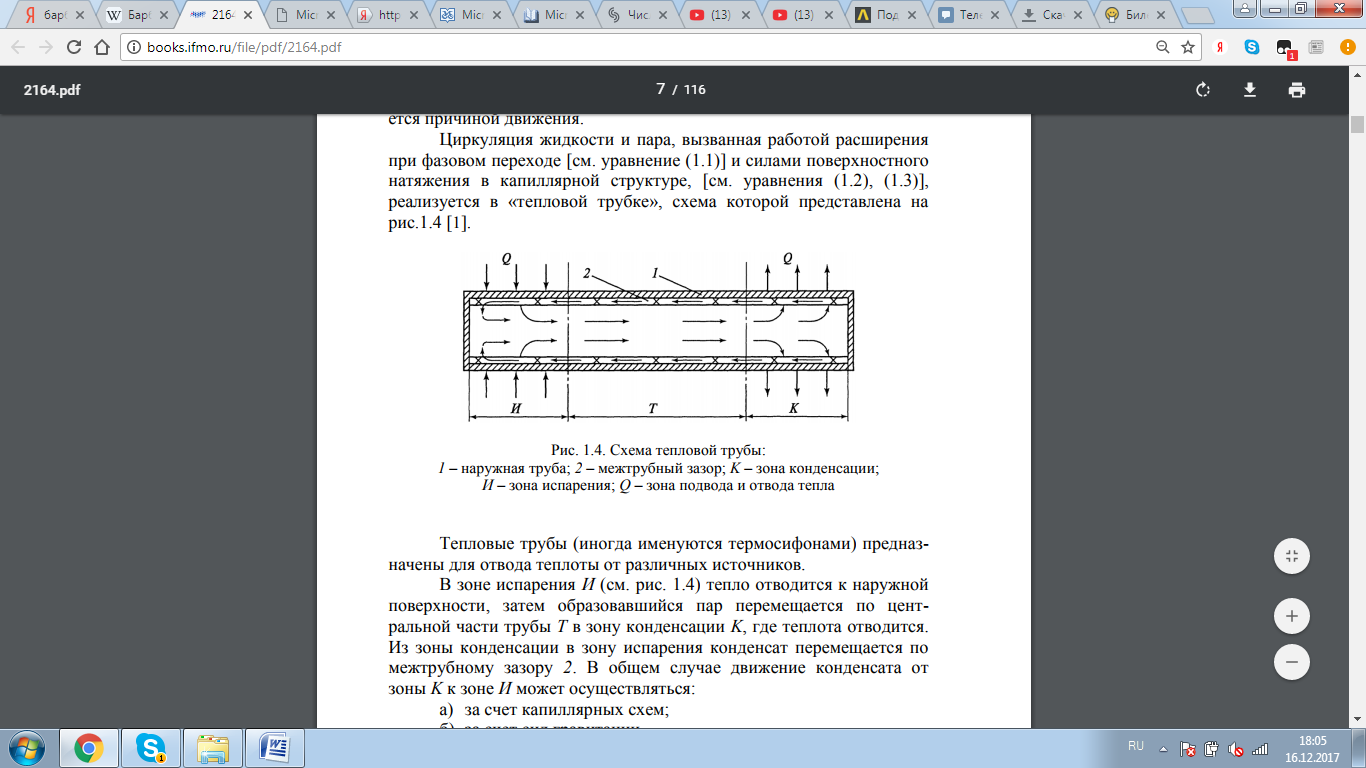


Рисунок 1.2.4 – Схема тепловой трубы:

1 – наружная труба; 2 – межтрубный зазор; *К* – зона конденсации; *И* – зона испарения; *Q* – зона подвода и отвода тепла

Тепловые трубы (иногда именуются термосифонами) предназначены для отвода теплоты от различных источников.

В зоне испарения *И* тепло отводится к наружной поверхности, затем образовавшийся пар перемещается по центральной части трубы *T* в зоне конденсации *К*, где теплота отводится. Из зоны конденсации в зону испарения конденсат перемещается по межтрубному зазору 2. В общем случае движение конденсата от зоны *К* к зоне *И* может осуществляться:

а) за счет капиллярных схем;

Применяется в трубках любой ориентации и может быть использован при отсутствии сил гравитации, например при отводе теплоты от зоны нагрева ядерных энергетических установок на космических объектах.

б) за счет сил гравитации;

Применим только в вертикальных трубах, например при охлаждении либо замораживании грунтов, при прокладке подземных коммуникаций (сваи Лонга). Капиллярная структура потока зависит от скорости смеси, геометрических параметров, ориентации канала в пространстве (при внутриканальных фазовых переходах), физических свойств фаз.

Паро- или газожидкостные потоки имеют разную структуру, которая характеризуется формой границы раздела фаз, количественным соотношением пара или жидкости, степенью дискретности фаз. Структура потока зависит от скорости смеси, геометрических параметров, ориентации канала в пространстве (при внутриканальных фазовых переходах), физических свойств фаз.

**1.3 Основы математического описания двухфазных систем**

Для ознакомления с основами математического описания двухфазных систем необходимо определиться с основными положениями анализа. Обычно принимаются следующие предположения:

1) каждая фаза является сплошной средой;

2) межфазные поверхности интерпретируются как геометрические поверхности. При переходе через границу свойства (плотность, внутренняя энергия, энтальпия и др.) меняются скачком.

В общем случае в системе может происходить обмен массой, импульсом и энергией, как между отдельными фазами, так и внутри каждой из фаз. В пределах для каждой из фаз правомерны обычные дифференциальные уравнения сплошной среды, отображающие законы сохранения массы, импульса и энергии (уравнения сохранения). На межфазовых поверхностях должны выполняться граничные условия, отражающие условия взаимодействия фаз (условиями совместимости).

Главная сложность математического описания двухфазных систем заключается в том, что, в отличие от однофазных, границы раздела фаз, а следовательно, и условия однозначности, как правило, не известны. При однофазных течениях границы протекания процесса известны и входят в число условий однозначности. В первую очередь это геометрические параметры – диаметры каналов и их длина.

В многофазных системах границы фаз зависят от режимов течения и могут быть заданы лишь приближенно и то при наличии надежной методологии прогнозирования режимов. В настоящее время имеются лишь единичные примеры решения задач механики газожидкостных потоков численными методами в такой постановке, когда форма межфазной поверхности не задается, а определяется в процессе решения задачи. Рассмотрим следующие методы:

– Гомогенная модель. При решении прикладных задач механики многофазных систем вводятся различные упрощенные модели. Простейшая из них – гомогенная модель, суть которой состоит в замене реальной много- фазной среды средой условий с эффективными свойствами: плотностью смеси, скоростью смеси, вязкостью смеси. В этом случае применяются обычные уравнения сохранения, как к однофазному потоку. Модель раздельного течения применяется в случае разделения фаз четко определенной границей.

– Модель раздельного течения. Применяется в случае разделения фаз четко определенной границы.

Содержание законов сохранения массы, импульса и энергии при эйлеровском методе описания имеет одинаковый характер: полное изменение за единицу времени некоторого свойства *А* (массы, импульса, энергии) внутри контрольного объема *V* равно суммарному потоку этого вещества через поверхность *F* плюс возможное возникновение этого свойства *A* внутри самого объема *V*.

Аналитически эта формулировка имеет вид (закон сохранения в интегральном виде):

,

где слева приведена величина, определяющая *A* внутри объема *V* в единицу времени;  – скорость объемного возникновения *A* в единицу объема. Первое слагаемое в правой части уравнения характеризует суммарный приток вещества *A* через поверхность *F*;  – индексная форма записи скалярного произведения ; *J* – плотность потока свойства *А*;  – направленный элемент поверхности, т.е. вектор, равный по модулю поверхности  и положительным направлением совпадающий с внешней нормалью к поверхности. Таким образом, произведение  есть "убыль" свойства *А* из объема *V* через площадь .

**1.4 Методы анализа**

Двухфазные течения подчиняются всем основным законам гидромеханики. Однако, уравнения более сложны и более многочисленны, чем в случае однофазных течений.

Корреляции. Корреляция экспериментальных данных в виде функции выбранных переменных представляет обычный способ получения требуемых уравнений посредством минимума аналитических операций. Самые простые корреляции – это математические операции, легко выполняемые современными вычислительными машинами, в то время как в более совершенных методах используется анализ размерностей или объединение нескольких переменных в комплексы на определенной логической основе.

Одно из преимуществ корреляционных формул – простота их использования. Пока они применяются для условий, аналогичным тем, в которых были получены исходные данные, они могут быть вполне удовлетворительными в пределах статистического разброса данных, который обычно известен. Однако они могут привести к ошибочным результатам, если используются без разбора. Более того, поскольку корреляционные зависимости почти не вскрывают сущности явлений, они не указывают путей повышения эффективности или увеличений точности расчета.

Простые аналитические модели. Для обработки экспериментальных результатов и оценки расчетных параметров могут оказаться вполне пригодными очень простые аналитические модели. Например, в гомогенной модели смесь компонентов считается некоторой псевдонепрерывной средой с усредненными свойствами, а структура потока подробно не рассматривается. Взвесь капель в газе, пена или расслоенное течение газа над жидкостью в этом смысле совершенно идентичны. В модели раздельного течения потока каждой фазы рассматриваются самостоятельно. Записываются уравнения для каждой фазы и учитывается межфазное взаимодействие. В модели потока дрейфа внимание сосредоточено на характерном относительном движении фаз.

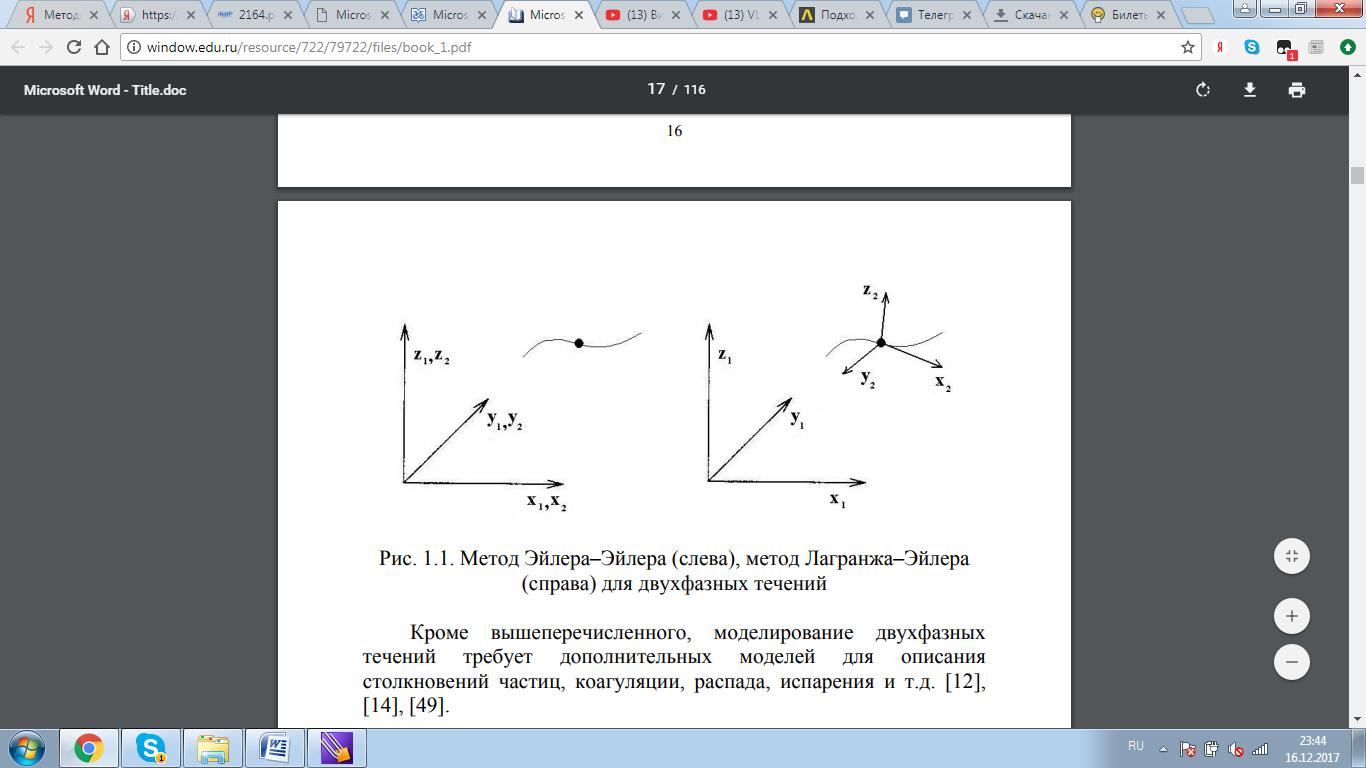
Интегральный анализ. Интегральный анализ в рамках одномерной схемы начинается с допущения о виде некоторых функций, описывающих, например, распределение скорости и концентрации в канале. Затем эти функции приводятся к виду, удовлетворяющему соответствующим граничным условиям и основным уравнениям гидромеханики в интегральной форме. Аналогичные методы достаточно широко используются при анализе однофазного пограничного слоя.

Дифференциальный анализ. В дифференциальном анализе поля скоростей и концентраций описываются с помощью соответствующих дифференциальных уравнений. Обычно, следуя одномерной схематизации течения, уравнения записывают для средних по времени величин, как и в теории турбулентности однофазной среды. В более сложных модификациях теории может даже учитываться временная зависимость.

Универсальные явления. Кроме рассмотренной последовательности аналитических методов, существует класс очень действенных способов исследований, основанных на универсальности некоторых явлений, не зависящих от режима течения, аналитической модели или характеристик рассматриваемой системы. Типичными примерами таких методов служат различные теории волнового движения и экстремальные методы определения координат предельных состояний системы.

**2 Методы моделирования течений**

Для описания двухфазных течений наиболее часто используют два метода: дискретно–траекторный Эйлер–Лагранж (Euler–Lagrange) и многожидкостный Эйлер–Эйлер (Euler–Euler). В первом методе рассчитываются траектории и характеристики индивидуальных частиц в определенные промежутки времени, т.е. для частиц используется метод Лагранжа, а для жидкой фазы метод Эйлера. Во втором методе дискретная фаза (частицы) рассматривается как сплошная среда (континуум), а общее течение – как смесь двух или более жидкостей. На рис. 2.1 графически показано различие двух методов. Слева координатные системы для двух фаз совмещены (Эйлер–Эйлер), справа координатная система для твердой фазы привязана к частице (Лагранж–Эйлер).



а) б)

Рисунок 2.1 – Метод Эйлера­-Эйлера (а), метод Лагранжа-Эйлера (б) для двухфазных течений

Кроме вышеперечисленного, моделирование двухфазных течений требует дополнительных моделей для описания столкновений частиц, коагуляции, распада, испарения и т.д.

Рассмотрим более подробно основные методы моделирования двухфазных течений:

1) Эйлеров подход. Модель Эйлера используется при моделиваровании потока двух сплошных взаимопроникающих потоков несжимаемых сред. Стандартные области применения этой модели – кипящие слои (твердые частица в газе),осаждение (твердые частицы в жидкости), перенос жидких капель или пузырьков в жидкости.

Для данной необходимо найти отдельные решения уравнения Навье-Стокса для каждой из моделируемой фаз, чтобы рассчитать поле скоростей каждой фазы. Объемная доля дисперсной фазы рассчитывается с помощью отдельного уравнения переноса.

Модель Эйлера хорошо описывает кипящие слои. В основе подхода лежит предположение о том, что характерный размер дисперсных частиц, пузырьков или капель намного меньше размера ячеек расчетной сетки.

Модель Эйлера является наиболее универсальной, но при этом крайне требовательной к вычислительным ресурсам. В рамках этой модели требуется решать две системы уравнений Навье-Стокса.

Данная модель имеет существенные ограничения, связанные с использованием двух допущений:

− принимается, что число Кнудсена в "газе частиц" много меньше единицы. Это означает возможность расчёта течений только с достаточно высокой объёмной концентрацией *α* >>10−2 ;

− предполагается равновесное максвелловское распределение частиц по 23 скоростям, которое в случае дисперсных частиц весьма спорно, поскольку в изолированной системе частиц происходит затухание кинетической энергии системы из-за потерь на сопротивление воздуха и неупругости столкновений между частицами.

2) Метод Лагранжа. Данный метод являющийся развитием дискретно−траекторного подхода. Наряду с уравнением импульса и энергии вводится дополнительное уравнение − уравнение неразрывности неразрывности для "газа" частиц, записанное также в лагранжевых переменных. Решение этого уравнения даёт поле концентрации или поле средней плотности примеси.

Уравнение движения газовой фазы имеет такой же вид, как и в эйлеровом подхода. В этом случае переход от результатов расчетов траекторий к распределениям параметров дисперсной фазы в физическом пространстве (например, при расчете концентрации капель) осуществляется путем осреднения этих результатов по контрольному объему эйлеровой сетки, применяемой для расчета газовой фазы.

При расчетах динамики частиц обычно используется модель SSF (Stochfstic Separed Fow), учитывающая стохастическое влияние турбулентности газа на движение частицы. В качестве характерной скорости газа в модели при расчете используется мгновенная (актуальная скорость газа, определяемая как сумма осредненной (устанавливается непосредственно из RANS-расчета) и случайной пульсационной составляющих скорости. Случайная пульсационная величина определяется с использованием гауссовой функции, среднее значение которой равно нулю, а среднеквадратичное отклонение – единицы. В качестве критерия генерации случайной составляющей скорости газа выбирается наименьшее из значений времени жизни вихря и времени взаимодействия частицы с турбулентным вихрем. Это означает, что газовая фаза оказывает влияние на турбулентную дисперсию частиц только в точках, соответствующих моменту начала взаимодействия вдоль всей траектории дисперсной фазы. Взаимодействие рассматривается как дисперсный процесс, поэтому для получения статически достоверного решения вдоль траектории дисперсной фазы необходимо проводить большое количество вычислений траекторий частиц (порядка 104). Простая и надежная SSF-модель использовалась в расчетах двухфазных течений различного типа.

Основной недостаток связан с тем, что пульсационное поле скорости газа не является непрерывным, кроме того, не учитывается тот факт, что турбулентные пульсации являются коррелированными во времени и пространстве.

3) Дискретно-траекторный подход. Дисперсная примесь представляется с помощью некоторой совокупности пробных частиц. Каждая частица рассматривается индивидуально, её движение и теплообмен описывается с помощью уравнений импульса и энергии, записанных в Лагранжевых координатах. Поле концентрации частиц находится путём подсчёта количества частиц, оказавшихся на текущем временном шаге внутри ячеек расчётной сетки. Основным недостатком метода является зависимость результатов от количества пробных частиц и размера расчётных ячеек для частиц. С алгоритмической точки зрения данный метод можно считать упрощённым вариантом метода основанного на кинетическом подходе для случая течения бесстолкновительной примеси.

**3 Моделирования течений в пакете Ansys**

Рассмотрим использование программного пакета Ansys для моделирования двухфазных и многофазных течений. Один из методов описания течений является модель Эйлера. Течение частиц в программном пакете Fluent моделируется с помощью модели дискретных фаз (discrete phase model). Эта модель прогнозирует траекторию движения отдельных частиц. Обмен импульсом, теплотой, и массой между газом и твердыми частицами включаются в расчет чередуясь с расчетом траектории частиц и уравнений непрерывной газовой фазы.

Включения прогнозирования траектории движения дискретной фазы: Define – Models – Discrete Phase.

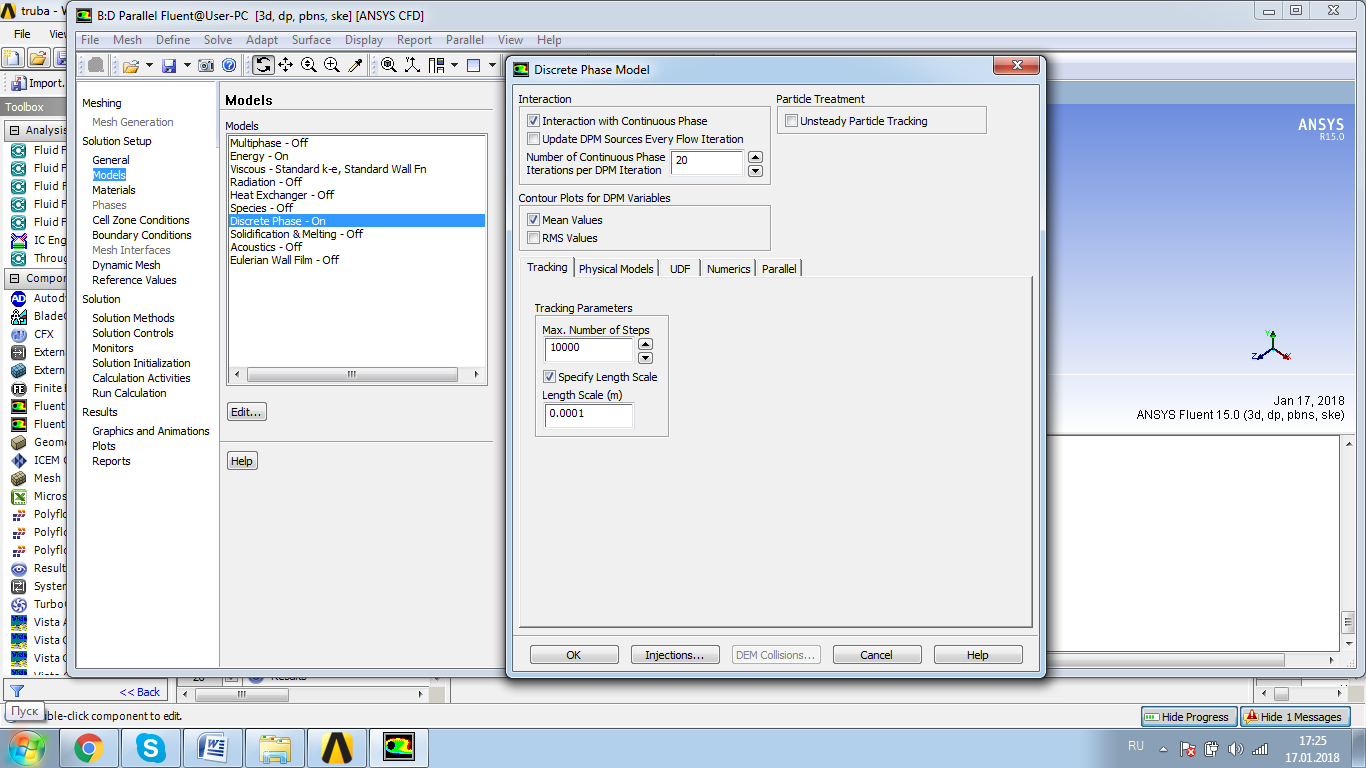


Рисунок 3.1 – Включение дискретной среды

Надпись Interaction (Взаимодействие) позволяют включить опцию взаимодействие с непрерывной фазой (Interaction Continuous Phase). Включение данной опции позволяет учесть влияние движущейся дискретной фазы (а также тепло- и массопереноса) на движение газовой среды. Отследить траектории движения частиц можно и не включая этой опции, однако при этом частицы не будут влиять на течение газа.

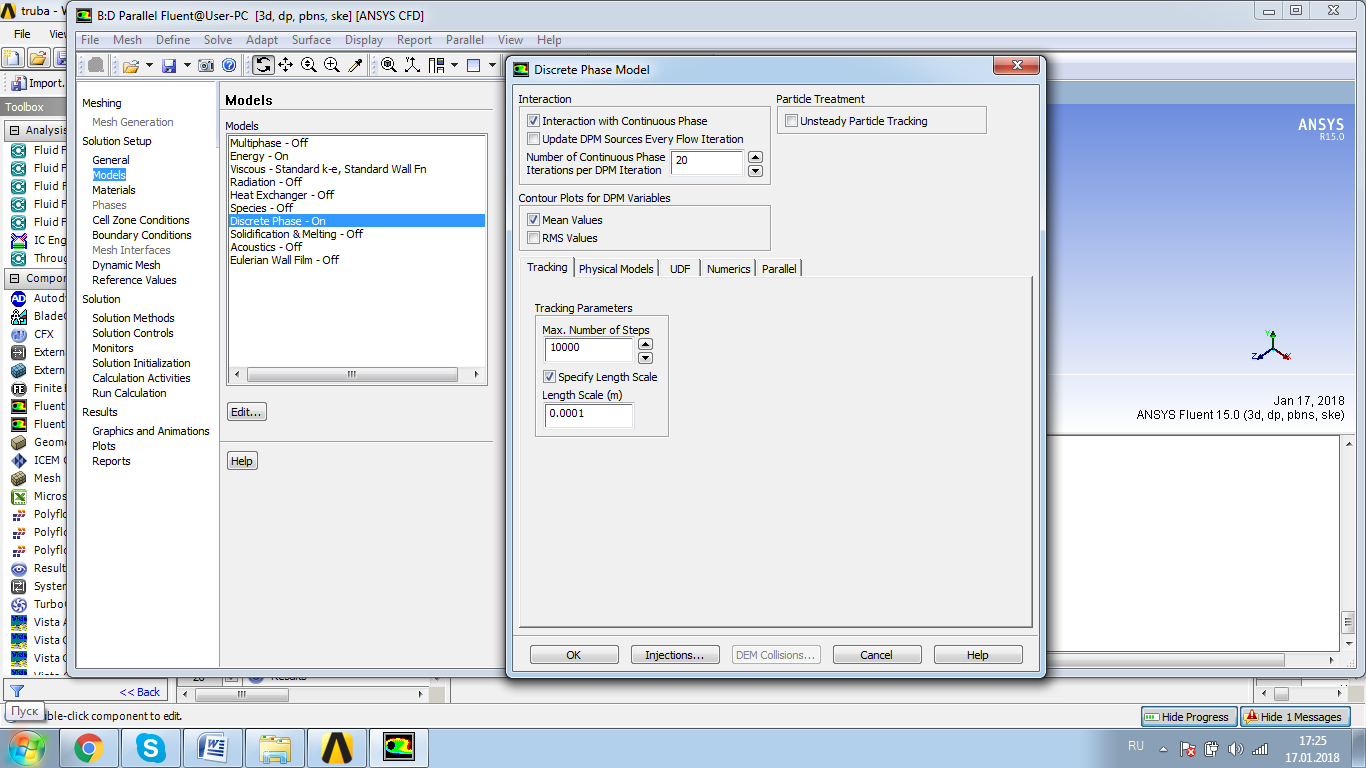


Рисунок 3.2 - Настройки дискретной фазы

Установка параметра расчета производится при включении опции number of Continuous Phase per DPM Iteration (Число итераций непрерывной фазы на итерацию дискретной фазы) установлено 20. Большее значение этого параметра используется в задачах со значительном расходом дискретной фазы или большим размером сетки. Менее частое обновление траектории может быть предпочтительнее в подобных задачах, для обеспечения сходимости уравнений газовой фазы перед очередной итерацией для дискретной фазы.

Максимальное число шагов устанавливается при помощи опции Tracking Parameters и варьируется с помощью Max. Number of Steps (максимальное число шагов). Ограничение числа шагов расчета траектории по времени производится для предотвращения расчета траектории частиц "застрявший" в области (например, за счет рециркуляции).

Также, в данном окне есть возможность установки масштаба длины при включении Specify Lenght Scale и Lenght Scale (масштабирование длины). Lenght Scale контролирует величины шага по времени для определения траекторий дискретной фазы. Значение 0,1 м предполает, что порядка 1000 шагов по времени будет использоваться для расчета траектории длиной 10 м.

Particle Radiation Interaction позволяет учесть взаимодействие частиц излучением.

Создание подвода дискретной фазы, подключается при Injections (впрыск). Течение дискретной фазы определяются начальными условиями ее подвода к газу. FLUENT использует эти условия в качестве стартовой точки интегрирования уравнений движения частиц.

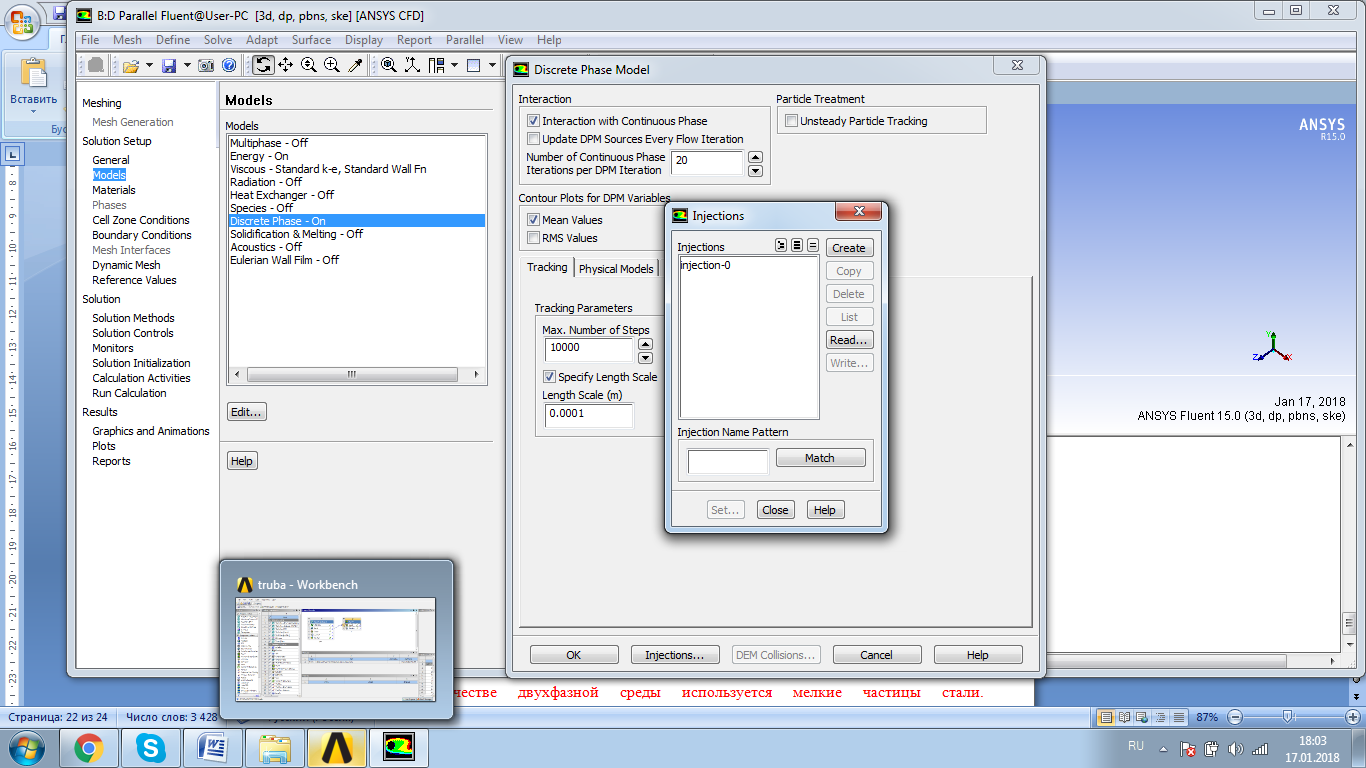


Рисунок 3.3 – Настройка впрыска

Более качественные настройки устанавливаются в открытой панели Set Injection Properties (установка свойств впрыска, подвода).

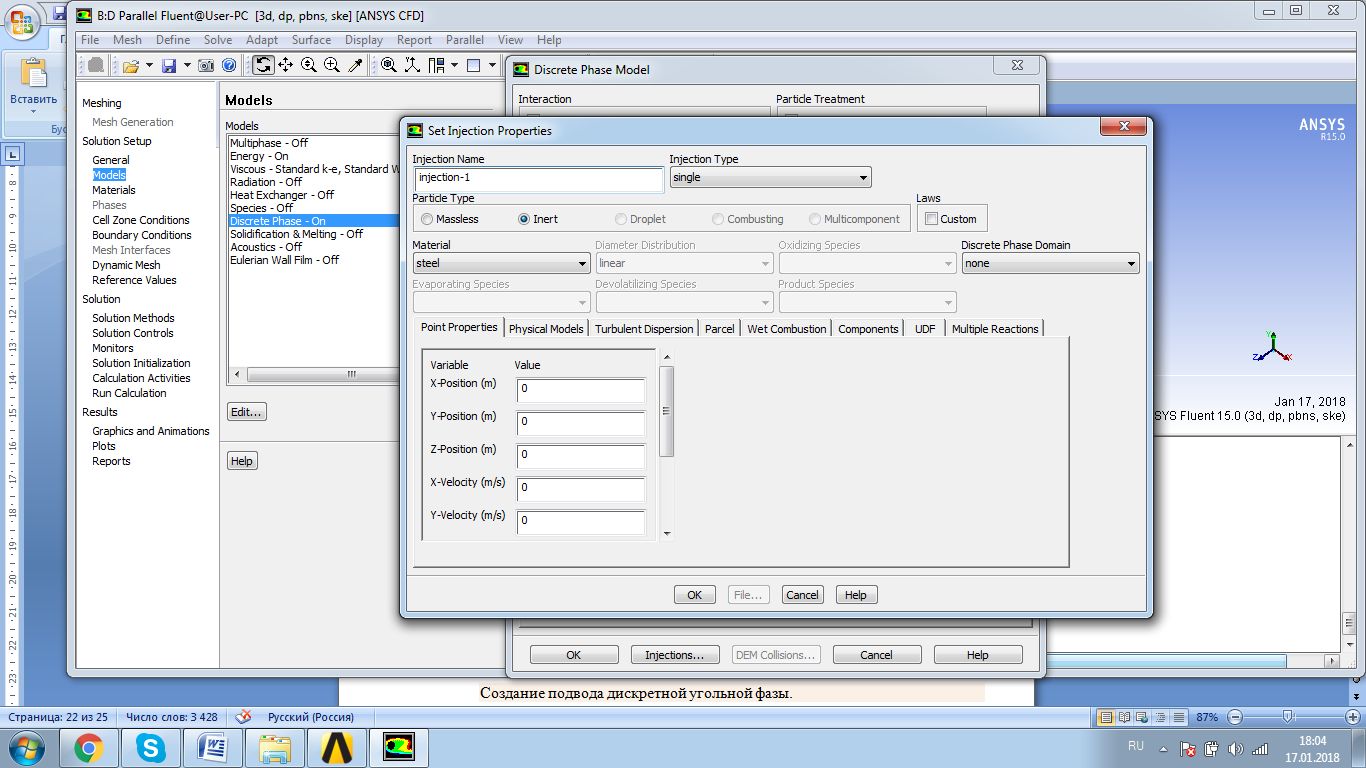


Рисунок 3.4 – Настройка свойств впрыска

Течение частиц определяется набором 10 различных условий, которые как и диаметр должен удовлетворять Rosin-Rammler закону распределения размера используется опция Rosin-Rammler size distribution law.

В опциях Injection Type (Тип впрыска) выбирается необходимый тип впрыска. Число потоков устанавливается при помощи Number of Particle Streams равным частиц. Этот параметр определяет диапазон установления начальных условий 10 течениями частиц, каждое из которых имеет свой набор начальных условий. Это приводит к 10 дискретным значениям диаметров частиц, поскольку диаметр будет изменяться в различных течениях частиц.

В Particle Type выбирается тип частиц дискретной фазы например, горючее Combusting, выбирая данную опцию вы активируете подмодель выхода летучих веществ и выгорания. Аналогично опция Droplet (Капля) включается подмодель испарения капель и кипения.

Список материалов содержит горючие сыпучие материалы из базы данных Fluent. Материал можно выбрать как из базы, так и создать свой со своими свойствами. Опция Diameter Distribution (распределение диаметров) выбирается rosin-rammler.

Установка начальных условий производится в Point Properties (точечные условия) начинается с определением параметров от первой точки First Point и последней. Определение турбулентной дисперсии производится в опции Turbulent Dispersion.

Настройка Stochastic Tracking (вероятностное, случайное, схоластическое слежение). Схоластическая модель слежения траекторий позволяет учесть эффект турбулентности в газовой фазе на траектории частиц. Это важно для получения реалистичного распределения частиц.

Функция Number of Tries определяет число попыток .После всех настроек появится новый впрыск в панели. Также можно в панели выбрать существующие впрыски и просмотреть параметры течения этого впрыска в консоли.

**Заключение**

Перечень промышленных объектов, использующих двух- фазные потоки, чрезвычайно широк. Это паровые котлы паросиловых установок, выпарные установки химических и пищевых производств, газо- и нефтепроводы, криогенные системы, испарители и конденсаторы холодильных установок и многое другое.

Поскольку строгое математическое описание двухфазных потоков, как правило, крайне затруднено из-за сложности определения межфазных границ, в инженерной практике обычно используют эмпирические или полуэмпирические соотношения.

В дальнейшем планируется рассмотреть и смоделировать двухфазное течение при использовании эйлерова подхода. Планируется рассмотреть структуру течения и процесс распространения дисперсной примеси при вариации размером примеси. Изучить влияние дисперсной среды на турбулентность.

**Список использованной литературы**

1. Г. Уоллис. Одномерные двухфазные течения. Изд. "МИР" 1972.

2. Д.А. Лабунцов, В.В. Ягов. Механика двухфазных потоков // учебное пособие для вузов. М.: МЭИ, 1977.

3. Д.А. Романюк, Ю.М. Циркунов. Численное моделирование двухфазного течения газа с частицами во входной ступени "ротор−статор" турбомашины. // Математическое моделирование. 2010. Т. 22.

4. А.А. Малышев, В.О. Мамченко. Теплообмен и гидродинамика двухфазных потоков хладагентов // Учебно-методическое пособие. СПб.: Университет ИТМО, 2016.

5. М.А. Пахомов, В.М. Терехов. Распространение твердых части в газодисперсном ограниченном потоке. Эйлерово и лагранжево описание // Теплофизика и аэромеханика, 2017, т. 24, №3.

6. Андерсон Д., Таннехил Дж., Плетчер Р. Вычислительная гид- ромеханика и теплообмен. В 2-х томах. – М. «Мир»,1990.- 384с.

7. Батурин О.В. Построение расчетных моделей в препроцес- соре Gambit универсального программного комплекса Fluent: учеб. пособие/ О.В. Батурин, Н.В. Батурин, В.Н. Матвеев – Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2009. - 172с.: ил.