

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕЧЕНИЯ ПОТОКА ГАЗА В ВЫХОДНОМ УСТРОЙСТВЕ

Куренков Дмитрий Николаевич

магистрант, ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана», Россия, г. Калуга

Диффузор— часть канала (трубы), в котором происходит замедление (расширение) потока [4].

При выборе конструктивной схемы и проектировании выхлопных патрубков турбомашин необходимо учитывать требования, продиктованные соображениями эффективности патрубков должен:

- 1) Обеспечивать отвод рабочего тела из турбомашин в заданном направлении с минимальными аэродинамическими потерями;
- 2) Обеспечивать равномерное поле давлений за последней ступенью, т. е. обладать одинаковым гидравлическим сопротивлением по всем направлениям, отводящим рабочее тело к выходному сечению;
- 3) Иметь равномерное поле скоростей на выходе;
- 4) Во всех режимах обеспечивать стационарный устойчивый характер течения [2].

Выхлопные патрубки с осевыми кольцевыми диффузорами наиболее часто применяются в газотурбинных установках. Он состоит из кольцевого диффузора поворотного экрана и сборного кожуха.

При проектировании ВУ ставится задача создания устройства с минимально возможным сопротивлением в силу значительного влияния потерь давления на эффективный КПД ГТУ [1].

Гидравлическое сопротивление выхлопной улитки определяется величиной потерь полного давления вследствие:

- внезапного расширения газового потока, истекающего из турбинного диффузора, при входе его (потока) в прямолинейный участок осерадиального диффузора;
- потерь трения о стенки;
- потерь на расширение потока в диффузоре канала;
- поворота потока;
- потерь в газосборной улитке [3].

В данной работе было проведено численное моделирование течения потока газа в различных вариантах выходного устройства (ВУ) ГТУ НК-16-18СТ.

Расчёт выполнялся в среде SolidWorks, Flow Simulation. Модуль Flow Simulation предназначен для моделирования течения жидкостей и газов. Позволяет учесть широкий круг физических процессов: сжимаемость, турбулентность, массовые силы, теплообмен,

многофазность и пр. Он идеально подходит для выполнения аэродинамических расчетов, поскольку с его помощью можно решать задачи внешнего обтекания различных тел потоком газа (воздуха). При этом визуализируется картина обтекания тела, которая может быть представлена в виде заливки, изолиний или векторного поля и, кроме этого, находится распределения давления и температуры по поверхности тела. Таким образом, в ходе численного моделирования решаются основные задачи, для которых и предназначен аэродинамический эксперимент.

Цель данного моделирования - оценка эффективности различных вариантов диффузоров, их влияние на поток газов и определение условий, влияющих на гидравлическое сопротивление выхлопного тракта и его элементов.

Расчётные модели состоят из четырёх основных элементов: диффузор, поворотный участок (улитка), переходник и выхлопная шахта длиной порядка 8 м (рис.1).

Размер конечно-элементной сетки составляет 3,5...3,9 млн. ячеек. Сетка состоит из прямоугольных призм. Число слоев при разрешении пограничного слоя равно шести, а высота первого слоя составляет 1 мм при размере элементов модели 25...50 мм.

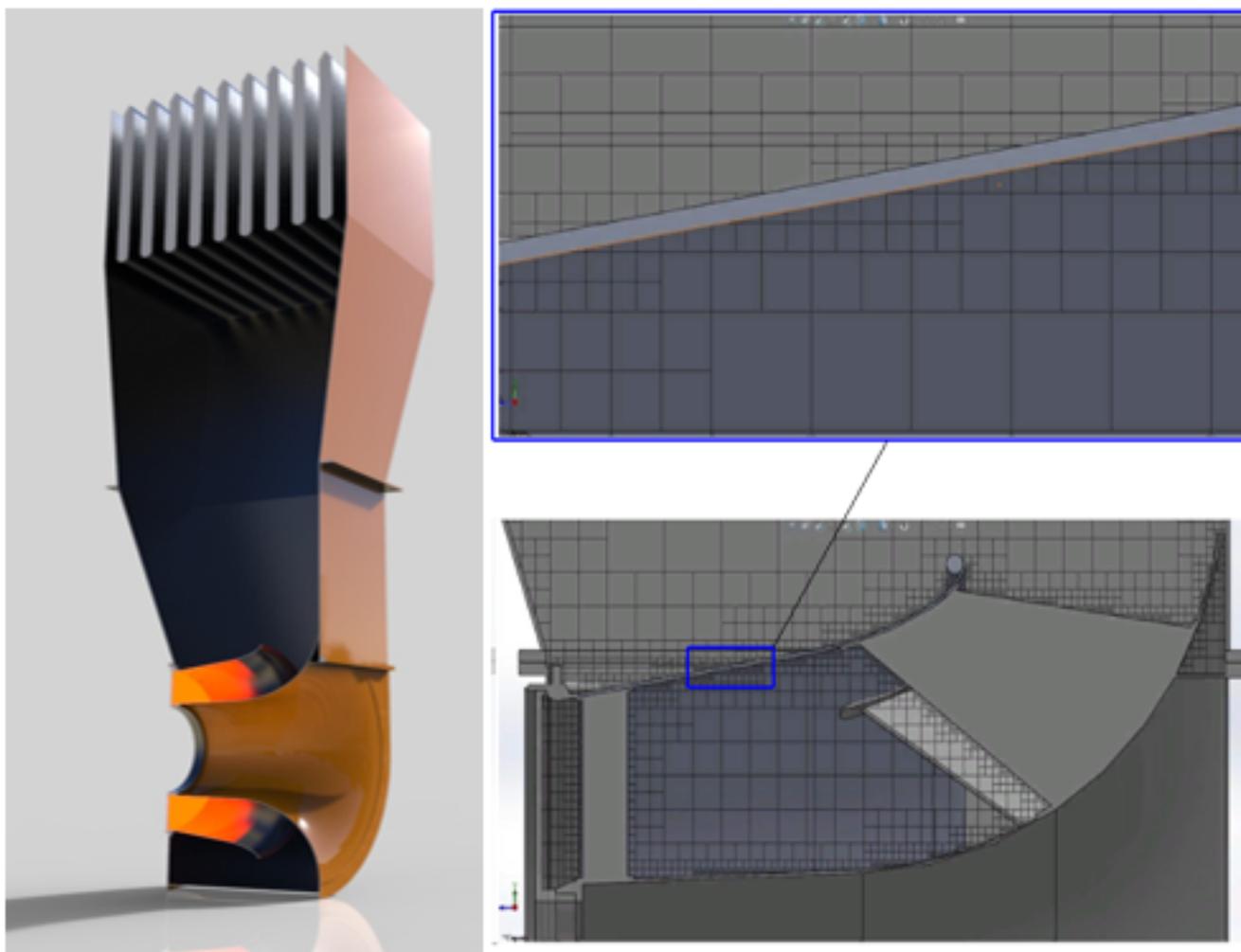


Рисунок 1. Общий вид модели и уровень дробления сетки

Расчёт проводился в статической постановке. В качестве рабочего тела принят воздух как несжимаемый идеальный газ.

Все расчёты выполнялись для одного основного режима работы двигателя с параметрами, приведенными в таблице 1.

Таблица 1.

Исходные данные для расчёта номинального режима

Параметр	Ед. изменения	Значение
Расход газа	кг/с	46,07
Температура газа	К	759
Статическое давление на выходе из трубы	Па	101325

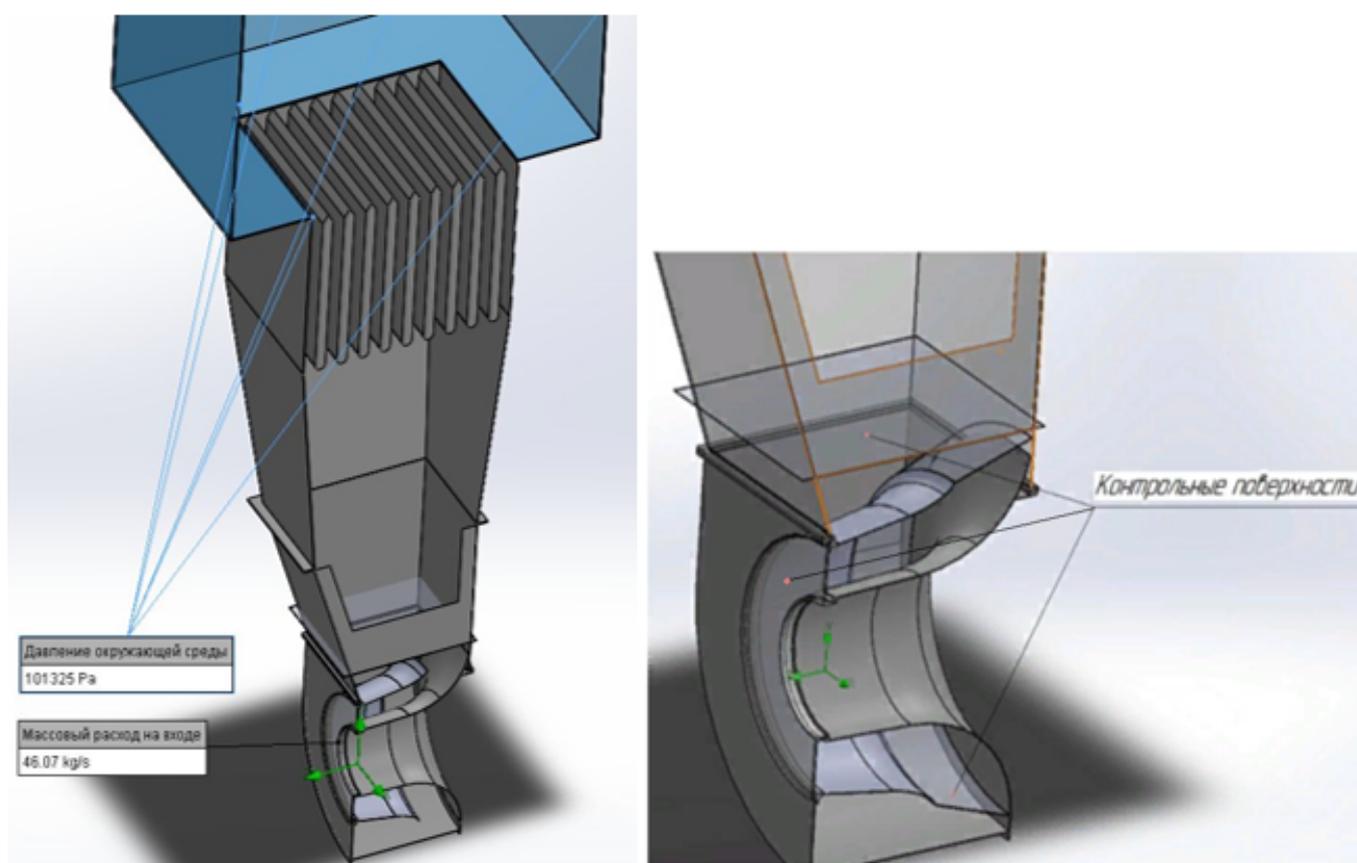


Рисунок 2. Граничные условия для модели

Контрольная поверхность для условного разделения улитка-переходник выбрана на расстоянии 1425мм от оси улитки, что соответствует началу ребра переходника.

Были рассмотрены следующие варианты диффузоров:

- 1) Вариант без диффузора
- 2) Обычный радиальный диффузор;
- 3) Радиальный диффузор со спрямляющими устройствами.
- 4) Диффузор с косым срезом $\alpha=18^{\circ}$;

5) Диффузор с косым срезом $\alpha=18^\circ$ с тремя спрямляющими устройствами в нижней части диффузора.

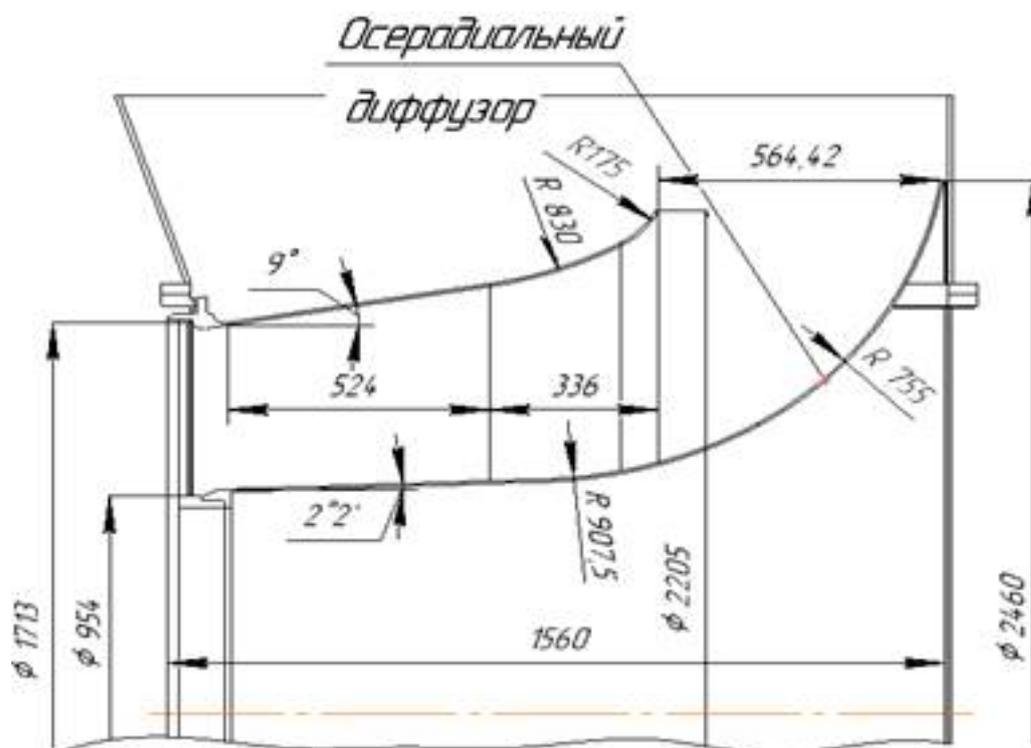


Рисунок 3. Основные геометрические размеры диффузора

Все расчёты проводились с учётом наличия переходника и реальной выхлопной шахты на выходе.

Таблица 2.

Результаты расчёта различных вариантов

	Вариант №1	Вариант №2	Вариант №3	Вариант №4	Вариант №5
Скорость на входе в диффузор, м/с	122,6	125,3	125,1	111,5	111,5
Скорость на выходе из диффузора, м/с	-	59,6	59,8	-	-
Скорость на выходе из улитки, м/с	56,5	57,4	56,1	48,6	49,5
Полн. давление на входе в диффузор, Па	106522	104334	104506	104017	104017
Полн. давление на выходе из диффузора, Па	-	104096	103880	-	-
Полн. Давление на выходе из улитки, Па	103360	101875	101812	101912	101912
Улитка	3162	2459	2694	2105	2050
Потери полного давления, Па.					
Вся шахта	5197	3009	3181	2692	2670

На рис. 4-8 представлены результаты численного моделирования.

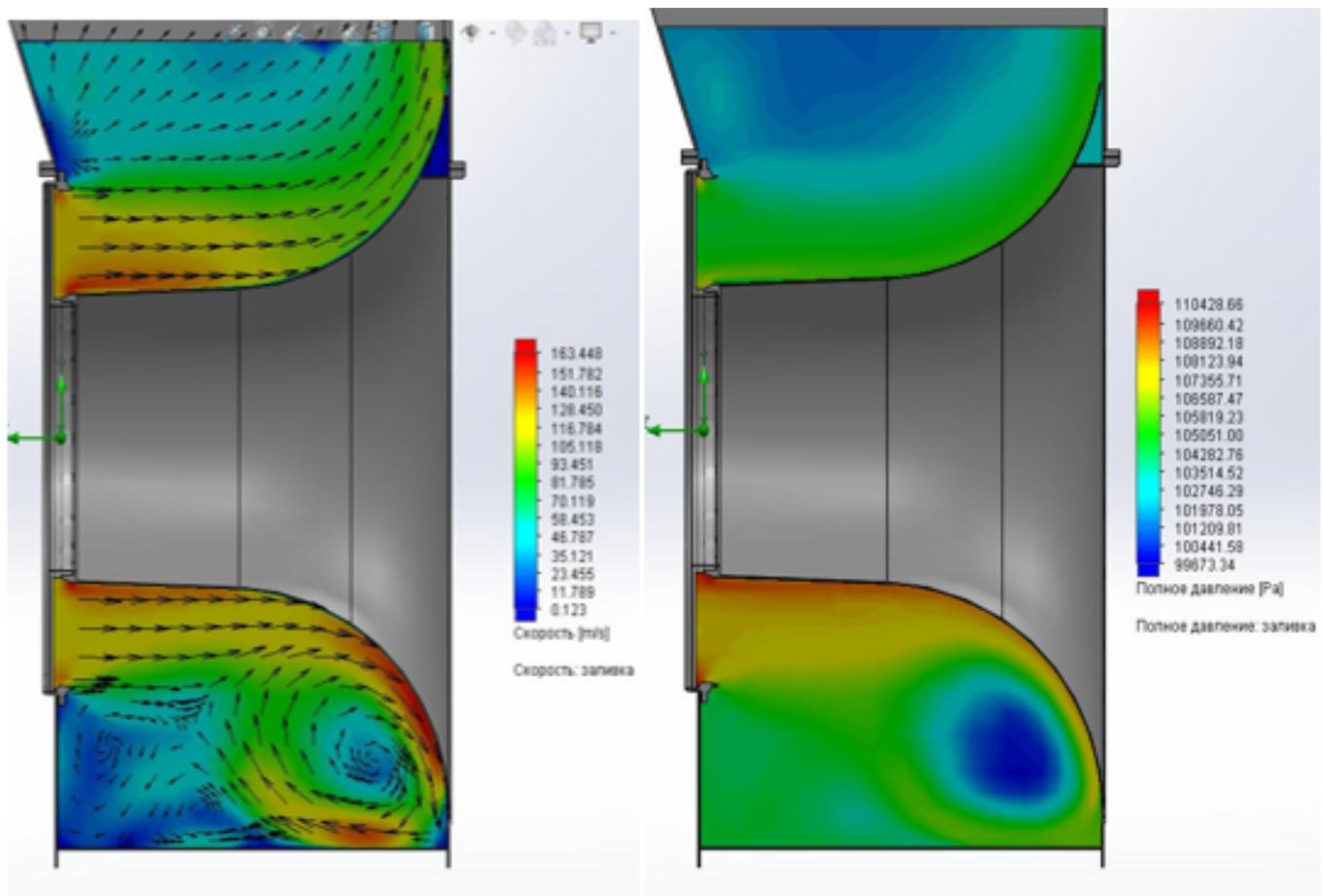


Рисунок 4. Вариант №1.

Распределение скоростей и полных давлений в поперечном сечении модели

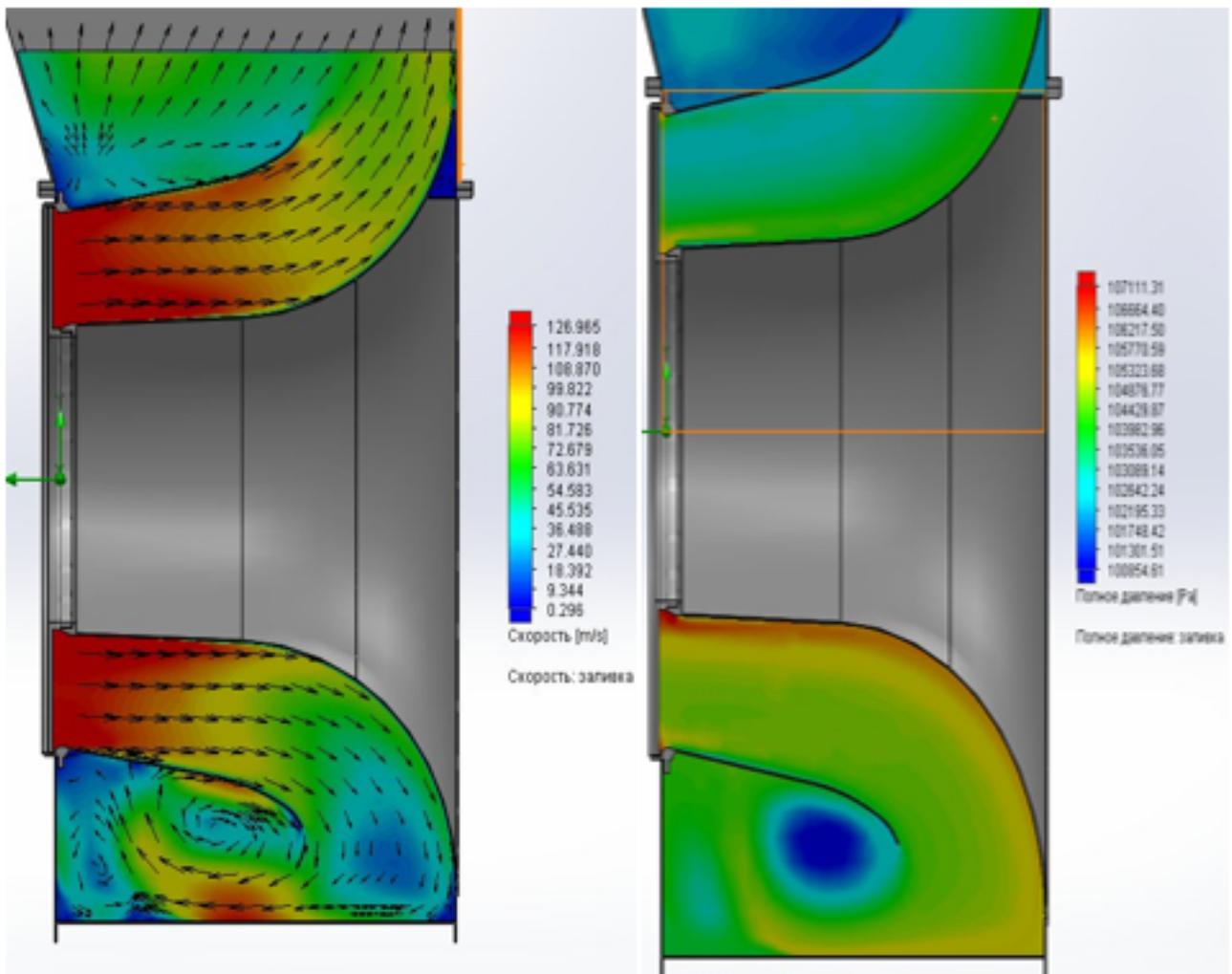


Рисунок 5. Вариант №2.

Распределение скоростей и полных давлений в поперечном сечении модели

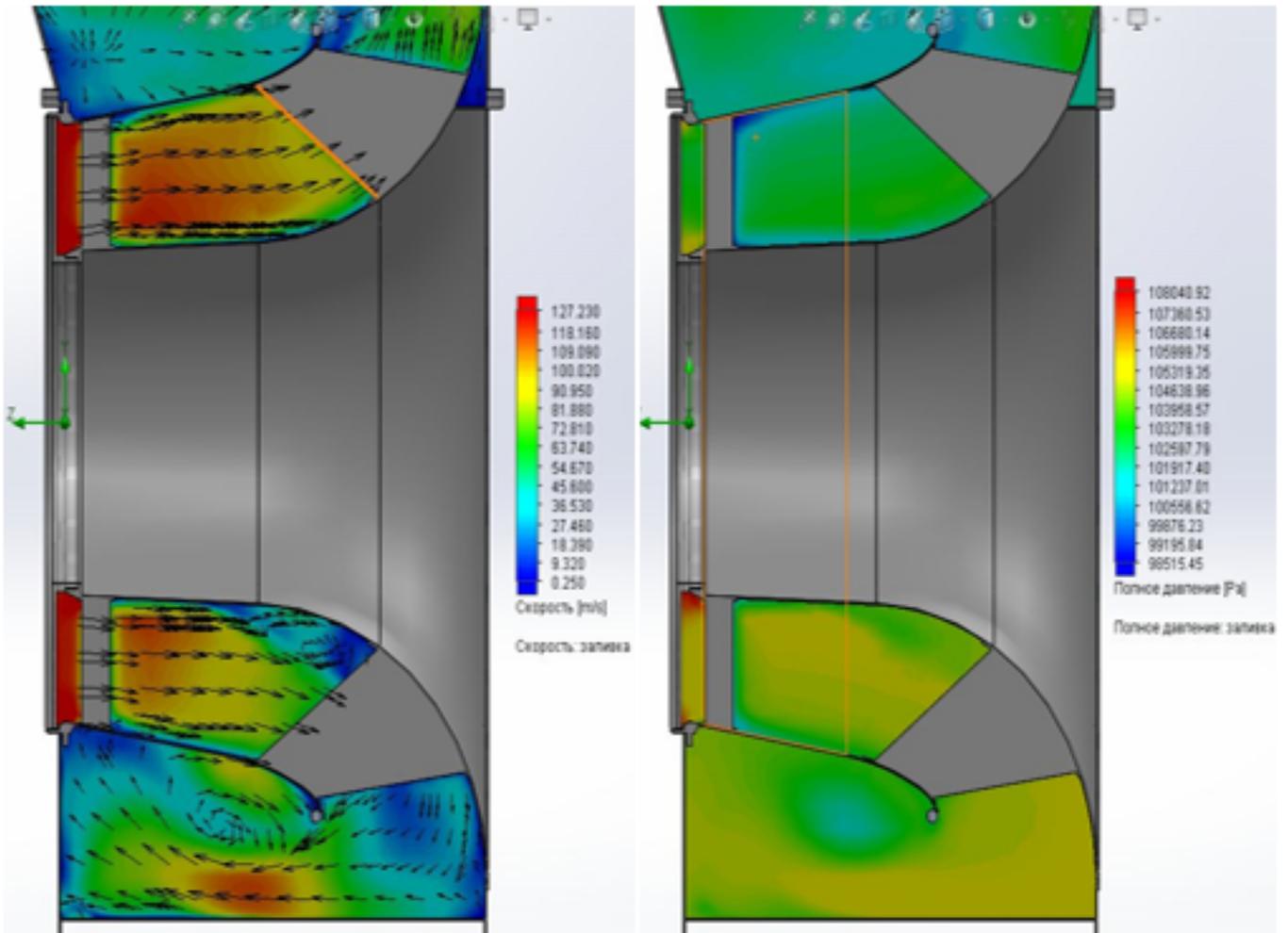


Рисунок 6. Вариант №3.

Распределение скоростей и полных давлений в поперечном сечении модели

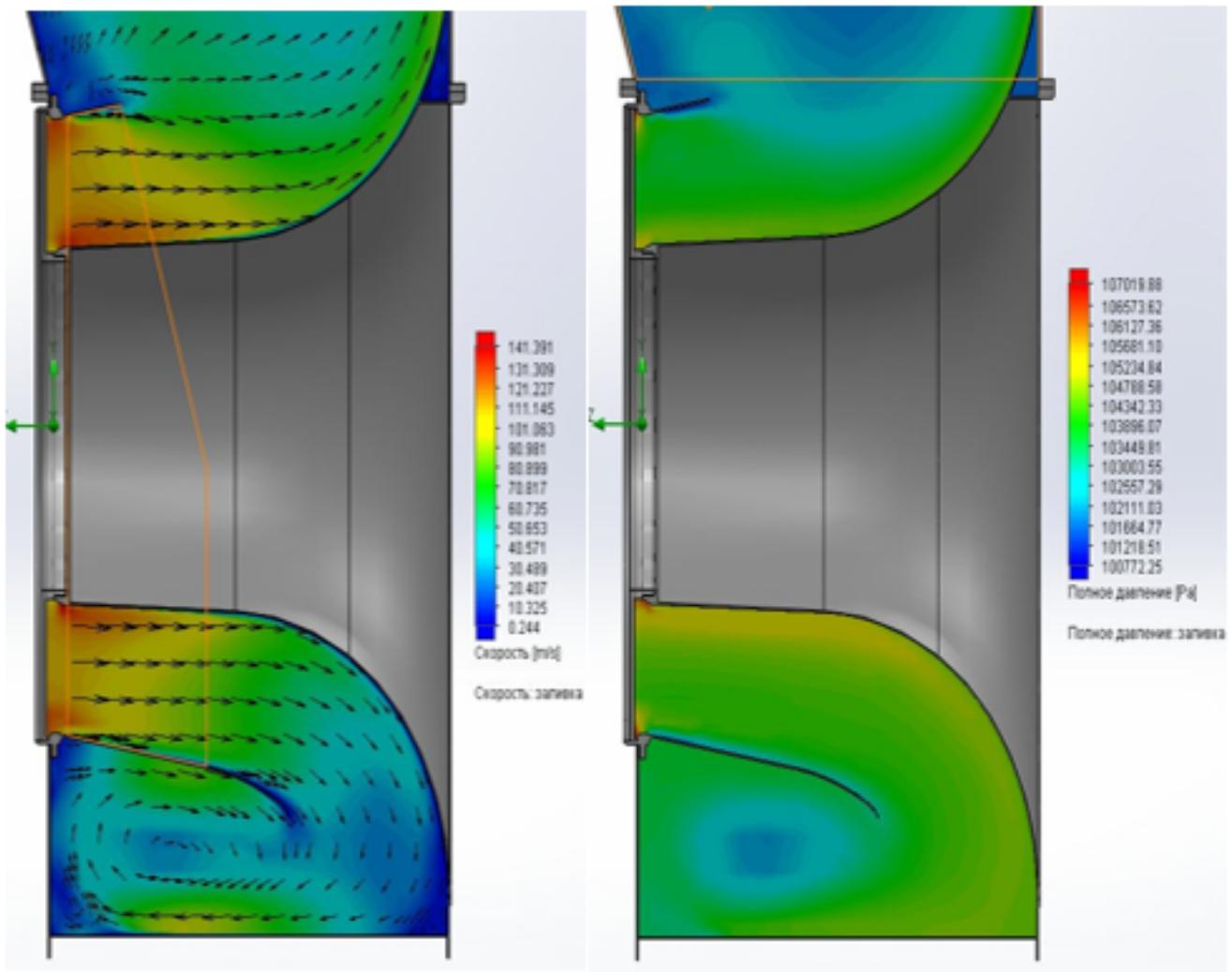


Рисунок 7. Вариант №4.

Распределение скоростей и полных давлений в поперечном сечении модели

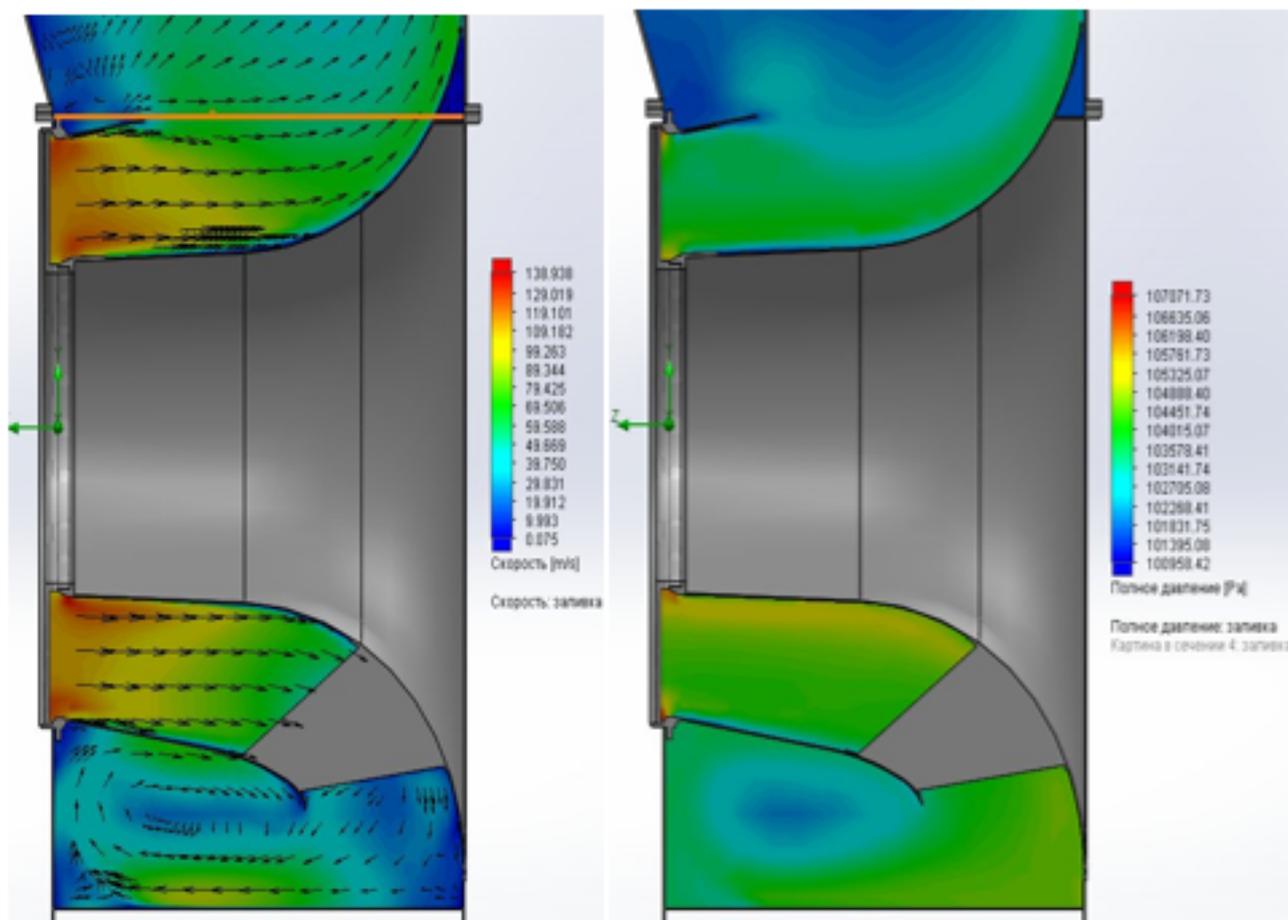


Рисунок 8. Вариант №5.

Распределение скоростей и полных давлений в поперечном сечении модели

Вывод: было проведено численное моделирование течения потока газа в выходном устройстве. Были получены различные параметры потока по всему тракту для различных вариантов конструкций, и была оценена эффективность улитки и всего выхлопного устройства. Вариант №5 с обрезанным диффузором, спрямляющими аппаратами оказался наиболее эффективен (потери в улитке - 2055Па, потери по всему тракту -2677Па).

Список литературы:

1. Абрамович Г.Н. Прикладная газовая динамика. Том 1 — М.: Наука. Гл. ред. физ-мат. лит, 1991 г. —600 с.
2. Ахмедзянов А.М. «Проектирование авиационных газотурбинных двигателей» (2000г.)
3. Гриценко Е.Л., Данильченко В.П., Лукачев С.В. - Конвертирование авиационных ГТД в газотурбинные установки наземного применения. 2004 г.
4. Дейч М.Е. Зарянкин А.Е. «Газодинамика диффузоров и выхлопных патрубков турбомашин» М.: Энергия, 1970. — 384 с. с илл.