

*Хайретдинова Роксана Рашитовна
студентка 1 курса магистратуры
механический факультета
Башкирский государственный аграрный университет
Россия, г. Уфа
e-mail: 89173711415@mail.ru*

*Научный руководитель: Нигматуллин Ш.Ф.,
кандидат технических наук,
доцент кафедры «Автомобили и машинно-тракторные комплексы»
Башкирский государственный аграрный университет
Россия, г. Уфа*

МОДЕЛИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ГЕНЕРАТОРА ДЛЯ РЕКУПЕРАЦИИ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ ДВС

Аннотация: В данной статье произведено моделирование расчетных моделей проточной части термоэлектрического генератора, а также проведен газодинамический и термический анализ, по результатам которого была выбрана конструкция термоэлектрического генератора.

Ключевые слова: термоэлектрический генератор, тепловая энергия, отработавшие газы, расчетная модель, давление, температура, Ansys, Solidworks.

*Khayretdinova Roksana Rashitovna
1st year master student
Faculty of Mechanics
Bashkir State Agrarian University
Russia, Ufa*

*Scientific adviser: Nigmatullin S.F.,
candidate of technical sciences,
Associate Professor of the Department "Cars and Machine-Tractor
Complexes"
Bashkir State Agrarian University
Russia, Ufa*

SIMULATION AND CALCULATION OF FLOW PART OF THERMOELECTRIC GENERATOR FOR RECOVERY OF THERMAL ENERGY OF ICE EXHAUST GASES

Abstract: *This article simulates the design models of the flow part of the thermoelectric generator, as well as carried out gas-dynamic and thermal analysis, according to the results of which the design of the thermoelectric generator was chosen.*

Key words: thermoelectric generator, thermal energy, exhaust gases, design model, pressure, temperature, Ansys, Solidworks.

Цель исследования: Выявить наиболее эффективную конструкцию проточной части термоэлектрического генератора.

Задачи: Смоделировать возможные варианты конструкции проточной части и произвести расчеты в Solidworks и Ansys Workbench.

Введение. В современных двигателях доля энергии сгоревшего топлива, которая расходуется на полезную мощность, составляет в среднем 35 % [1, 2]. До 37 % приходится на энергию, выделяющуюся при сгорании топлива, которая выводится вместе с отработавшими газами. Это составляет большой потенциал как по повышению эффективности рабочего процесса поршневых двигателей, так и по утилизации тепловых потерь. Одним из актуальных способов повышения эффективности и экономичности двигателя внутреннего сгорания (ДВС) является утилизация тепловых потерь путем применения термоэлектрических генераторов (ТЭГ) [3, 4]. Работа термоэлектрических батарей, которые лежат в основе термоэлектрического генератора, основана на эффекте Зеебека, который заключается в возникновении электродвижущей силы на контактах батареи при наличии разности температур на ее сторонах, которые называются холодной и горячей сторонами. ТЭГ позволяет преобразовывать тепловую энергию непосредственно в электрическую. Особенностью этой конструкции является отсутствие движущихся частей, за счет чего достигается бесшумность работы и большая автономность.

Мировые производители автомобилей, а также компании, занимающиеся термоэлектричеством, уделяют много внимания разработке эффективных автомобильных термоэлектрических генераторов. Целью таких работ является повышение экономии топлива до 10% за счет использования отходов тепла двигателя для генерации электрической энергии.

В Украине проблемы создания эффективных термоэлектрических генераторов для двигателей внутреннего сгорания решаются в Институте термоэлектричества [5]. Создан ряд термоэлектрических генераторов, использующих тепло выхлопных газов как от стационарно работающих дизельных установок, так и от дизельных двигателей автомобиля [6]. Как известно, температура выхлопного газа бензиновых двигателей намного выше, чем у дизельных, и составляет около 500 – 800°C.

Материалы исследования: 3D моделирование вариантов исполнения термоэлектрического генератора было выполнено в программной среде Ansys SpaceClaim, ниже на рисунках 1-3 представлены расчетные модели.

Первая расчетная модель (Рисунок 1) термоэлектрического генератора имеет в проточной части 18 пластин, которые расположены параллельно к потоку выхлопных газов ДВС.

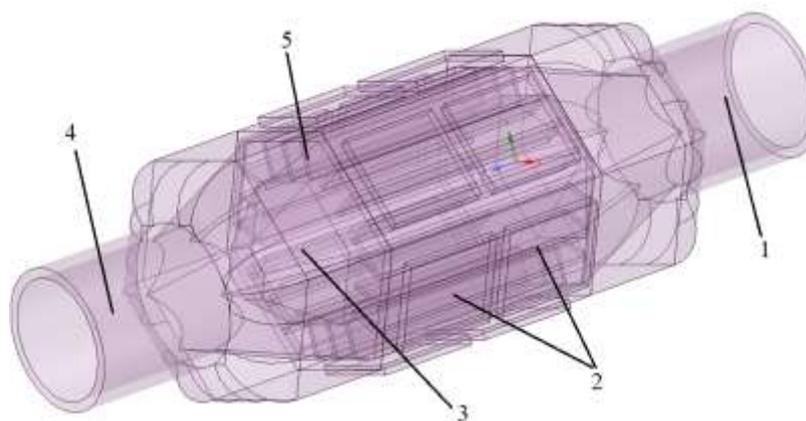


Рисунок 1 Расчетная модель 1 (Общий вид)

1-Выходной трубопровод отработавших газов; 2-термоэлектрические генераторные модули (ТГМ); 3-Расширитель потока; 4- Выходной трубопровод отработавших газов; 5- Пластины под прямым углом к потоку;

Вторая расчетная модель (Рисунок 1) термоэлектрического генератора также имеет в проточной части 18 пластин, которые расположены под углом 30 градусов к потоку выхлопных газов.

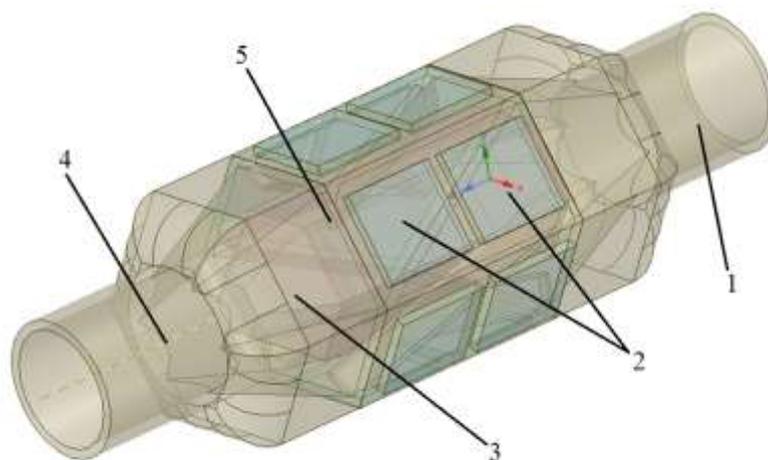


Рисунок 3 Расчетная модель 2 (Общий вид)

1-Выходной трубопровод отработавших газов; 2-ТГМ; 3-Расширитель потока;
4- Выходной трубопровод отработавших газов; 5- Пластины под углом 30
градусов к потоку;

Третья расчетная модель (Рисунок 1) в отличие от предыдущих двух имеет пластины которые расположены в шахматном порядке под под углом 180 градусов к потоку выхлопных газов.

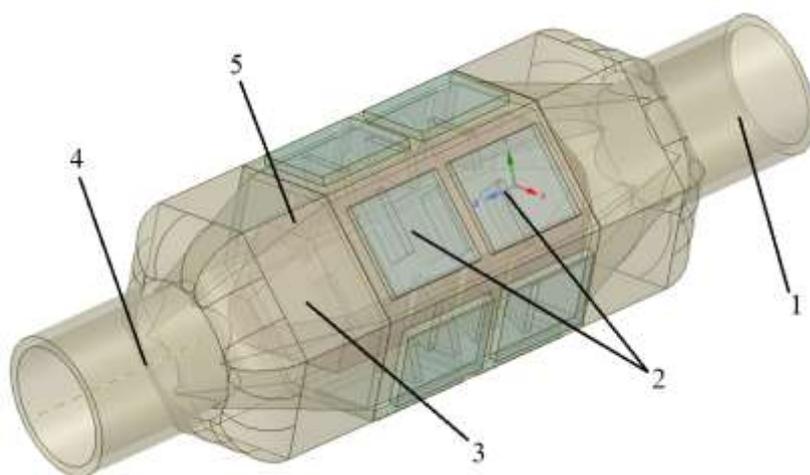


Рисунок 3 Расчетная модель 3 (Общий вид)

1-Выходной трубопровод отработавших газов; 2-ТГМ; 3-Расширитель потока;
4- Выходной трубопровод отработавших газов; 5- Пластины под углом 90
градусов к потоку расположенные в шахматном порядке

Результаты исследования. В настоящее время все большую актуальность приобретают термические и газодинамические расчеты с использованием

CAD/CAE-систем, в которых можно проанализировать, как поведет себя конструкция в тех или иных эксплуатационных условиях.

Для проведения газодинамического расчета была выбрана CAD система Solidworks Flow Simulation, в качестве входных условий были заданы:

- текучая среда – газ воздух;
- давление 130 кПа;
- скорость газа 7 м/с;

Ниже на рисунках 4-9 показаны результаты газодинамического расчета для трех моделей проточной части термоэлектрического генератора.

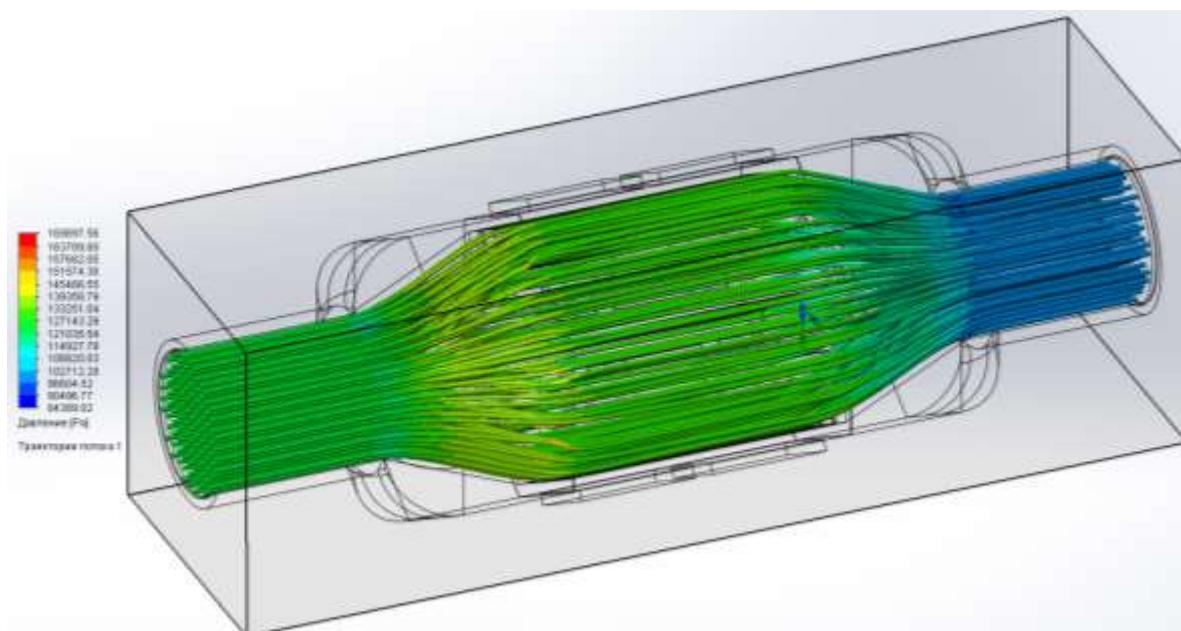


Рисунок 4 Карта распределения давления модели 1

По карте результатов распределения давления видно что максимальное значение составляет 169 кПа, местные сопротивления течению газов в рассмотренной расчетной модели проточной части минимальные. По приведенному расчету был сформирован график зависимости распределения давления на горячие стенки ТЭГ (Рисунок 5).

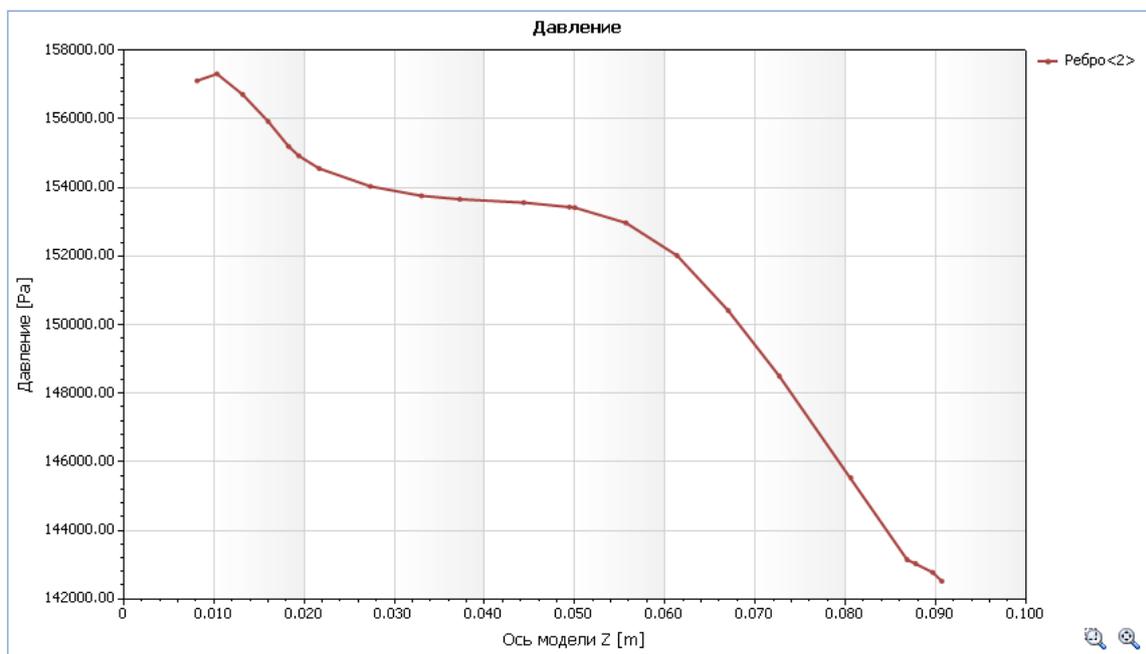


Рисунок 5 График давления выхлопных газов на горячие стенки ТЭГ

Из вышеприведенного графика можно сделать вывод что, при движении выхлопных газов происходит соударении при давлении 158 кПа об стенки термоэлектрического генератора, далее по всей длине стенки происходит падение до значения 143 кПа.

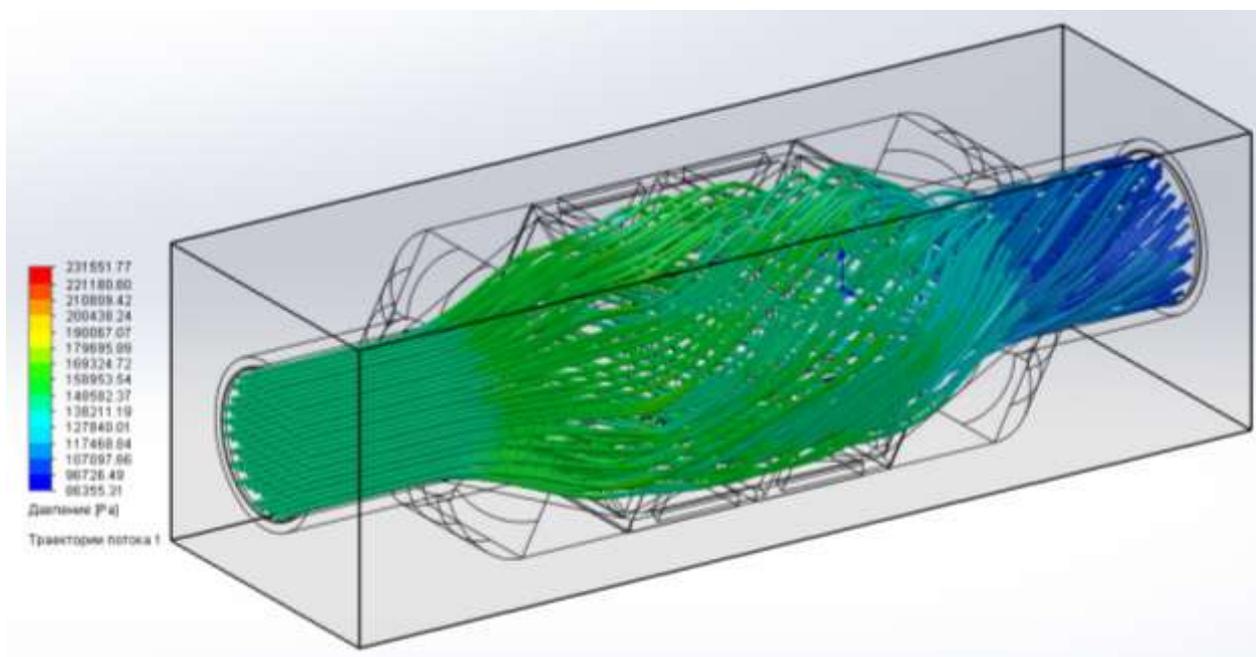


Рисунок 6 Карта распределения давления модели 2

По карте результатов распределения давления видно что максимальное значение составляет 231 кПа.

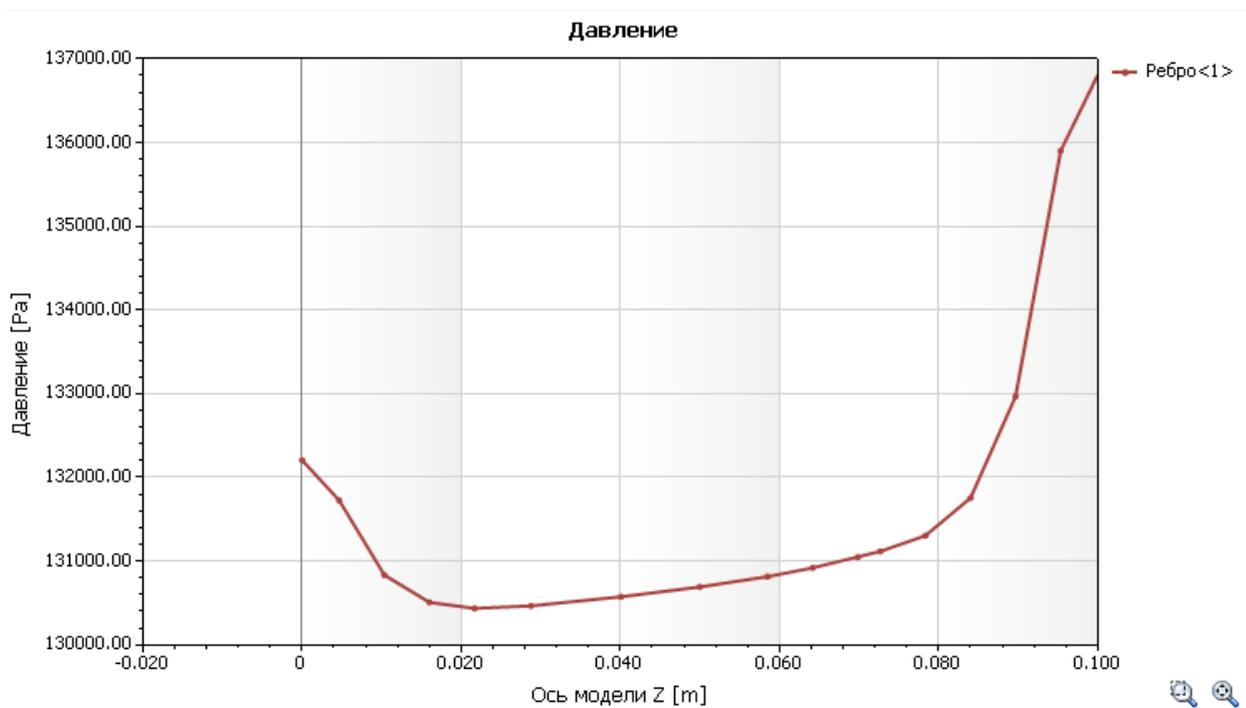


Рисунок 7 График давления выхлопных газов на горячие стенки ТЭГ

По результатам расчета второй модели проточной части видно, что в центральной области стенок термоэлектрического генератора образуется область заниженного давления, на входе 132000 Па и выходе 137000 Па.

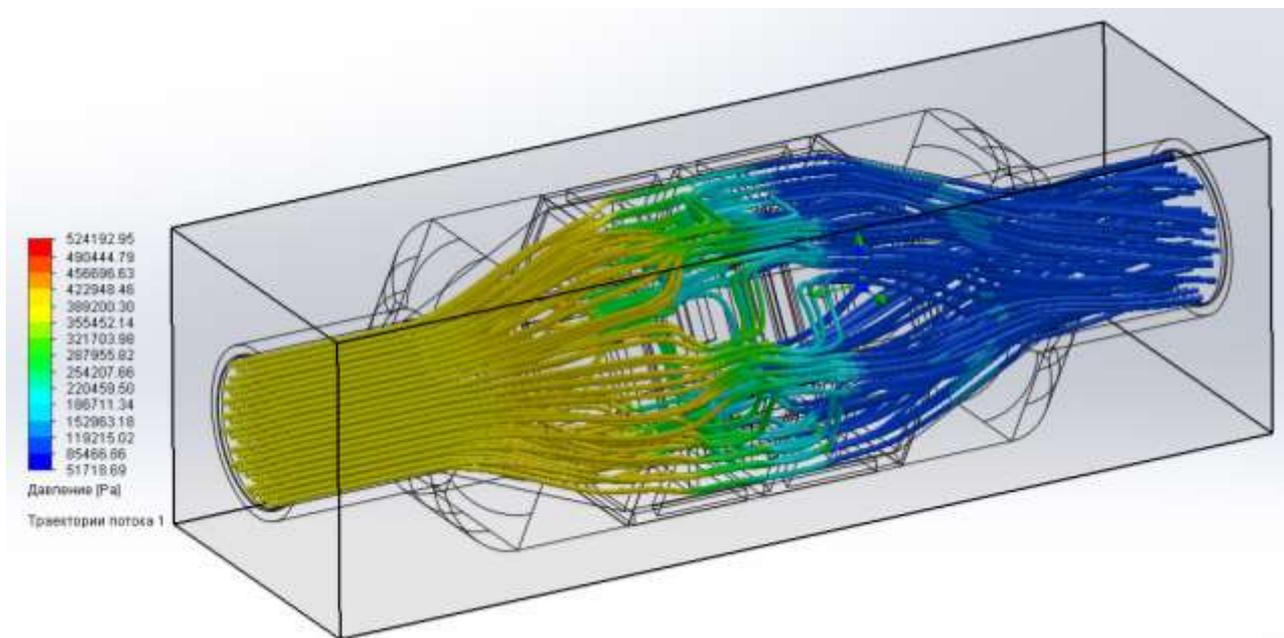


Рисунок 8 Карта распределения давления модели 3

По карте результатов распределения давления видно что максимальное значение составляет 524 кПа.

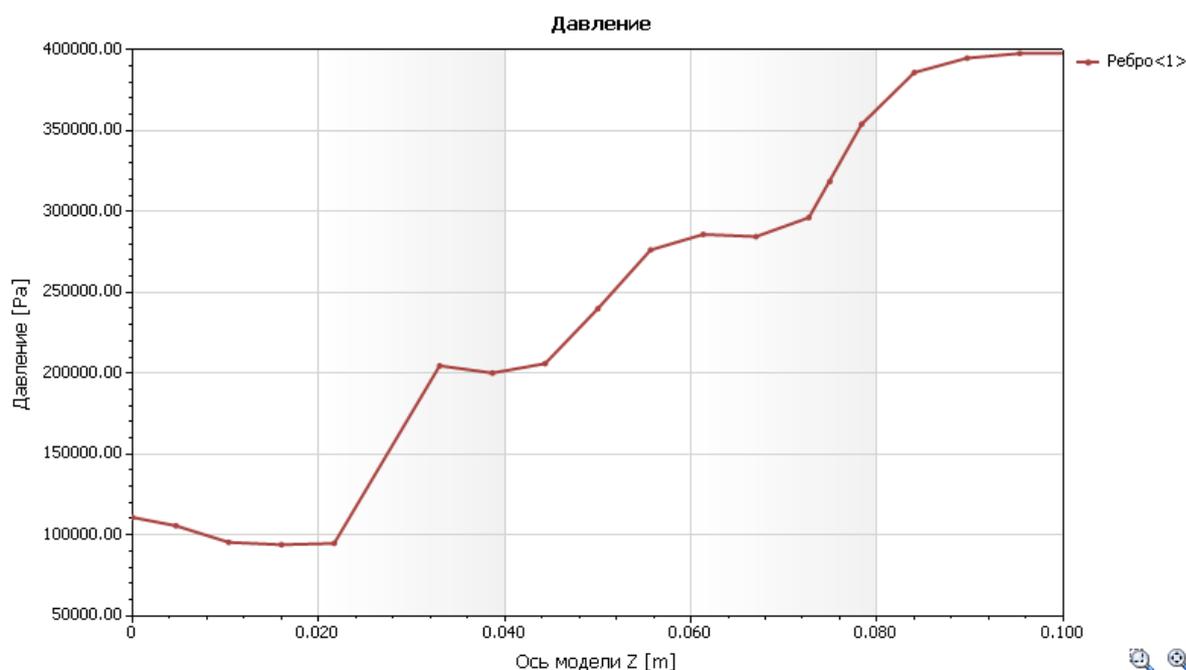


Рисунок 9 График давления выхлопных газов на горячие стенки ТЭГ

По результатам расчета, давление по всей длине возрастает ступенчато от значения 100 кПа до 400 кПа. Наличие на стенках пластин, расположенных под углом к потоку, приводит к закрутке потока отработавших газов, что увеличивает тепловой поток через горячий теплообменник. Но в то же время происходит резкое возрастание сопротивления течению отработавших газов.

Вывод. По приведенному газодинамическому расчету наиболее эффективная модель является где, пластины расположены под прямым углом к потоку, так как по результатам расчета создаваемое сопротивление течению выхлопных газов составляет 169 кПа.

Список литературы:

1. Быстров Ю.А., Исаев С.А., Кудрявцев Н.А., Леонтьев А.И. Численное моделирование вихревой интенсификации теплообмена в пакетах труб. СПб.: Судостроение, 2005. 392 с.
2. Кавтарадзе Р.З. Теория поршневых двигателей. Специальные главы. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. 720 с.

3. Кавтарадзе Р.З., Онищенко Д.О., Зеленцов А.А. Трехмерное моделирование нестационарных теплофизических процессов в поршневых двигателях. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012. 85 с.

4. Кавтарадзе Р.З., Сергеев С.С. Новый альтернативный (частично-гомогенный) процесс сгорания как способ снижения концентраций оксидов азота и сажи в продуктах сгорания дизеля // Теплофизика высоких температур. 2014. Т. 52. № 2. 2014. С. 294.

5. Кадзикава Т. Современное состояние технологии термоэлектрического генерирования энергии в Японии / Т. Кадзикава // Термоэлектричество. – 2007. – № 2. – С. 21 – 31.

6. Коржуев М.А., Свечникова Т.Е. Термодинамические ограничения полезной мощности автомобильных термоэлектрических генераторов и перспективы их использования на транспорте // Термоэлектричество. 2013. № 3. С. 58–75.

7. Экспериментальные исследования системы работы "предпусковой подогреватель - термоэлектрический генератор" Зайнагабдинов И.С., Костарев К.В., Самиков Р.Ф. Вестник науки. 2021. Т. 5. № 1 (34). С. 133-137.

8. Efficient use of energy resources of the generator of hot gases in the thermal preparation of motor vehicles Nigmatullin S., Gabitov I., Negovora A., Izmailov A., Samikov R., Razyapov M. International Journal of Energy Economics and Policy. 2020. Т. 10. № 1. С. 228-235.