

ОТЧЕТ О ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ (ПРЕДДИПЛОМНОЙ) ПРАКТИКЕ

ТИП ПРАКТИКИ

для выполнения выпускной квалификационной работы

ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

4 курса группы ПМ-453

Шамаева Ильдара Рустемовича

(фамилия имя отчество в род. п.)

Уровень образования:	высшее образование – бакалавриат
Направление подготовки (специальность)	01.03.04 Прикладная математика
Направленность (профиль) программы	Применение математических методов к решению инженерных и экономических задач
Срок проведения практики:	с 17 апреля 2023 по 28 мая 2023

1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

1. База практики – профильная организация или структурное подразделение УУНиТ.
2. Обучающийся – физическое лицо, осваивающее образовательную программу среднего профессионального или высшего образования.
3. Вид практики – учебная, производственная.
4. Каждый обучающийся, находящийся на практике, обязан вести отчет по практике.
5. Отчет по практике служит основным и необходимым материалом для составления обучающимся отчета о своей работе на базе практики.
6. Заполнение отчета по практике производится регулярно, аккуратно и является средством самоконтроля. Отчет можно заполнять рукописным и (или) машинописным способами.
7. Иллюстративный материал (чертежи, схемы, тексты и т.п.), а также выписки из инструкций, правил и других материалов могут быть выполнены на отдельных листах и приложены к отчету.
8. Записи в отчете о практике должны производиться в соответствии с программой по конкретному виду практики.
9. После окончания практики обучающийся должен подписать отчет у руководителя практики, руководителя от базы практики и сдать свой отчет по практике вместе с приложениями (при наличии) на кафедру.
10. При отсутствии сведений в соответствующих строках ставится прочерк.

2. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Фамилия, инициалы, должность руководителя практики от факультета (института, колледжа, техникума)	
Фамилия, инициалы, должность руководителя практики от кафедры	доцент каф. ВВТиС Федорова Г.И.
Полное наименование базы практики	ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий»
Наименование структурного подразделения базы практики	кафедра высокопроизводительных вычислительных технологий и систем
Адрес базы практики (индекс, субъект РФ, район, населенный пункт, улица, дом, офис)	450008, респ. Башкортостан, г. Уфа, ул. К.Маркса, 12к1, ауд. 1-407
Фамилия, инициалы, должность руководителя практики от профильной организации	Михайленко Константин Иванович, к.ф.-м.н
Телефон руководителя практики от базы практики	

3. РАБОЧИЙ ГРАФИК (ПЛАН) ПРОВЕДЕНИЯ ПРАКТИКИ

Срок проведения практики: с 17 апреля 2023 по 28 мая 2023

№	Разделы (этапы) практики	Виды и содержание работ, в т.ч. самостоятельная работа обучающегося в соответствии с программой практики	График (план) проведения практики (начало – окончание)
1.	Подготовительный этап	– организационное собрание; – установочная лекция; – получение индивидуального задания на практику; – проведение инструктажа обучающегося по ознакомлению с требованиями охраны труда, техники безопасности, пожарной безопасности, а также правилами внутреннего трудового распорядка.	17.04.2023 – 19.04.2023
2.	Основной этап	– выполнение индивидуального задания; – сбор, обработка и систематизация фактического и литературного материала по теме исследования.	20.04.2023 – 23.05.2023
3.	Заключительный этап	– подготовка и оформление отчёта по практике, содержащего итоги прохождения практики; – подготовка к защите, в том числе оформление презентации, и защита отчета.	24.05.2023 – 27.05.2023

Руководитель практики от кафедры

_____/_____
подпись И.О. Фамилия

Руководитель практики от профильной организации¹

_____/_____
подпись И.О. Фамилия

¹ При проведении практики в профильной организации руководителем практики от кафедры и руководителем практики от профильной организации составляется совместный рабочий график (план) проведения практики.

4. ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ

Содержание задания на практику (перечень подлежащих рассмотрению вопросов, выполняемых работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью):

1. Подготовка математической модели динамики дисперсной среды в потоке несущего сжимаемого флюида на основе основных положений механики сплошной среды.
2. Изучение стандартных решателей OpenFOAM для моделирования динамики многофазных сред. Выбор и возможная модификация решателя для исследуемой модели.
3. Модификация вычислительной сетки модели канала вихревой трубы для исследуемых процессов
4. Проведение тестовых расчетов.

Руководитель практики от кафедры

_____/_____
подпись И.О. Фамилия

Руководитель практики от профильной
организации

_____/_____
подпись И.О. Фамилия

ОЗНАКОМЛЕН:
Обучающийся

_____/_____
подпись И.О. Фамилия

5. ИНСТРУКТАЖ ПО ОХРАНЕ ТРУДА

Наименование и реквизиты локального нормативного акта, регламентирующего систему управления охраной труда, техники безопасности, пожарной безопасности профильной организации:

Положение о системе управления охраной труда в ФГБОУ ВО «УУНиТ», утвержденное приказом №0632 от 20.03.2023.

Инструкция по охране труда для неэлектротехнического персонала I квалификационной группы допуска по электробезопасности (ИОТ-УУНиТ-002-2023) от 01.02.2023.

Инструкция по охране труда «Организация безопасного передвижения по лестницам в образовательной организации» (ИОТ-СОТ-004-2023) от 16.01.2023.

Инструкция о мерах безопасности при эвакуации работников и обучающихся УУНиТ при пожаре, утвержденная приказом УУНиТ №710 от 26.12.2022.

Наименование и реквизиты локального нормативного акта, устанавливающего правила внутреннего трудового распорядка профильной организации:

Правила внутреннего трудового распорядка Уфимского университета науки и технологий, утвержденные приказом УУНиТ “Об утверждении Правил внутреннего трудового распорядка федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский университет науки и технологий»” №0171 от 30.01.2023.

Перед началом практики инструктаж по ознакомлению с требованиями охраны труда, техники безопасности, пожарной безопасности, а также правилами внутреннего трудового распорядка прошел:

обучающийся _____ / _____
подпись И.О. Фамилия

Перед началом практики инструктаж обучающегося по ознакомлению с требованиями охраны труда, техники безопасности, пожарной безопасности, а также правилами внутреннего трудового распорядка провел:

_____ / _____
должность подпись И.О. Фамилия

6. ДНЕВНИК РАБОТЫ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

Дата	Информация о проделанной работе, использованные источники и литература (при наличии)
17.04.2023	Знакомство с литературой по теме практической работы.
19.04.2023	Подготовка математической модели динамики дисперсной среды в потоке несущего сжимаемого флюида на основе основных положений механики сплошной среды.
21.04.2023	Изучение стандартных решателей OpenFOAM для моделирования динамики многофазных сред
22.04.2023	Выбор и возможная модификация решателя для исследуемой модели.
23.04.2023	Модификация вычислительной сетки модели канала вихревой трубы для исследуемых процессов
25.04.2023	Проведены тестовые расчеты
28.04.2023	Составление и оформление пояснительной записки и подготовка к защите.

Руководитель практики от кафедры

_____/_____
подпись И.О. Фамилия

Руководитель практики от профильной организации

_____/_____
подпись И.О. Фамилия

7. ОТЧЕТ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ О ПРАКТИКЕ

с «17» апреля 2023 по «28» мая 2023

Я, Шамаев Ильдар Рустемович, прошел производственную (преддипломную) практику с 17 апреля 2023 по 28 мая 2023.

В соответствии с программой практики и индивидуальным заданием я выполнял следующую работу: Подготовил математическую модель динамики дисперсной среды в потоке несущего сжимаемого флюида на основе основных положений механики сплошной среды и изучил стандартные решателя twoPhaseEulerFoam для моделирования динамики многофазных сред. Был выбран решатель для исследуемой модели. Проведены тестовые расчеты и была составлена и оформлена пояснительной записки и подготовка к защите.

В результате прохождения практики поставленные задачи были решены в полном объеме, профессиональные компетенции (профессиональные умения, навыки и опыт профессиональной деятельности) приобретены.

Обучающийся

подпись

И.О. Фамилия

8. ЗАКЛЮЧЕНИЕ РУКОВОДИТЕЛЯ ПО ПРАКТИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКЕ О ПРАКТИКЕ

Обучающийся _____ прошел производственную (преддипломную) практику с 17 апреля 2023 по 28 мая 2023.

Перед обучающимся во время прохождения практики были поставлены следующие профессиональные задачи: _____

Краткая характеристика проделанной работы и полученных результатов: _____

Во время прохождения практики обучающийся проявил себя как (достоинства, уровень теоретической подготовки, дисциплина, недостатки, замечания)

Рекомендации (пожелания) по организации практики:

Руководитель практики от профильной организации

М.П. _____ / _____
подпись И.О. Фамилия
«___» _____ 20__

9. РЕЗУЛЬТАТ ЗАЩИТЫ ОТЧЕТА

В результате прохождения практики поставленные задачи были решены в полном объеме, профессиональные компетенции (профессиональные умения, навыки и опыт профессиональной деятельности) приобретены.

Результат прохождения практики обучающимся оценивается на: _____

Руководитель практики от кафедры

_____/_____
подпись И.О. Фамилия

ПРИЛОЖЕНИЕ А (обязательное)

Теория моделирования двух жидкостей

Уравнения сохранения Эйлера используются для описания обеих фаз в двухжидкостной модели. Каждая из фаз рассматривается как непрерывная и взаимопроникающая друг в друга и представлена усредненными уравнениями. Уравнения для моделирования динамики двухфазной среды в OpenFOAM реализованы на основе записанных исходя из основных положений механики многофазных систем. Усредненный срок передачи импульса между фазами учитывает передачу импульса между двумя фазами.

Усредненные уравнения импульса и непрерывности для каждой фазы ϕ могут быть записаны в виде:

$$\frac{\partial \alpha_\phi \bar{U}_\phi}{\partial t} + \nabla \cdot (\alpha_\phi \bar{U}_\phi \bar{U}_\phi) + \nabla \cdot (\alpha_\phi \bar{R}_\phi^{eff}) = \frac{-\alpha_\phi}{\rho_\phi} \nabla \bar{p} + \alpha_\phi g + \frac{\bar{M}_\phi}{\rho_\phi}$$

$$\frac{\partial \alpha_\phi}{\partial t} + \nabla \cdot (\bar{U}_\phi \alpha_\phi) = 0$$

Где нижний индекс ϕ - обозначает фазу, α - фазовая доля, \bar{R}_ϕ^{eff} - коэффициент Рейнольдса (турбулентное) и вязкое напряжение, \bar{M}_ϕ - усредненный член межфазной передачи импульса. Объединение второго уравнения для двух фаз, когда $\phi = a$ и $\phi = b$, дает уравнение объемной непрерывности, которое может быть сформулировано как неявное уравнение для давления.

Межфазную передачу импульса можно рассчитать путем сложения сил, действующих на частицы дисперсной фазы. Силы сопротивления, подъемной силы и виртуальной массы рассматриваются как основной вклад. Другими силами пренебрегают.

Уравнение объемной непрерывности имеет вид:

$$\nabla \cdot \bar{U} = 0,$$

где

$$\bar{U} = \alpha_a \bar{U}_a + \alpha_b \bar{U}_b$$

Это уравнение преобразуется в уравнение давления:

$$\left[\nabla \cdot \left(\left(\alpha_{af} + \left(\frac{1}{\rho_a (A_a)_D} \right)_f + \alpha_{bf} \left(\frac{1}{\rho_b (A_b)_D} \right)_f \right) \nabla [\bar{p}] \right) \right] = \nabla \cdot (\alpha_{af} \phi_a^\square + \alpha_{bf} \phi_b^\square)$$

Решенное уравнение непрерывности фазы имеет вид:

$$\frac{\partial \alpha_\phi}{\partial t} + \nabla \cdot (\bar{U} \alpha_\phi) + \nabla \cdot (\bar{U}_r \alpha_\phi (1 - \alpha_a)) = 0$$

где \bar{U} - как указано выше, а \bar{U}_r - относительная скорость между фазами.

Вязкость и давление гранул определяются на основе кинетической теории течения гранул. При таком подходе термодинамическая температура заменяется температурой гранулированного потока, которая является мерой изменения скорости частиц. Завершение

уравнения импульса твердой фазы требует описания напряжения в твердой фазе. Уравнение гранулированной температуры (Theta) описано в модели кинетической теории kineticTheoryModel.C

$$\frac{3}{2} \left[\frac{\partial}{\partial t} (\alpha_s \rho_s \Theta) + \nabla \cdot (\alpha_s \rho_s \Theta \mathbf{v}_s) \right] = (-\nabla P_s \dot{\mathbf{I}} + \dot{\mathbf{t}}_s) : \nabla \mathbf{v}_s - \nabla \cdot (k_s \nabla \Theta) - \gamma_s - J_s$$

Где первый член в правой части представляет собой создание флуктуирующей энергии из-за сдвига в фазе частиц, второй член представляет диффузию флуктуирующей энергии вдоль градиентов в Θ , γ_s представляет рассеяние из - за неупругих столкновений частиц, а J_s представляет рассеяние или создание гранулированной энергии в результате сдвига в фазе частиц. действие колеблющейся силы, оказываемой газом, за счет колебания скорости частиц.

Когда в свойствах кинетической теории включено равновесие, то вместо приведенного ниже уравнения баланса, которое реализовано в решателе, используется алгебраическое уравнение:

$$\Theta = \left(\frac{-(K_1 \alpha_s + \rho_s) \text{tr}(\dot{\mathbf{D}}_s) + \sqrt{(K_1 \alpha_s + \rho_s)^2 \text{tr}^2(\dot{\mathbf{D}}_s) + 4 K_4 \alpha_s [2 K_3 \text{tr}(\dot{\mathbf{D}}_s)^2 + K_2 \text{tr}^2(\dot{\mathbf{D}}_s)]}}{2 \alpha_s K_4} \right)$$

Где $\dot{\mathbf{D}}_s$ - скорость тензора деформации твердых тел, а K1-K4 вычисляются с помощью выражений. Теория связана с концепциями кинетического гранулированного потока и выражениями, присутствующими в kineticTheoryModel.C, относятся к “Получению, внедрению и валидации компьютерных имитационных моделей для псевдооживленных слоев газ-твердое вещество” Беренда ван Вачема.

ПРИЛОЖЕНИЕ В
(обязательное)
КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

В1. Сетка

В настоящей работе описан двухфазный решатель для пенопласта. С помощью этого решателя решаются задачи о двух фазах несжимаемой жидкости с одной дисперсной фазой. Обе фазы описываются с использованием уравнений сохранения Эйлера, и поэтому она называется моделью Эйлера-Эйлера. При таком подходе каждая из фаз рассматривается как непрерывный процесс.

Колонна с псевдооживленным слоем изготовлена из цельного блок размером 0,5 x 0,1 x 2,5 м, как показано на рисунке В.1. Блок дискретизируется равномерно с помощью 25 ячеек в направлении X, 125 ячеек в направлении Z и 1 ячейка в направлении y для имитации двумерного потока. Сетка генерируется обычным способом путем ввода команды blockMesh в окне терминала. Колонна заполняется частицами песка диаметром 480 микрон и снизу выдувается воздух со скоростью 0,9 м/с. Существуют варианты изменения физических свойств двух фаз, а также указания того, какая жидкость является дискретной фазой из двух фаз. Численное моделирование обычно состоит из 3 этапов:

1. Предварительная обработка
2. Решение дискретизированных уравнений
3. Постобработка

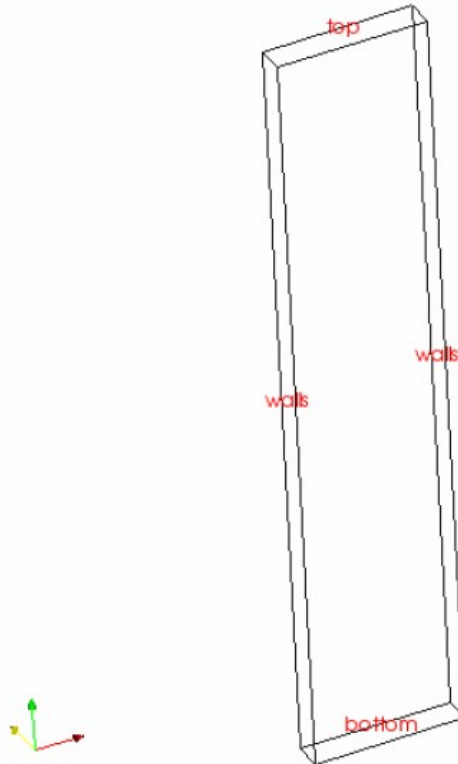


Рисунок В1.1. – Геометрия колонны

В1.2 Определение дискретной фазы

Решатель реализован для двух несжимаемых жидкостей "a" и "b", и здесь можно указать дискретную фазу. Файл `constant/interfacialProperties` используется для указания того, какую из двух фаз следует рассматривать как дискретную фазу, а также для указания модели сопротивления для двух фаз для расчета коэффициента сопротивления β . Фаза перетаскивания используется для указания того, какая из двух фаз является дискретной фазой. Когда фаза перетаскивания установлена на "a", как показано ниже, то фаза "a" принимается за дискретную фазу, а другая фаза - за непрерывную фазу

```
dragModela GidaspowSchillerNaumann;
dragModelb GidaspowSchillerNaumann;
dragPhase a;
```

После указания дискретной фазы диаметр, соответствующий дискретной фазе, получается из файла `transportProperties` для расчета сил сопротивления.

В1.3. Граничные условия на входе и выходе

Фаза b берется как непрерывная фаза, и, таким образом, в файле `0/Ub` скорость устанавливается равной 0,9 м/с на входе, т.е. на нижней границе. Производное граничное условие "Вход-выход" используется вверх. Это переключает U_b между фиксированным значением и нулевым градиентом в зависимости от направления потока на каждой граничной грани.

Другими полями, которые присутствуют, являются α - объемная доля или доля пустот, которая представляет собой отношение объема дискретной фазы к объему контрольного объема с фиксированным значением 0 на входе, Θ - температура гранул, p - давление, U_a - скорость дискретной фазы, а также свойства турбулентности k и ϵ для которых должны быть указаны граничные условия.

В1.4 Начальные и граничные условия стенки

Псевдооживленный слой заполняется частицами песка, и, таким образом, альфа-поле инициализируется некоторым значением во всей области. Словарь `setFieldsDict` можно использовать для инициализации дискретной фазы только в определенной области. Давление инициализируется равным нулю, поскольку жидкость несжимаема. Θ представляет собой температуру гранул, которая указывает на колебательное движение частиц. Поскольку скорость обеих фаз изначально равна нулю, значение этой переменной также устанавливается равным нулю. Начальные и граничные условия на стенке для различные переменные приведены ниже в таблице 1.

α	Равномерное внутреннее поле 0.33, нулевой градиент на стенках
p	Внутреннее поле однородно и равно 0, нулевой градиент на стенках
U_a	Равномерное внутреннее поле равное 0, равномерное фиксированное значение стен (0 0 0)
U_b	Внутреннее поле однородно и равно 0, стены с фиксированным значением однородны (0 0 0)
Θ	Внутреннее поле однородно и равно 0, нулевой градиент на стенках

k	Равномерное внутреннее поле равное 1, нулевая градиентность на стенах
epsilon	Равномерное внутреннее поле равное 10, нулевая градиентность на стенах

Таблица: 1 Начальные условия и граничные условия стенки

В1.5. Физические свойства

В каталоге constant/ есть определенные файлы, которые помогают в настройке различных моделей и свойств для моделирования двухфазных потоков. Файлы свойств являются

1. Свойства окружающей среды – Значение силы тяжести и ее направление указаны, как в файле, ниже

$$\mathbf{g} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & -2 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (0 \ 0 \ -9.81);$$
2. Интерфейсные свойства – В этом файле указаны различные модели для расчета коэффициента передачи лобового сопротивления для 2 фаз. Также здесь задается, какая из двух фаз является дискретной.

```
dragModela GidaspowSchillerNaumann;
dragModelb GidaspowSchillerNaumann;

dragPhase a;
```

Первые две строки указывают на различные модели для расчета коэффициента передачи лобового сопротивления, который в дальнейшем используется для расчета силы лобового сопротивления. Когда считывается модель перетаскивания, вызывается функция-член, связанная с моделью перетаскивания. Различные модели, доступные для расчета константы коэффициента передачи межфазного сопротивления в уравнении импульса.

Большинство моделей используют значения числа Рейнольдса - Re, доли фазы – alpha, относительного скорость между фазами - Ur, коэффициент лобового сопротивления - Cd. Также в разных моделях используются разные выражения для расчета Cd в зависимости от числа Рейнольдса.

3. Кинетические теоретические свойства – В этом файле указаны различные константы и модели для вычисления различных слагаемых, необходимых для решателя Эйлера. Эффективные напряжения в твердой фазе, возникающие в результате потока частиц и столкновений, могут быть описаны с помощью газокинетической теории. Если установлено равновесие, то вместо уравнения баланса решается алгебраическое уравнение для температуры гранул. При таком подходе допустимо, когда объемная доля твердой фазы остается высокой, а объем скорость движения твердой фазы остается относительно низкой. Коэффициент реституции обозначается буквой e. Напряжения трения необходимо учитывать при расчете напряжений в твердой фазе, когда объемная доля твердых частиц высока.

Значение alphaMax представляет собой максимальный предел упаковки дискретной фазы. Буквенное сокращение - это значение объемной доли твердого вещества, когда напряжения трения становятся важными. Fr, eta, p - зависящие от материала константы, используемые для расчета нормального напряжения трения. Вязкость при сдвиге при трении связана с нормальным напряжением при трении по линейному закону предложенным Кулоном, приведённом в виде

$$\mu_f = P_f \sin \phi,$$

где P_f - нормальное напряжение трения, а ϕ - угол внутреннего трения частицы.

```
equilibrium      on;
e                e                [ 0 0 0 0 0 0 0 ] 0.9 ;
alphaMax         alphaMax         [ 0 0 0 0 0 0 0 ] 0.6 ;
alphaMinFriction alphaMinFriction [ 0 0 0 0 0 0 0 ] 0.5 ;
Fr              Fr                [ 1 -1 -2 0 0 0 0 ] 0.05 ;
eta             eta               [ 0 0 0 0 0 0 0 ] 2.0 ;
p               p                 [ 0 0 0 0 0 0 0 ] 5.0 ;
phi             phi               [ 0 0 0 0 0 0 0 ] 25.0 ;
viscosityModel   Syamlal;
conductivityModel HrenyaSinclair;
granularPressureModel Lun;
frictionalStressModel JohnsonJackson;
radialModel      Gidaspow;
HrenyaSinclairCoeffs
{
    L            L                [ 0 1 0 0 0 0 0 ] 5.0e-4 ;
}
```

Описаны различные модели для расчета вязкости твердых частиц при сдвиге, проводимости энергии гранул, коэффициента давления твердых частиц (моделируемого как отношение давления твердых частиц к температуре гранул в OpenFOAM solver), напряжения трения, функции радиального распределения соответственно.

4. **ppProperties** – Сила взаимодействия частицы с частицей может быть активирована путем установки значения $g0 > 0$. Когда ограничитель упаковки установлен в положение on, объемная доля твердых веществ проверяется в каждой ячейке, а затем объемная доля твердых веществ ограничивается значением alphaMax, предельным значением упаковки.
5. **Транспортные свойства** – Значения вязкости и плотности двух фаз, а также диаметр дискретной фазы задаются с помощью этого файла. Диаметр непрерывной фазы не принимается во внимание, и может быть задано любое значение. Если коэффициент сопротивления должен быть рассчитан с использованием обеих фаз, то смешанная фаза сопротивления должна быть указана в файле свойств интерфейса с учетом диаметров обеих фаз. Различные коэффициенты в члене межфазной передачи импульса в уравнении импульса указаны в этом файле. Термин C_{vm} представляет собой коэффициент виртуальная масса и C_l представляют собой коэффициент подъемной силы. Если значения этих слагаемых равны нулю, то виртуальной массой и подъемной силой пренебрегают. Последняя строка alpha Alpha in не используется решателем и может быть удалена.

// a - дискретная фаза

// b - непрерывная фаза

```
//Песок
phasea
{
    rho    rho    [1 -3 0 0 0]    2640;
    nu     nu     [0 2 -1 0 0]    1.0e-6;
```

```

        d      d      [0 1 0 0 0 0 0]  480.0e-6;
    }
    // Воздух
    phaseb
    {
        rho      rho      [1 -3 0 0 0]      1.28;
        nu      nu      [0 2 -1 0 0]      1.328e-5;
        d      d      [0 1 0 0 0 0 0]      1.0;
    }
    Cvm      Cvm      [0 0 0 0 0]      0.0;
    Cl      Cl      [0 0 0 0 0]      0.0;
    Ct      Ct      [0 0 0 0 0]      0.0;
    alphaAlpha      alphaAlpha [0 0 0 0 0]  0.0;

```

6. Фильтрующие свойства

Функция этого файла заключается в том, что поток становится равным нулю в положении фильтра и указанной плоскости.

```

filter      off;
// обычный фильтр должен быть направлен в сторону улавливаемых частиц
filterNormal      (0 0 1);

filterPosition      filterPosition      [0 1 0 0 0]      (0 0 0.02);
filterThickness      filterThickness      [0 1 0 0 0]      1.0e-6;

```

В1.6. Постобработка

Результаты моделирования можно просмотреть в paraFoam, как и в любом другом случае, загрузив геометрию и результаты в требуемое время. На рисунке 2 ниже показана объемная доля в канале псевдооживленного слоя, а на рисунке 3 показана скорость непрерывной фазы.

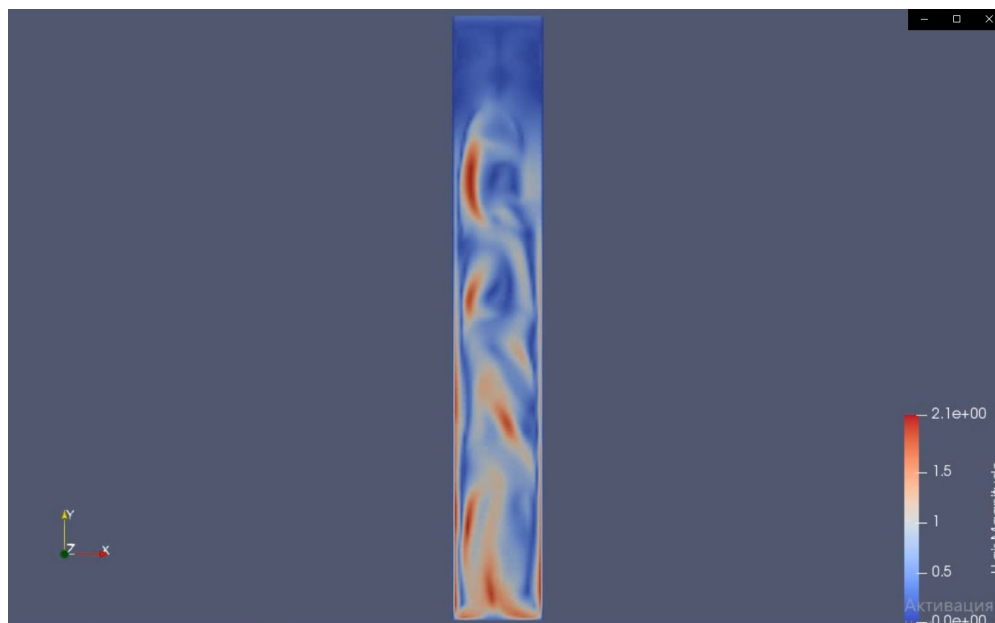


Рисунок В.2.6.1. – Распределение скорости в конечный момент времени

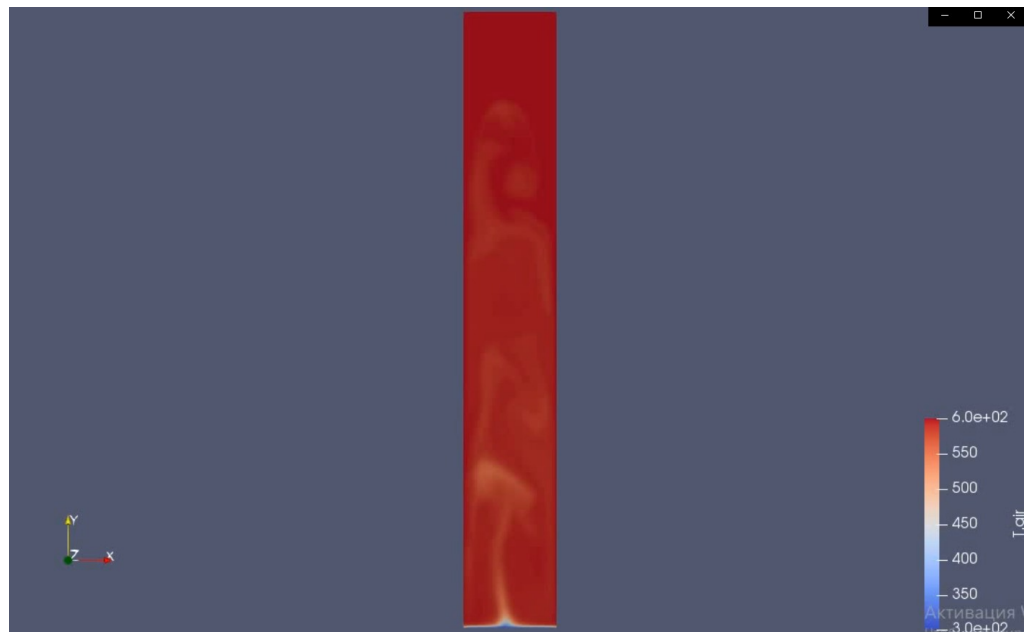


Рисунок В.3.6.2.— Распределение температуры в конечный момент времени

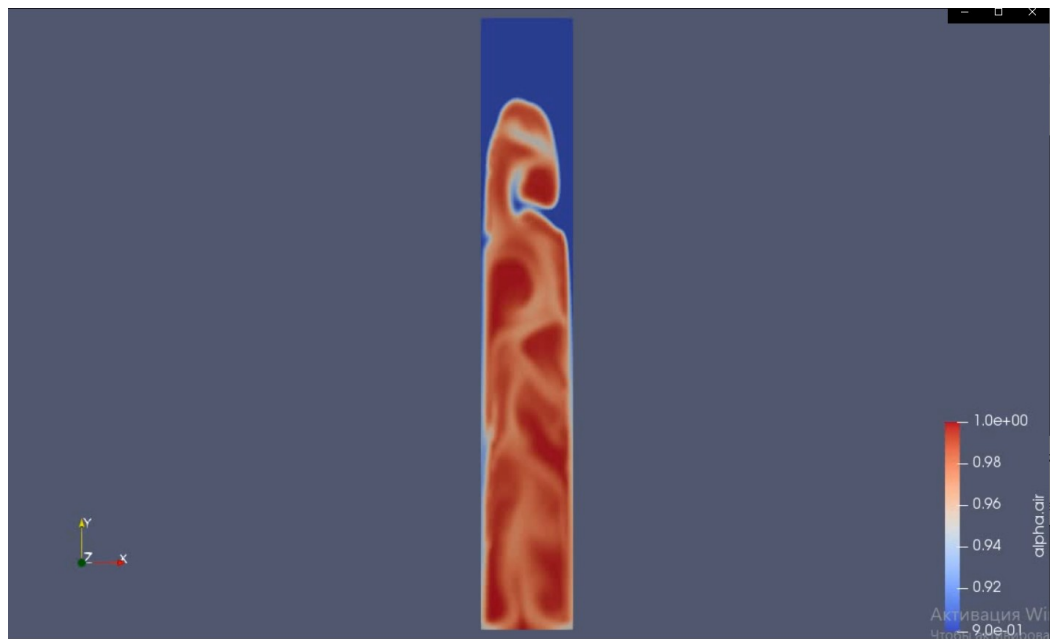


Рисунок В.4.6.3.— Распределение частиц и воздуха в конечный момент времени

Изменим соотношение концентрации воздуха и частиц в модели на 0.9 и 0.1. Также изменим размер частиц на $3e10^{-4}$ получим следующую картину:

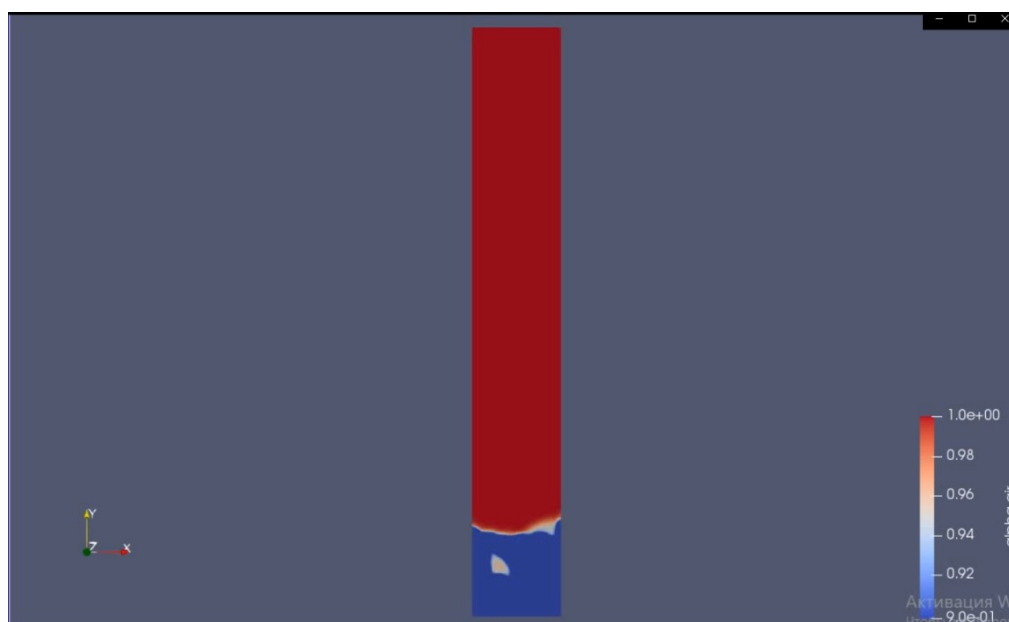


Рисунок В.5.6.4.— Распределение частиц и воздуха в конечный момент времени

Заменим, что модель стала неустойчива и появилась кавитация. Необходимо достичь полного равновесия системы. При тех же параметрах, будем варьировать диаметр частиц, чтобы достичь равновесия системы. Изменим диаметр частиц на $3e10^{-3}$ и получим следующее:

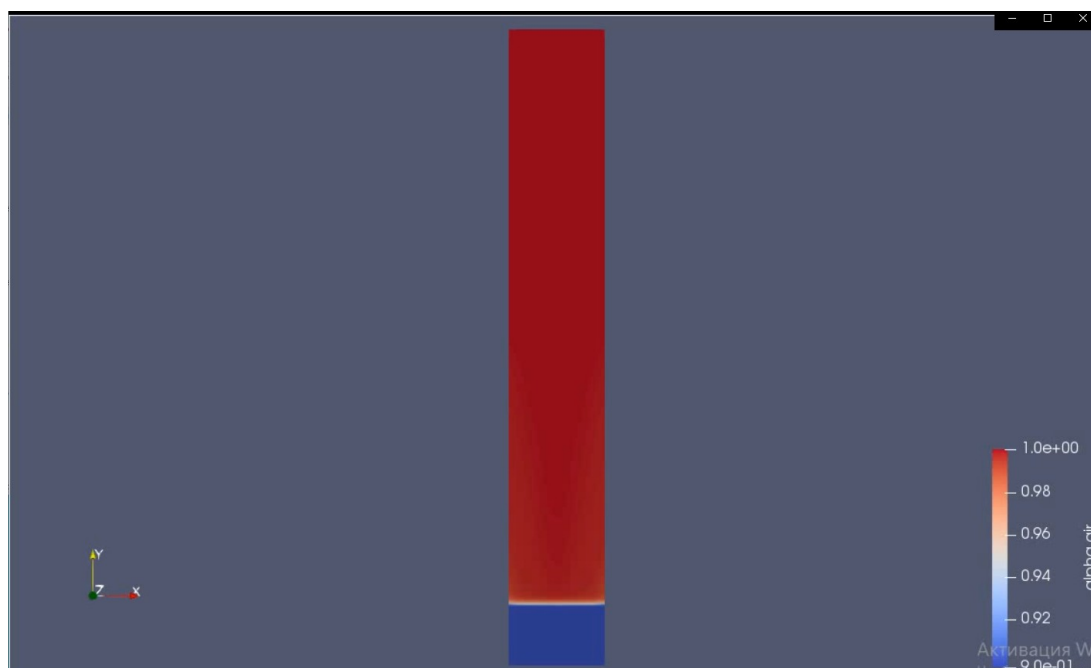


Рисунок В.6.6.5.— Распределение частиц и воздуха в конечный момент времени

При диаметре частиц в $3e10^{-3}$ система пришла в равновесие, что нам и требовалось достичь.