Совершенствование конструкции аппарата воздушного охлаждения

Гасимзянов Булат Азатович
Магистр УГНТУ, Россия, г. Уфа
E-mail: bul_99@mail.ru

Научный руководитель: **Ризванов Риф Гарифович,**
д.т.н, профессор.
Кафедра технологии нефтяного аппаратостроения,
УГНТУ, Россия, г. Уфа

ВВЕДЕНИЕ

Полноценная работа всего комплекса технологического оборудования и вспомогательных систем установки комплексной подготовки газа (УКПГ) на управлениях газового промысла (ГП), обеспечивающего сбор и обработку, позволяет вовремя и бесперебойно доставлять природный газ потребителям, что стало особо актуально с наступлением зимнего времени. К тому же, подавляющие большинство добываемого и транспортируемого природного газа в России приходятся на месторождения, расположенные в северной части Западной Сибири, требуют должного внимания на технологическое оборудование в условиях критически пониженных температур.

Важным фактором транспортировки газа является то, что после компримирования газа на дожимных компрессорных станциях (ДКС) с помощью газоперекачивающих агрегатов (ГПА) в две ступени необходимо охлаждение газа с помощью аппаратов воздушного охлаждения (АВО), поскольку температура после процессов повышения давления так же увеличивается. Охлаждение газа нужно для того, чтобы исключить растепления многолетнемерзлых грунтов, повышения надежности и эффективности эксплуатации газопромыслового оборудования и повышения его пропускной способности.

Применение АВО в современных условиях является кардинальным решением целого ряда актуальных задач: уменьшение водопотребления на технические цели, оптимального развития и размещения технологических установок и производств, сохранение среды обитания, уменьшение засаливания почв и загрязнения водоемов.

Конструкция АВО довольно проста: аппарат состоит из теплообменной секции и системы подачи хладагента, чем является атмосферный воздух. Система подачи включает в себя опорные металлоконструкции, диффузор, электродвигатель с осевым компрессором (вентилятор). При работе последнего происходит искажение поля осевых скоростей: разность давлений выше и ниже вентилятора. Поскольку такой АВО работает на нагнетание, то уменьшение кинетической энергии из рабочего колеса не увеличивает потенциальную энергию давления, а лишь компенсирует потери на трение, вызванные вращением потока — часть энергии тратится бесполезно [1].

Выбор данной темы обусловлен актуальностью совершенствования АВО — необходимо улучшение подачи воздуха на теплообменные секции, чтобы поток воздуха был равномерным по всему сечению, тем самым увеличив коэффициент полезного действия (КПД) путем изменения конструктивных особенностей.

1 Технические характеристики аппарата АВО типа 2АВГ-75С

В основу данной работы взят аппарат воздушного охлаждения 2АВГ-75С, который используется в условиях Крайнего Севера на газовых промыслах ООО «Газпром добыча Уренгой».

Таблица 1 — Технологические параметры данного АВО

Материал изготовления	Техническая характеристика оборудования	Расчетные параметры	Основные размеры	
		Статистический напор у входа, Па	Диаметр, мм	Высота, мм
09Г2С	2АВГ-75С	210	5000	8000

Таблица 2 — Технические характеристики 2АВГ-75С [2]

Площадь поверхности теплообмена, м^2	9930
Давление расчетное, МПа	7,5
Количество секций в аппарате, шт	2
Диаметр колеса вентилятора, м	5
Мощность тихоходного электродвигателя, кВт	37
Количество колес вентилятора в аппарате, шт	2
Скорость вращения колеса вентилятора, об/мин	250
Коэффициент оребрения труб (условный)	20
Число рядов труб в секции	6
Число ходов труб по секции	1
Длина труб в секции, м	12
Материальное исполнение секции	Сталь 20
Тип трубных секций	крышечный

Согласно ОСТ 26-02-2018-77 «Аппараты воздушного охлаждения. Основые параметры и размеры» с учетом диаметра колеса вентилятора и размеров диффузора были получены технологические параметры устройства.

На основе технологических параметров была построена трехмерная модель (рис. 1).

Размеры диффузора взяты из паспорта АВО. Он геометрически представляет собой переходник от круглого (⌀2820 мм для колес диаметром 2800 мм) к квадратному сечению (3900 × 3900 мм). Высоту диффузора обычно принимают равной 0,4...0,7 диаметра колеса вентилятора.

Модель АВО создана в программе Компас 3D. Симметрия геометрической модели АВО и воздушного потока позволяют рассчитывать одну четвертую часть диффузора. Разработка расчетной модели диффузора аппарата воздушного охлаждения (3х-мерная модель типовой конструкции диффузора) необходим для численного моделирования в программе ANSYSWorkbench

потока воздуха в диффузоре, нагнетаемого вентилятором.

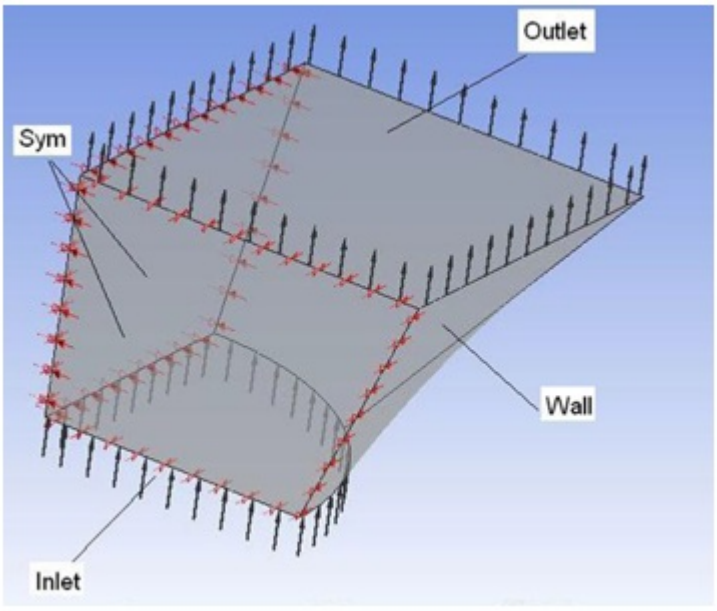


Рисунок 1 — Трехмерная модель устройства

2 Численное моделирование диффузора в ANSYSWorkbench

Численное моделирование позволяет вычислить значение скоростей потока воздуха на определенных участках и всей поверхности живого сечения в целом.

Необходимо применить граничные условия для построенной части диффузора.

Условия входа были созданы исходя из технического регламента 2АВГ-75С, где нагнетание воздуха происходит благодаря работе вентилятора Торнадо Т-50. Технические характеристики вентилятора приведены в таблице 2.

Таблица 3 — Основные технические характеристики вентилятора Торнадо Т-50

Диаметр колеса, мм	5000
Количество лопастей, шт	4 (6)
Частота вращения, об/мин	250
Производительность по воздуху, м3/ч	410000
Тип электродвигателя	ВАСО2-37-24
Потребляемая мощность, кВт	37

В условиях CFX после выбора поверхностей одной четверти диффузора аппарата необходимо задать граничные условия для выхода (OUTLET) давление 0 Па и для входа потока воздуха (INLET) скорость потока воздуха, нагнетаемого вентилятором [3].

Параметры расчетной области: материал расчетной области необходимо задать Fluid 1 Material — Air Ideal Gas. Так как теплообмен в данной работе не моделируется, то температуру воздуха в диффузоре считать постоянной (опция Isothermal) и равной температуре окружающей среды — 20 С.

Граничные условия:

Вход

— Name: INLET;

— Boundary type: inlet;

— Location: INLET;

— Mass and Momentum Option: Normal Speed — 5.758 .

Выход

— Name: OUTLET;

— Boundary type: outlet;

— Location: OUTLET;

— Mass and Momentum Option: Relative Pressure — 0 Pa.

Симметрия

— Name: SYMMETRY;

— Boundary type: symmetry;

— Location: SYMMETRY

Стена

— Name: WALL;

— Boundary type: wall;

— Location: WALL

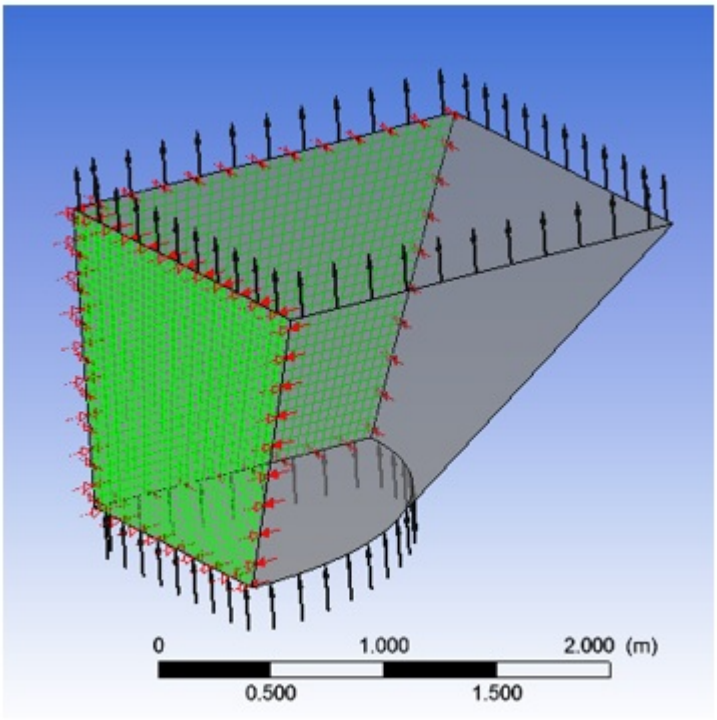


Рисунок 2 — Заданные граничные условия

Далее запускаем расчет и показания результатов расчета.

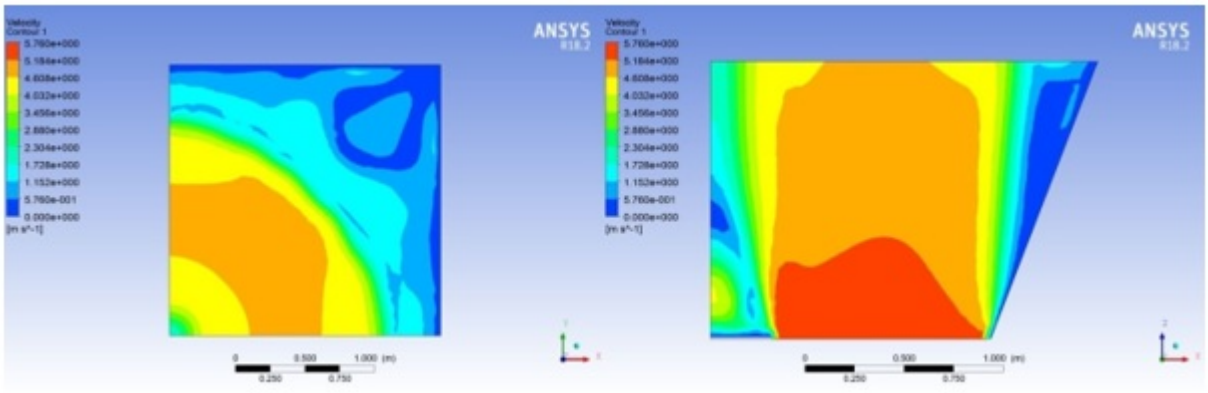


Рисунок 3 — Распределение потока воздуха в диффузоре.

Вид сверху, вид сбоку.

Из рисунка 3 видно, что в крайней правой области сверху и по краям, вдоль стенок диффузора скорости практически нулевые. Это говорит о том, что имеются застойные зоны, где попадание охлажденного воздушного потока минимальное [4]. Это приводит к тому, что трубный пучок в теплообменной секции охлаждается неравномерно, что в дальнейшем будет сказываться на эффективную работу теплообменного аппарата.

Ввиду присутствия на месте контакта нагнетаемого воздуха с теплообменной секцией застойных зон необходимо внести изменения в конструкцию диффузора с целью более равномерного распределения потока воздуха. Были подобраны варианты размещения направляющих пластин, располагаемых внутри диффузора.

По результатам расчета математического моделирования сформирована конструкция диффузора с направляющей перегородкой (толщина металла 3 мм), повторяющая контуры диффузора. Диаметр в нижней части составляет 2360 мм, в верхней части квадратное сечение 2900 × 2900 мм

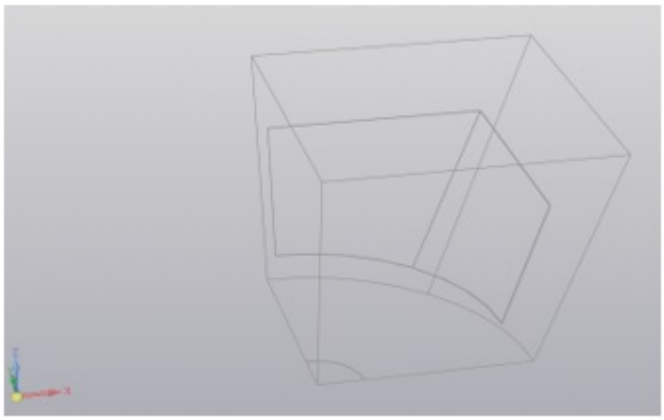


Рисунок 4 — Модернизированный вариант конструкции диффузора

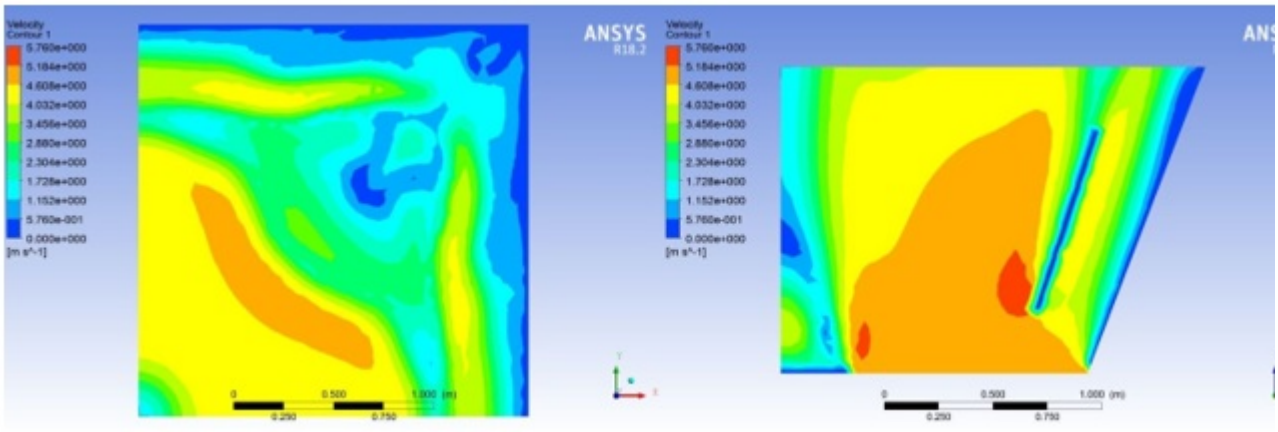


Рисунок 5 — Распределение потока воздуха в модернизированном варианте диффузора № 1. Вид сверху, вид сбоку

По результатам математического расчета уже модернизированной конструкции внесены небольшие изменения: диаметр направляющих пластин в нижней части составляет 1760 мм, в верхней части квадратное сечение 2300 × 2300 мм, а так же имеется «окошко» в дальнем углу шириной 400 мм.

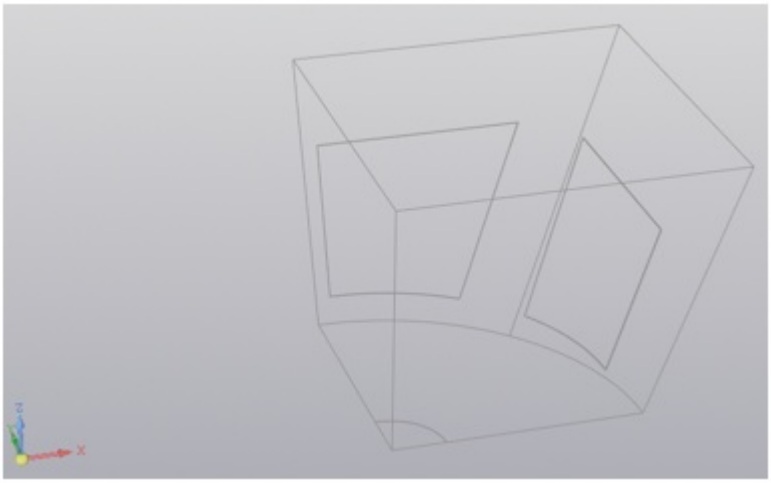


Рисунок 6 — Модернизированный вариант № 2 конструкции диффузора

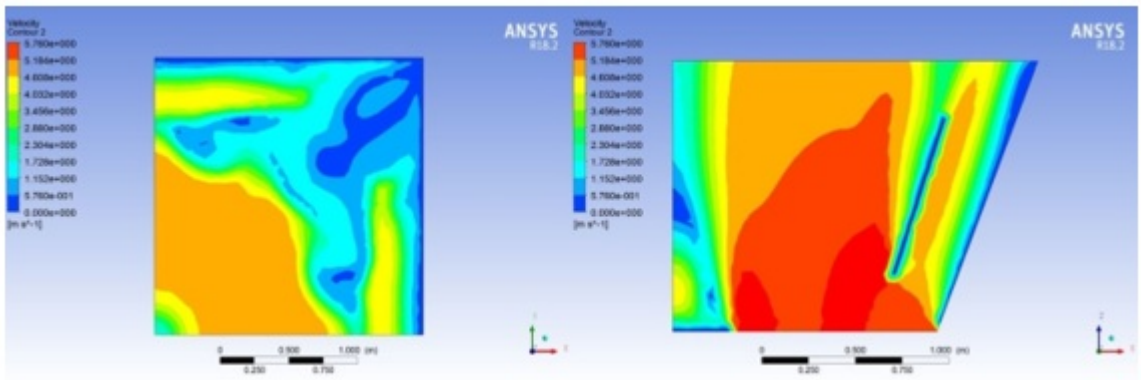
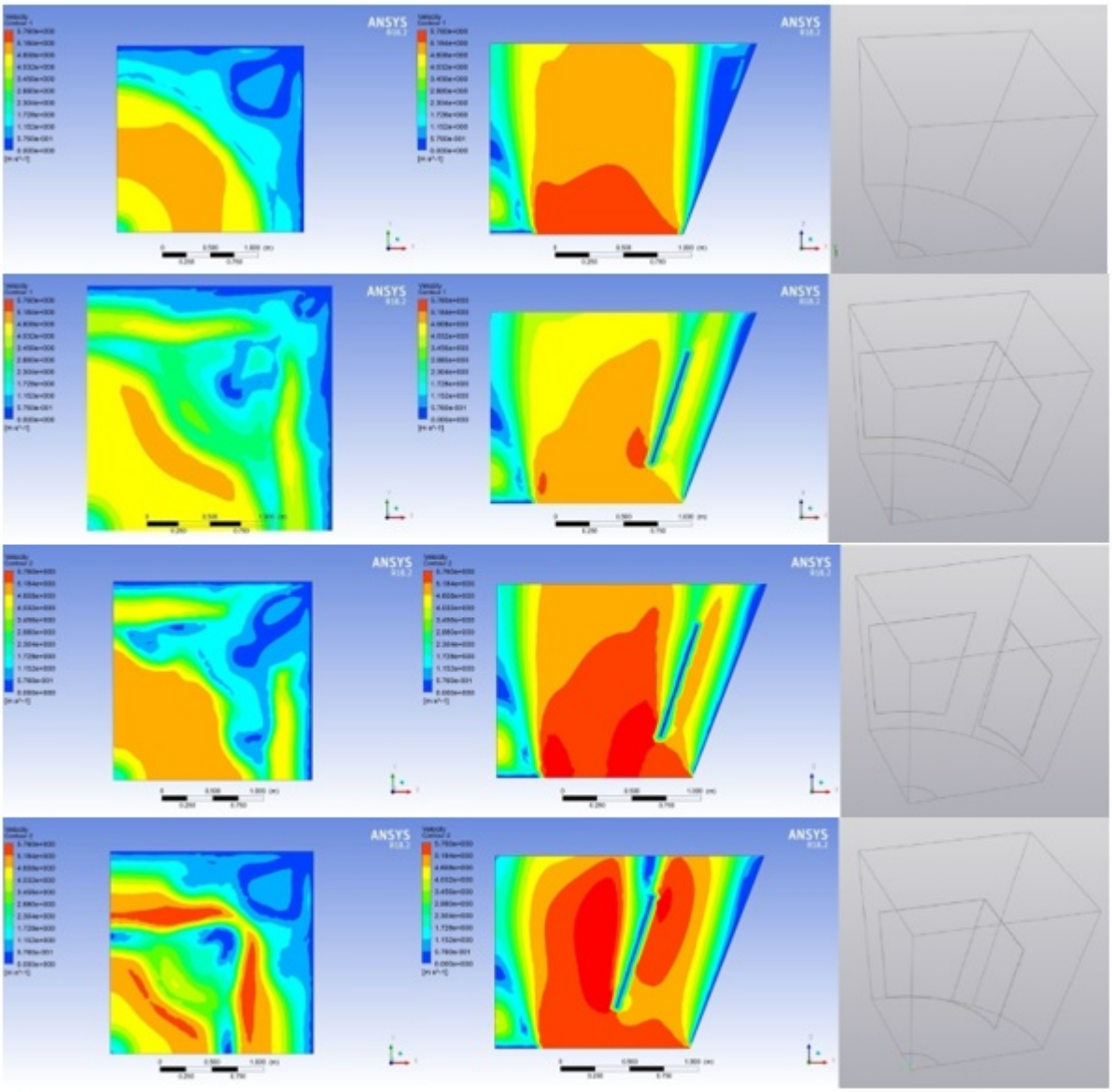


Рисунок 7 — Распределение потока воздуха модернизированном варианте диффузора № 2. Вид сверху, вид сбоку.

Наглядное сравнение различных вариантов исполнений моделей диффузора.



По итогу произведен анализ сравнения всех вариантов диффузора.

Анализ сравнения этих расчетов показал, что в процентном соотношении первый мод ернизированный вариант показал лучший результат.

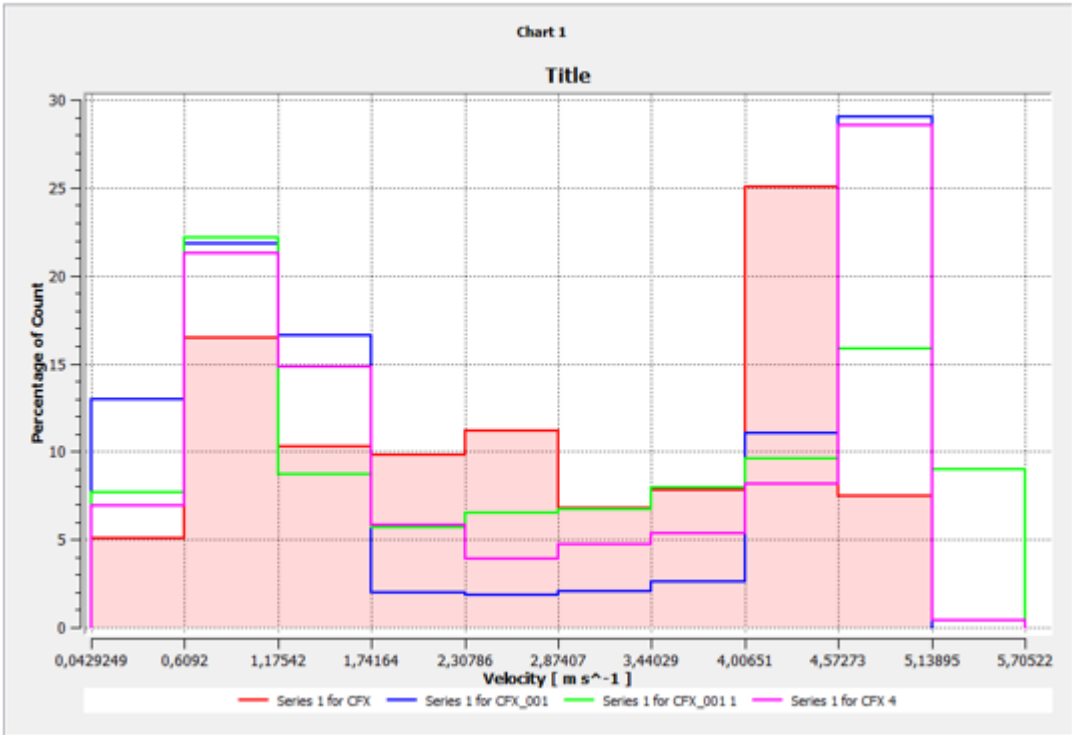


Рисунок 6 — Распределение воздушных потоков всех вариантов конструкции диффузора АВО (зеленый — базовый вариант, красный — первый модернизированный вариант, синий — второй модернизированный вариант, розовый — третий модернизированный вариант)

Заключение

Проведен поиск и анализ информации о конструкции и устройству аппаратов воздушного охлаждения типа 2АВГ-75С, а так же разработана расчетная модель диффузора (3х-мерная модель) и численное моделирование в программе ANSYSWorkbench потока воздуха в диффузоре, нагнетаемого вентилятором.

Удалось рассчитать распределение воздуха типовой конструкции аппарата воздушного охлаждения. Так же были найдены характерные участки, где скорость воздушного потока практически нулевая, из-за чего в целом теплообменная секция остужается неравномерно.

Для улучшения эффективности АВО были смоделированы измененные конструкции диффузоров с установленными внутри них специальными направляющими элементами, позволяющие снизу нагнетаемому потоку воздуха более равномерно распределиться в зоне контакта с теплообменной секцией.

Произведен анализ сравнения: предложенный первый модернизированный вариант конструкции диффузора позволил улучшить распределение потока воздуха на 25,05%.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Крюков Н.П. Аппараты воздушного охлаждения. — М., 1983. — 198 с.
2. ГОСТ Р 51364-99. Аппараты воздушного охлаждения. Общие технические условия.
3. Чекардовский М. Н. Разработка методов определения эффективности работы теплообменных аппаратов в системе теплоснабжения. М. Н. Чекардовский, С. М. Чекардовский, К. Н. Илюхин, В. Е. Ушаков. — Тюмень: Изд-во ТГСХА, 2009. — 145
4. Методика теплового и аэродинамического расчета аппаратов воздушного охлаждения. М.: ВНИИНЕФТЕМАШ, 1982. — 97 с.