Содержание

[ВВЕДЕНИЕ 3](#_Toc525055758)

[1. Конструкция ВТР и создание упрощенной геометрии 5](#_Toc525055759)

[2. Нанесение расчетной сетки 10](#_Toc525055760)

[3. Подготовка задания для расчета 12](#_Toc525055761)

[ЗАКЛЮЧЕНИЕ 14](#_Toc525055762)

[Список используемых источников 15](#_Toc525055763)

# ВВЕДЕНИЕ

Прохождение производственной практики было организовано на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

Основная деятельность предприятия состоит в предоставлении образовательных услуг: осуществляется подготовка кадров для оборонно-промышленного комплекса и других отраслей производства. Обучение ведется как за счет средств федерального бюджета, так и контрактной основе. Так же на базе данного ВУЗа осуществляются различные научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, в которых задействованы студенты, аспиранты и работники университета.

Практика проходила на кафедре А8 «Двигатели и энергоустановки летательных аппаратов» БГТУ «ВОЕНМЕХ» в период с 2.07 по 22.07 2018 года.

Цель практики состояла в подготовке задания для моделирования течения газового потока в высокотемпературном реакторе нетрадиционной конструкции.

Для обеспечения достижения поставленной цели практиканту необходимо выполнить ряд задач:

* рассмотреть предлагаемую конструкцию высокотемпературного реактора;
* провести упрощения конструкции и создать геометрическую модель для нанесения сетки;
* создать геометрию и нанести расчетную сетку, провести оптимизацию полученной сетки;
* загрузить полученную геометрию и сетку в решатель, подготовить задание для расчета.

В качестве программного обеспечения решаемой задачи использовались следующие программные продукты линейки Ansys R17.0 Academic:

* Design Modeler (построение геометрии);
* Meshing (нанесение расчетной сетки);
* Fluent (подготовка задания для моделирования течения).

Академическая лицензия накладывает ограничения на возможное количество узлов расчетной сетки, что может отрицательно сказаться на точности решения при моделировании больших объектов, сложной геометрии или сильно нестационарных процессов.

# Конструкция ВТР и создание упрощенной геометрии

Для обслуживания беспилотных летательных аппаратов на водород-воздушных топливных элементах в труднодоступной местности была разработана принципиальная схема и конструктивные узлы для малоразмерной установки получения водорода. Установка базируется на технологии получения водорода методом парциального окисления углеводородов с последующей паровой каталитической конверсией монооксида углерода. Основным узлом установки является трехкомпонентный (горючее, окислитель и вода) высокотемпературный реактор (ВТР). Он представляет собой охлаждаемую конструкцию, состоящую из последовательно установленных блоков – камеры сгорания (КС) и испарительной камеры (ИК). Назначение ВТР такого типа – получение смеси синтез -газа (СО, Н2 и балластные газы) с парами воды при заданном составе и температуре. Главным недостатком разработанных на сегодняшний день конструкций ВТР является их большая длина.

Для решения данной проблемы была предложена конструкция многоходового ВТР, принципиальная схема которого в двухходовом варианте представлена на рисунке 1.

Особенность данной многоходовой конструкции реактора заключается в интеграции камеры сгорания и испарительной камеры ВТР в пространственно-совмещенный узел, что позволяет значительно уменьшить суммарную длину реактора.

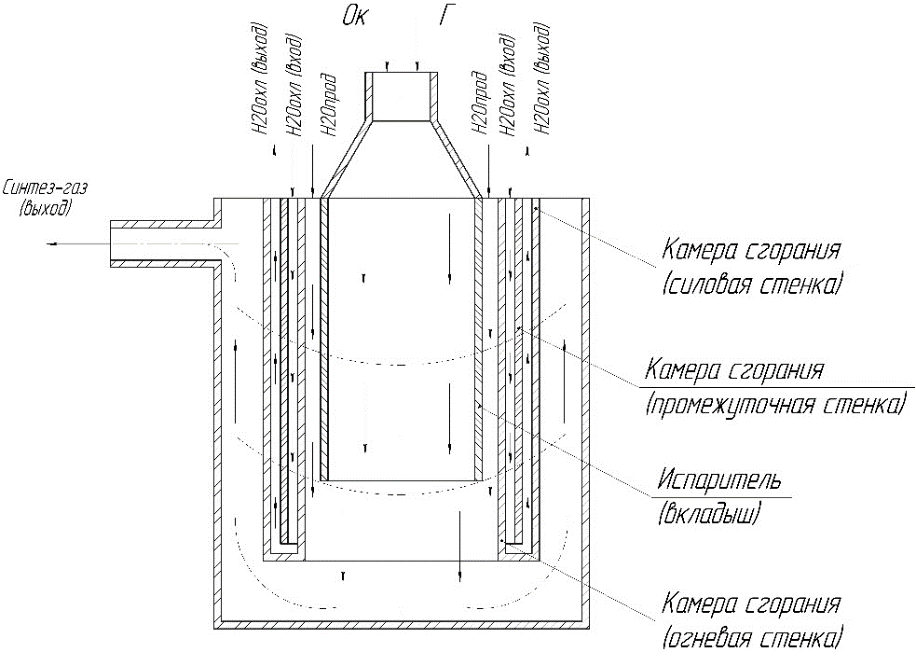


Рисунок 1 Схема конструкции двухходового ВТР

В центральном объеме КС происходит парциальное окисление углеводородного горючего (горение при недостатке окислителя), в результате чего образуется синтез-газ. Одновременно в пространство за стенкой вкладыша-испарителя подается жидкофазная вода. В процессе движения воды по тракту она испаряется за счет поступающего из зоны горения тепла. При этом течение, начиная с определенного момента, будет двухфазным: пар – около горячей стенки и жидкая вода – около холодной.

Вкладыш испарителя заканчивается несколько раньше, чем зона горения в центральной части КС. Это сделано для того, чтобы снизить количество образующейся в ВТР К-фазы, первую очередь – частиц сажи. Основная зона сажеобразования расположена в пристенке, так как температура там ниже, чем в центральной части реактора. Подача пара в эту зону приводит к началу реакции водяного газа, снижающей содержание сажи в получаемой смеси газов.

Жидкофазная часть подаваемой воды образует пленку в пристеночном пространстве, защищая стенку от прогара, и постепенно испаряется за счет теплообмена с горячими продуктами сгорания. При дальнейшем продвижении пленки на границе первого и второго ходов КС происходит разбрызгивание и дробление пленки, благодаря чему доиспарение остатков воды происходит достаточно быстро.

Протекание описанных процессов предполагается в установке со следующими параметрами:

* Давление в КС: 2,2 Мпа;
* Температура в КС: 2200 К;
* Массовые расходы компонентов: горючего – 2 г/с, окислителя – 3 г/с (действительное массовое соотношение компонентов составляет 1,5);
* Выход водорода (массовый) в единицу времени: 0,5 г/с.

Для проведения моделирования внутрикамерных процессов необходимо произвести упрощение конструкции и ввести ряд допущений.

Были приняты следующие упрощения и допущения:

* все стенки конструкции принимаются бесконечно тонкими;
* охлаждением стенок пренебрегаем (стенки неохлаждаемые);
* выход из ВТР принимается кольцевым;
* моделируется только течение продуктов сгорания (газообразного потока), без учета впрыска воды в газовый поток.

Также было проведено конструктивное упрощение, заключающееся в уменьшении детализации элементов внутреннего объема ВТР (скругления, крепежные элементы и другие мелкие детали не учитывались при разработке расчетной геометрии). Это необходимо для разгрузки вычислительных мощностей, уменьшения веса модели, ускорения расчета и, как следствие, уменьшения затрат времени на решение задачи.

В результате принятых допущений была разработана геометрическая модель ВТР для нанесения расчетной сетки. Геометрия представлена на рисунке 2.

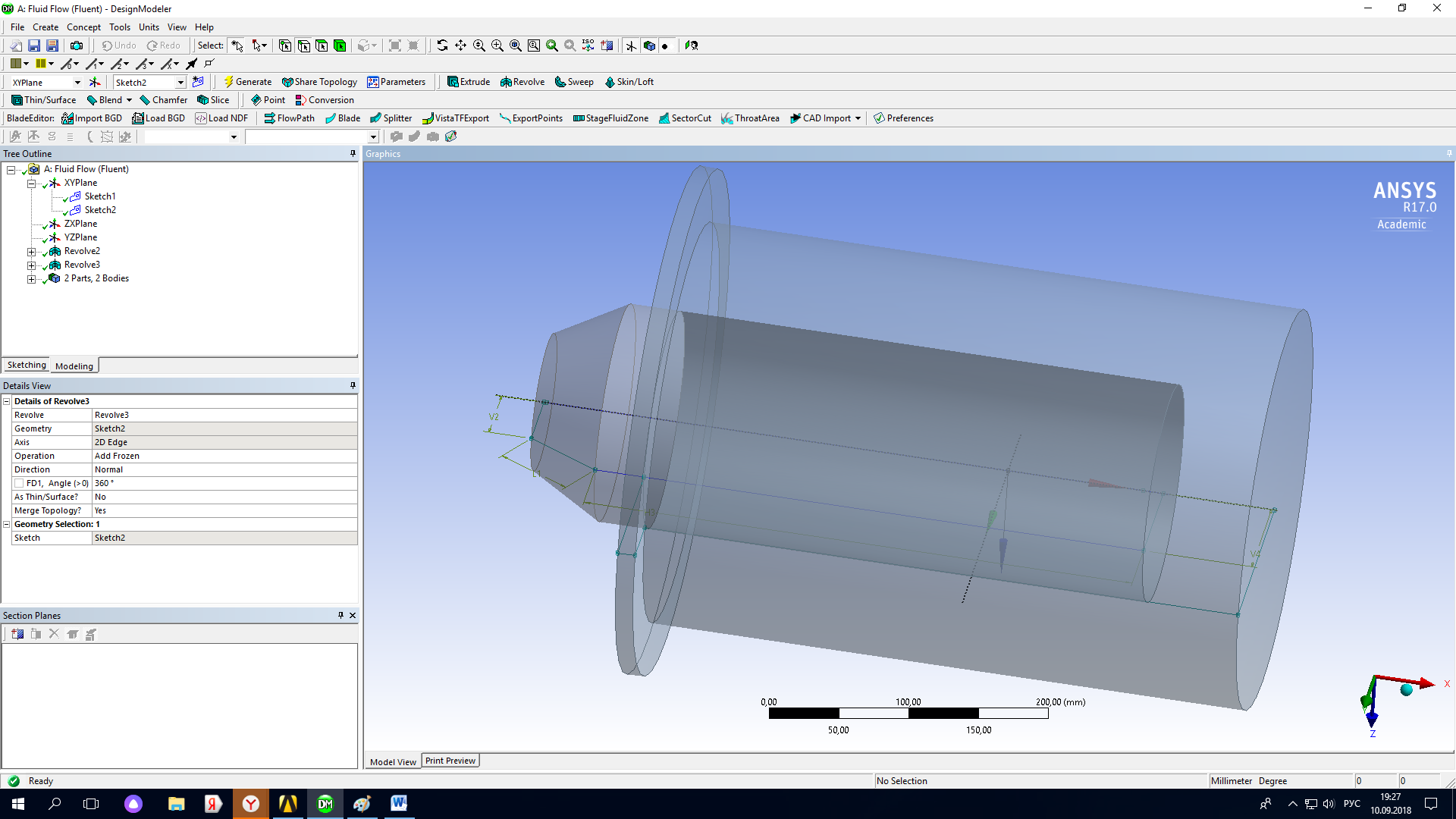


Рисунок 2- Упрощенная геометрия для расчета

Далее для каждой поверхности задавалось граничное условие через функцию Name selected. Программное обеспечение позволяет задавать граничные условия на этапе нанесения сетки, однако в данной задаче было принято решение задавать их на этапе создания геометрии. В задаче использовались граничные условия четырех видов:

* wall (стенка);
* inlet (вход);
* outlet (выход);
* flow (свободное протекание).

Один из этапов процесса задания граничных условий представлен на рисунке 3.

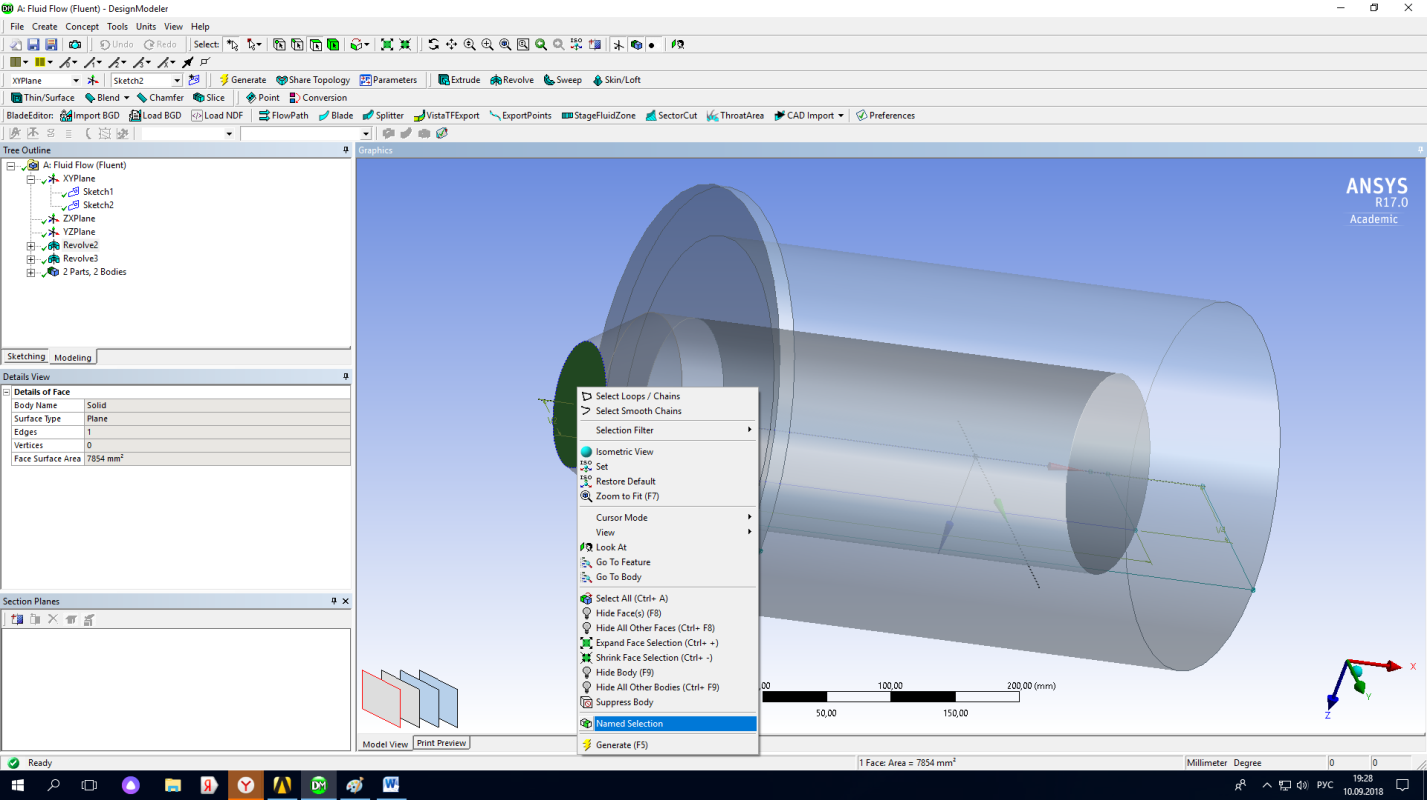


Рисунок 3 - Задание граничных условий

По итогам разработки геометрической модели был получен внутренний объем ВТР, в котором будет исследоваться течение потока. Полученная геометрическая модель проверяется внутренними средствами Ansys, после чего импортируется в программу-сеткопостроитель.

# Нанесение расчетной сетки

Для генерации расчетной сетки использовался инструмент Ansys Meching, позволяющий автоматически нанести расчетную сетку на заданную геометрию. Вид полученной автоматическим нанесением расчетной сетки изображен на рисунке 4.

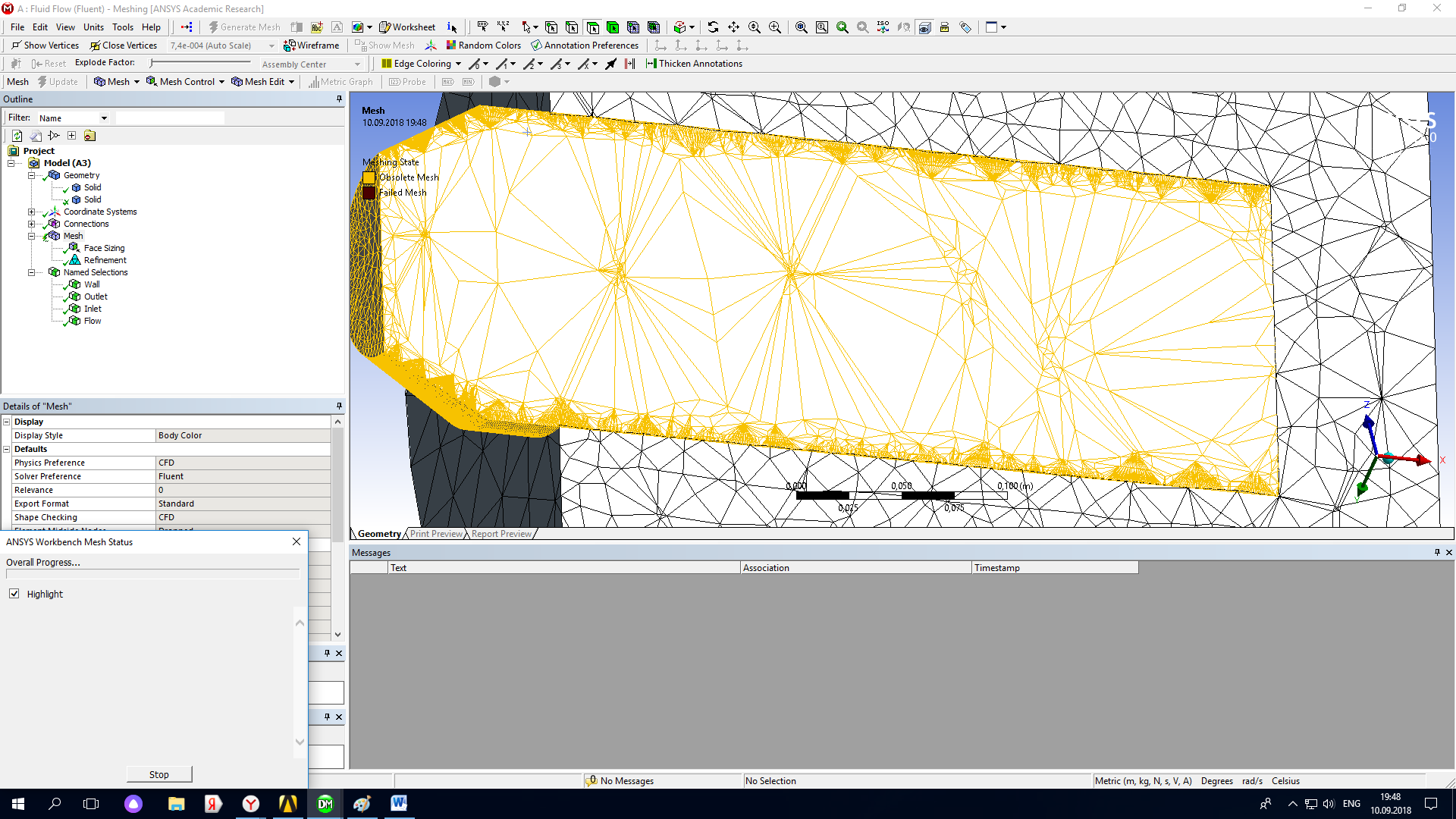


Рисунок 4- Автоматически нанесенная расчетная сетка

Полученная сетка не удовлетворяла поставленной задаче по качеству в области камеры сгорания, что потребовало проведения процесса оптимизации. Оптимизация расчетной сетки необходима для повышения точности решения расчетной задачи, а неправильно сгенерированная сетка может привести не только к снижению точности, но и к увеличению расчетного времени и полному расхождению расчета.

В результате повышения густоты расположения расчетных узлов, задания ячеек в форме параллелепипедов (вместо изначально заданных пирамидальных ячеек), а также ограничению по величине скоса, была получена сетка удовлетворительного качества. Внешний вид сетки представлен на рисунках 5 и 6.

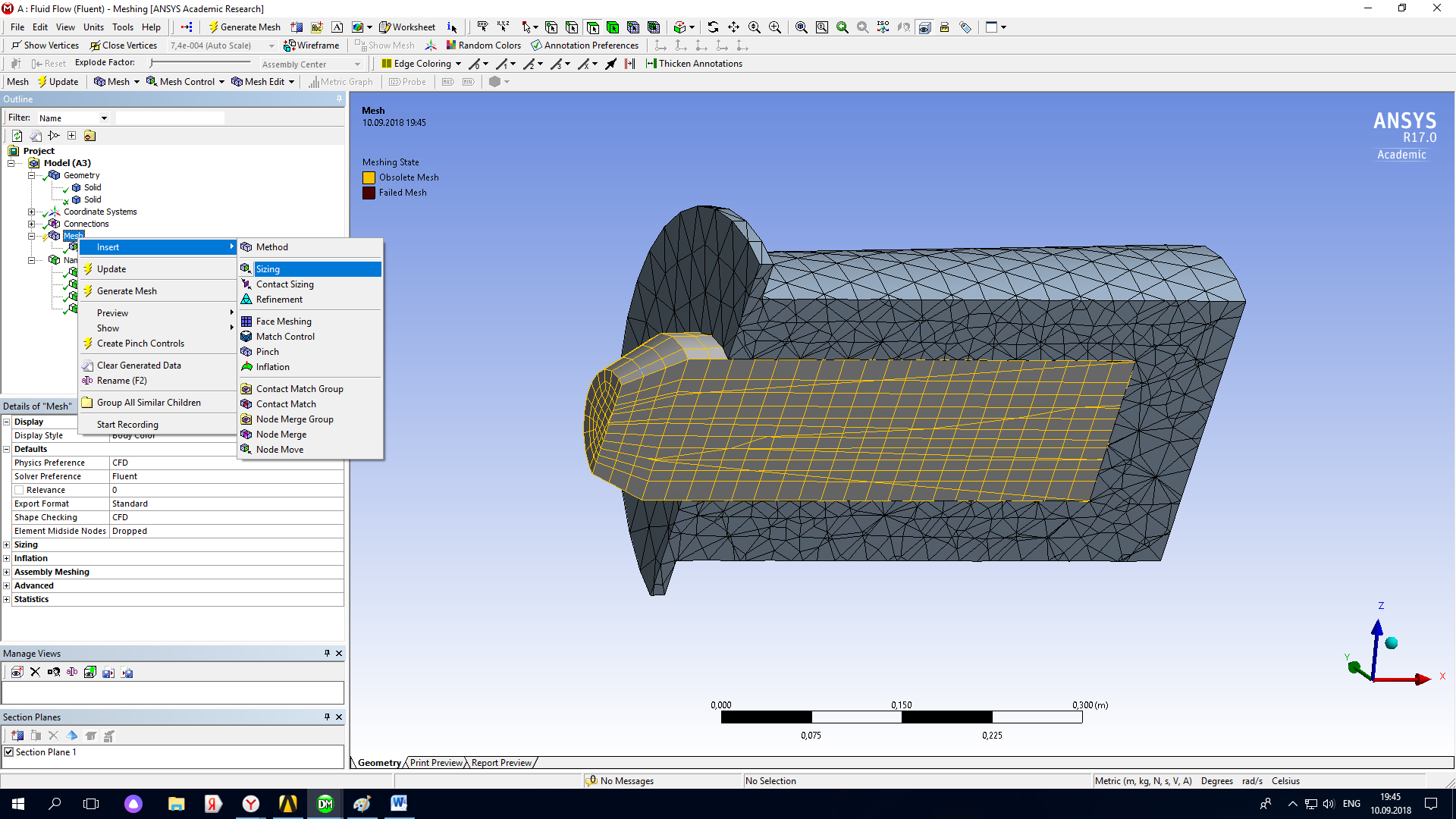


Рисунок 5- Расчетная сетка в результате проведения оптимизации по форме ячеек

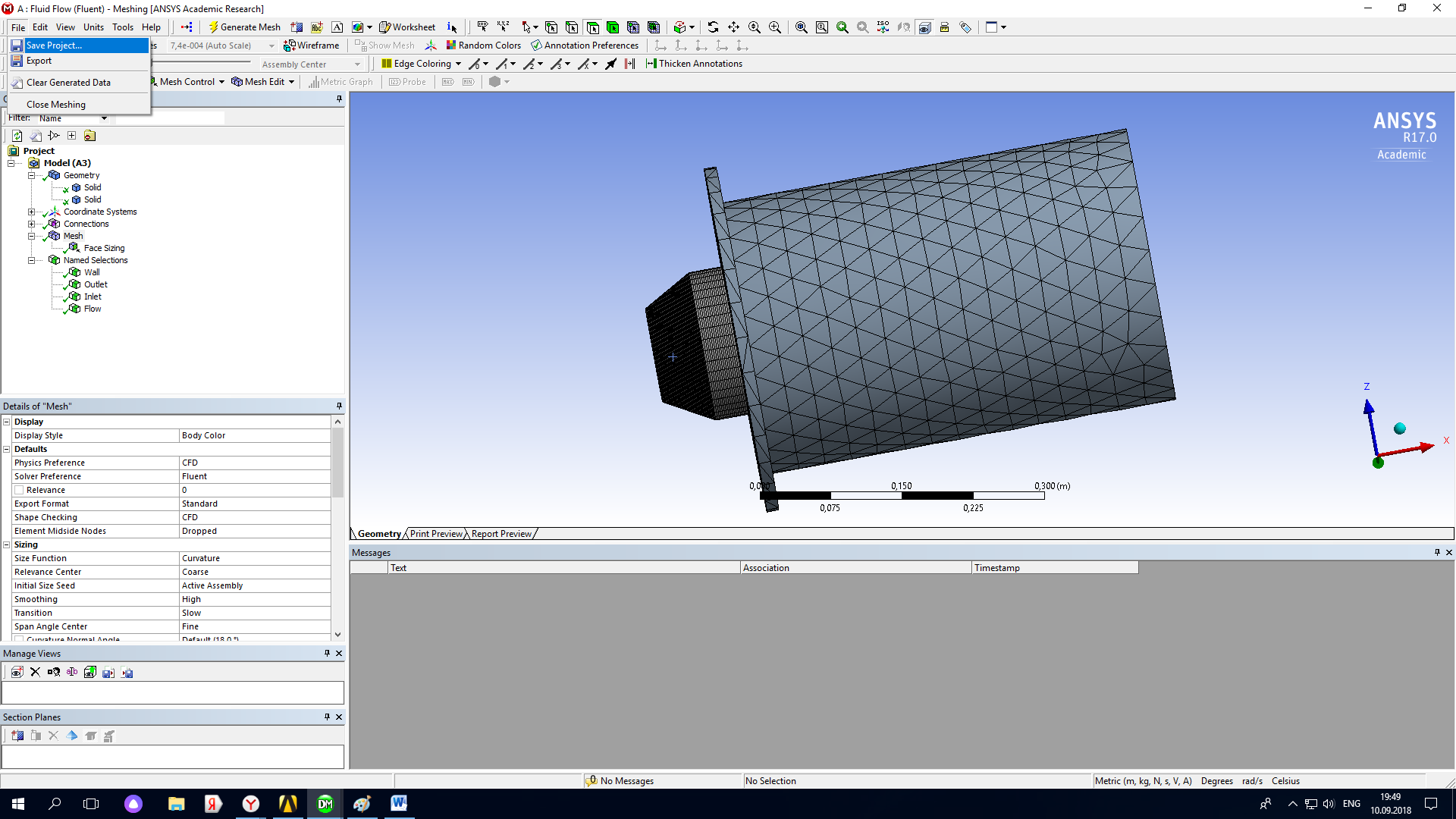


Рисунок 6 - Расчетная сетка после оптимизации по углам скоса и густоте узлов

В результате проделанной работы была получена геометрическая модель расчетного объема с нанесенной расчетной сеткой. Полученная сетка проходит проверку внутренними средствами Ansys и далее загружается непосредственно в программу Fluent для подготовки расчетного задания.

# Подготовка задания для расчета

Полученная геометрия с нанесенной расчетной сеткой загружается в среду Ansys Fluent.

На данном этапе производится настройка решателя под имеющиеся исходные данные и задачи моделирования.

Включается уравнение энергии, представляющее собой математическое выражение закона сохранения энергии.

Модель турбулентности выбирается k-omega со стандартными значениями констант, что видно на рисунке 7.

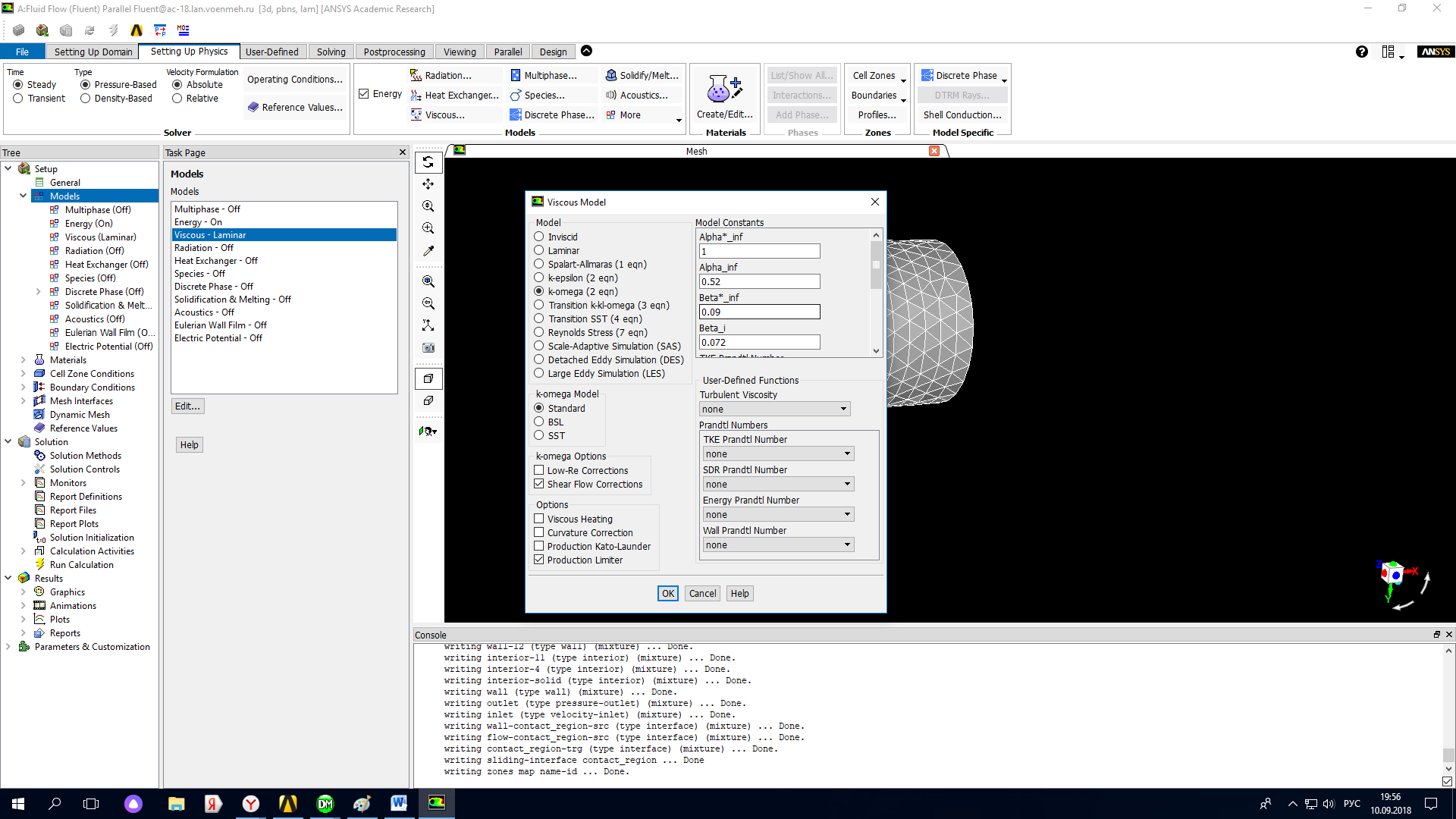


Рисунок 7 - Задание модели турбулентности

Задаются компоненты горючей смеси в мольных долях, а затем в первом приближении задаются концентрации продуктов сгорания на выходе, что необходимо для инициализации расчета.

Граничные условия импортировались из построителя геометрии, на данном этапе производилась лишь их проверка.

Задается общая схема решения и методы решения отдельных задач моделирования. Общая схема выбрана SIMPLE, как наиболее простая и быстрая, дискретизация проводилась по модели «против потока». Выбранные модели и их порядки представлены на рисунке 8.

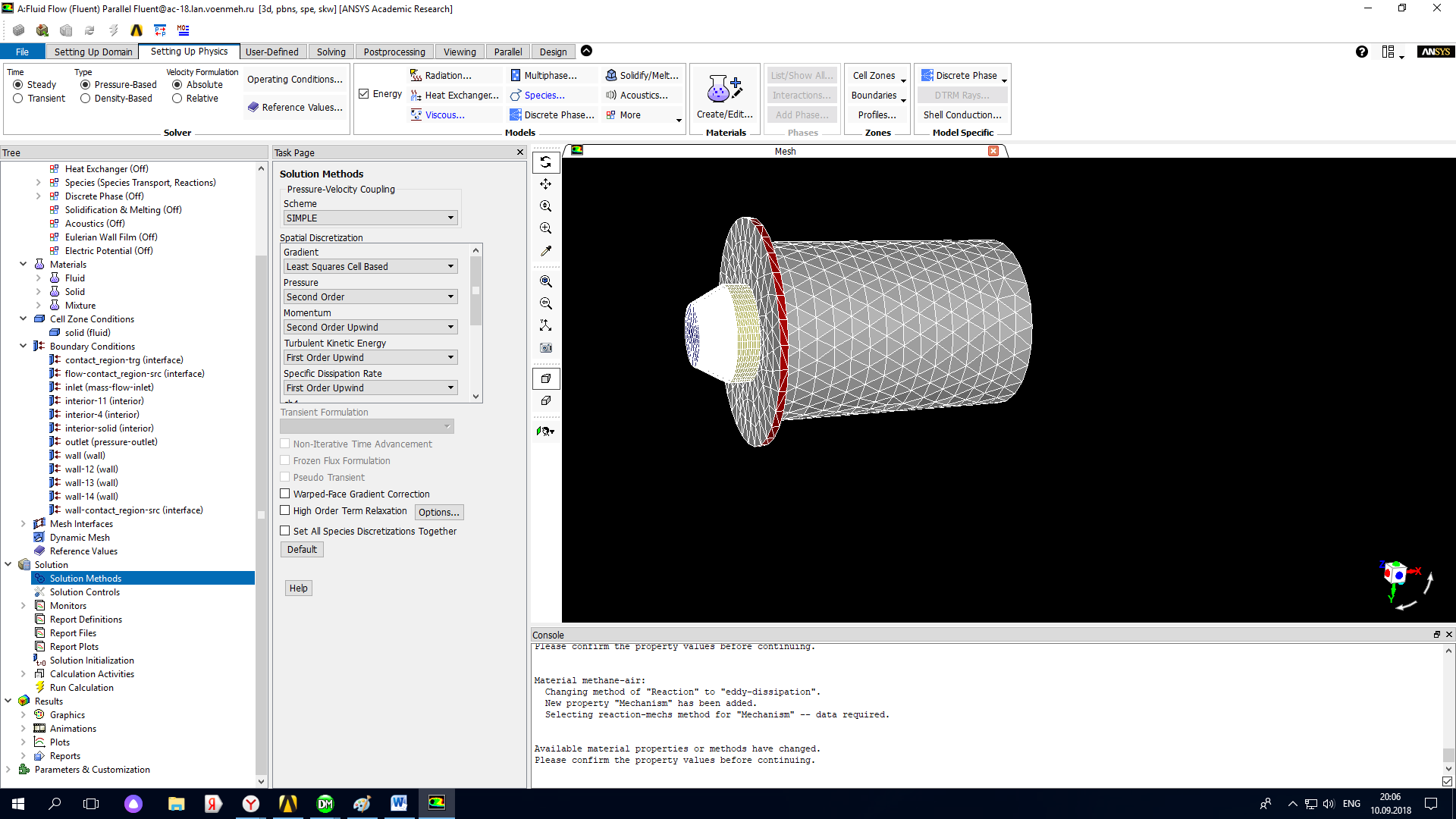


Рисунок 8- Настройка решателя (выбор расчетных схем)

В результате было получено подготовленное к инициализации и запуску расчета задание.

# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проделанной в ходе практики работы была подготовлена упрощенная геометрическая модель ВТР, достаточная для поставленной задачи моделирования и не содержащая излишних элементов детализации. На геометрию была нанесена расчетная сетка, оптимизированная до приемлемого качества. Полученная модель была загружена в среду Ansys Fluent, где было подготовлено задание на расчет в соответствии с поставленной задачей.

Таким образом, все задачи практики были выполнены, цель практики достигнута.

В дальнейшем планируется провести моделирование процессов по подготовленному заданию, по итогам внести необходимые корректировки в геометрию, сетку и условия решателя. В результате моделирования по скорректированному заданию можно получить верификацию математической модели расчета геометрии ВТР заданной конфигурации.

# Список используемых источников

1. ANSYS Fluent Theory Guide [Электронный ресурс]/ ANSYS, Inc. URL: <http://users.ugent.be/~mvbelleg/flth-12-0.pdf> (дата обращения: 19.07.2018)
2. Аникина В.Д. Разработка высокотемпературного реактора в составе заправочного комплекса для обеспечения работы беспилотных летательных аппаратов: 13.03.03 Энергетическое машиностроение. – СПб., 2017 год. – 75 стр.
3. Аникина В.Д., Савченко Г.Б. Алгоритм проектирования установки получения водородсодержащего газа, как топлива летательных аппаратов // Материалы X Всероссийской студенческой научно-технической школы-семинара «Аэрокосмическая декада», ОУЦ Алушта, Республика Крым, 26 сентября - 2 октября 2017г. – М.: Изд-во «Доброе слово», 2017. – с.7-9
4. Аникина В.Д., Савченко Г.Б. Анализ работы установки получения водородсодержащего газа на базе высокотемпературного реактора при использовании обогащенного воздуха // Молодежь. Техника. Космос: материалы IX Общероссийской молодежной науч.-техн. конф. / Балт. гос. техн. ун-т. – СПб., 2017.
5. Аникина В.Д., Савченко Г.Б. Конструкция многоходовой камеры сгорания высокотемпературного реактора // Материалы X Общероссийской молодежной научно-технической конференции «Молодежь. Техника. Космос», СПб: БГТУ «Военмех», 2018.
6. Аникина В.Д., Савченко Г.Б. Применение технологии получения водородсодержащего газа на базе ВТР с использованием обогащенного воздуха в мобильных установках заправки БПЛА // Инновационные технологии и технические средства специального назначения: материалы IX Общероссийской научно-практической конференции/ Балт. гос. техн. ун-т. – СПб., 2017.
7. Басок К.А. ANSYS: справочник пользователя. / К.А. Басов, М.: ДМК Пресс, 2005. — 640 с