

Выше указанные способы позволят снизить водонасыщенность грунтов что в свою очередь снизит их воздействие на фундаменты объекта предотвратит неравномерную просадку грунтов основания под фундаментом резервуара что в свою очередь исключит возникновение нежелательных напряжений просадки образование трещин

Список литературы

Геоманиторинг при закреплении грунтов оснований методом высоконапорной инъекции В А Богомоллов В В Душников О В Герасимов Геотехнический семинар Астана г

Исследование зависимости между механическими и электрофизическими свойствами грунтов укрепляемых методом высоконапорной инъекции О В Герасимов С М Простов Д Ю Пахомов КузГТУ

Комплексный геоконтроль процессов инъекционного закрепления влагонасыщенных грунтов М Простов О В Герасимов Е А Мальцев Вестник КузГТУ г

Техническое обслуживание и ремонт зданий и сооружений Справочное пособие под ред М Д Бойко Стройиздат г

© И.В. Васильев, Г.А. Вольф, П.И. Сон, 2018

УДК 697.328

К.В. Крюкова

магистрант

Н.А. Маслов

магистрант

**Научный руководитель**

А.А. Цынаева

к т н доцент

Самарский государственный технический университет

г Самара Россия

## ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕНА В ПЛОСКОМ КАНАЛЕ

Конструкция плоского канала применяется в различных теплообменных аппаратах. Примерами таких аппаратов являются пластинчатые теплообменники, спиральные калориферы и другие компактные теплообменники. Они используются в различных отраслях промышленности. В связи с этим появляется потребность в повышении эффективности процессов теплообмена. Ввиду огромного множества возможных вариантов исполнения поверхностей теплообменных аппаратов, появляется потребность поиска их оптимальных конструкций, что в свою очередь влечёт за собой необходимость в обработке массивных объемов экспериментальных данных с приемлемой точностью. Оптимальным вариантом получения этих данных является численное моделирование, по причине возможности использования программного обеспечения на базе свободной лицензии и с приемлемой точностью результатов. Численное моделирование позволяет осуществить это с меньшими затратами, чем реальный эксперимент. В данной работе выполнено численное моделирование теплообмена в плоском канале с помощью программного обеспечения и сравнение

результатов численного исследования с экспериментальными исследованиями других авторов

Численный эксперимент заключается в определении параметров течения теплообмена в плоском канале. Геометрия расчетной области плоского канала создавалась в программном комплексе с открытым кодом, распространяемым на базе свободной лицензии.

Канал представляет собой прямоугольный параллелепипед шириной  $28$  мм, длиной  $65$  мм и высотой  $2$  мм. Рис.

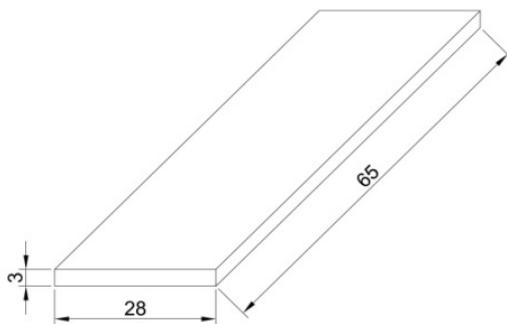


Рис. 1. Геометрия расчетной области

Построение расчетной сетки производилось в программном комплексе с помощью модуля  $ANSYS$ . Расчетная сетка рис. 2 составляет  $100 \times 100 \times 10$  тыс. ячеек размерами  $0.1 \times 0.1 \times 0.002$  м. При построении вблизи стенок канала сформированы пристеночные слои общей толщиной  $\delta = 0.002$  м с количеством слоев  $n = 10$  с коэффициентом растяжения  $f_s = 1.2$ .

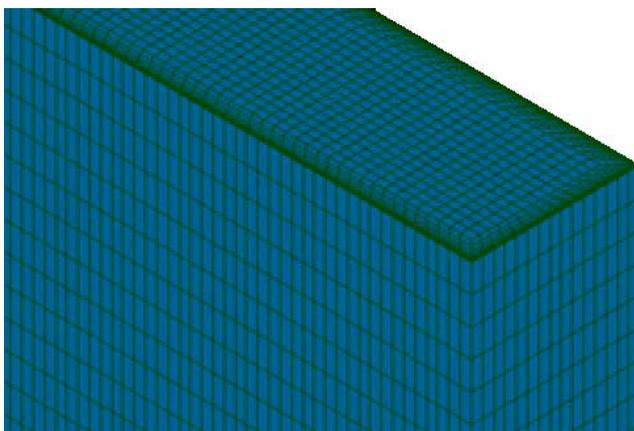


Рис. 2. Сетка расчетной области

Численное моделирование проводилось в программном комплексе с открытым программным кодом со свободной лицензией.

## Вопросы современной науки: новые достижения

Течение принято нестационарное. Граничные условия

- Вход

температура среды  $C$

турбулентность по гидравлическому диаметру  $d_h$  м

Скорость  $U_0$  направлена по нормали. Значения скорости определялись по экспериментальным значениям чисел Рейнольдса

$Re$   $Re$   $Re$  и  $Re$

- Выход

тепловой поток Вт м

- Стенки

шероховатость нет

тепловой поток  $q$  Вт м режим подогрева

Теплофизические свойства воздуха: плотность, изобарная теплоемкость, молекулярная вязкость, теплопроводность задавались в виде линейной аппроксимации табличных данных в диапазоне температур

и так же как в работе

При разработке численной модели был проведен сравнительный анализ нескольких моделей турбулентности и Критерием адекватности модели было соответствие расчетных значений опытным данным

Обработка результатов численного моделирования проводилась в бесплатной программе в модуле визуализации. Экспериментальные данные согласуются с известной критериальной зависимостью  $Nu = 0,018 Re^{0,8}$  ст. Поэтому критерий Нуссельта был принят для сравнения соответствия расчетных значений экспериментальным. Для расчетных значений критерий рассчитывался по формуле

$$Nu = \frac{q \cdot L}{\lambda_f (t_w - t_o)}$$

где  $q$  – тепловой поток Вт м,  $L$  – длина канала м,  $\lambda_f$  – теплопроводность Вт м С,  $t_w$  – средняя температура стенки канала С,  $t_o$  – температура охлаждающего воздуха принята С

Средняя температура стенки канала бралась по температуре на центральной линии верхней стенки канала. Расчетная длина канала подбиралась для совпадения с экспериментальными результатами для первого эксперимента и сохранялась при последующих изменениях скорости. Расчетные и экспериментальные значения сведены в табл. Для визуального сравнения расчетных значений с экспериментальными был построен график рис.

Таблица 1

Расчетные и экспериментальные значения

Re	Nu	Nu (SST)	Nu (SM)	Nu (EBRSM)

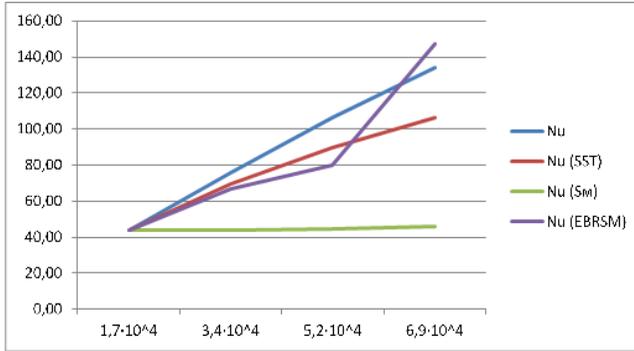


Рис. 3. График зависимости критерия Нуссельта от числа Рейнольдса

Здесь по оси  $x$  отмечены значения числа  $Re$  используемые в эксперименте и при расчетах по оси  $y$  значения  $Nu$

На графике видно что значения полученные путем численного моделирования при использовании модели турбулентности не соответствуют экспериментальным это может быть связано с несоответствием процесса теплообмена заданным условиям Для того чтобы определить какая из двух оставшихся моделей наиболее близка к экспериментальным значениям необходимо посчитать коэффициент детерминации  $R^2$  и критерий Фишера  $F$ , для обеих моделей турбулентности

$$R^2 = 1 - \frac{\sum (Y_i - Y_r)^2}{\sum (Y_r - Y_{r_{cp}})^2}$$

$$F = \frac{R^2}{1 - R^2} \cdot \frac{T - n - 1}{n}$$

где  $Y_i$  экспериментальные значения  $Nu$   $Y_r$  расчетные значения  $Nu$   $Y_{r_{cp}}$  среднее значение расчетных  $Nu$   $T$  количество расчетов всего выполнено расчета  $n$  количество факторов сравниваются модели

Полученные результаты сведены в табл

Таблица 2

Расчет коэффициента детерминации и критерия Фишера

	$Y_i$	$Y_r$	$Y_{r_{cp}}$	$(Y_r - Y_{r_{cp}})^2$	$(Y_i - Y_r)^2$	$\Sigma(Y_r - Y_{r_{cp}})^2$	$\Sigma(Y_i - Y_r)^2$	$R^2$	$F$

Значение коэффициента детерминации стремится к 1 в обоих случаях что означает что обе модели достаточно точно описывают эксперимент Более точно эксперимент описывает модель

Вывод полученные результаты численного моделирования экспериментального исследования теплообмена в плоском канале показывают что современные программные комплексы позволяют смоделировать процессы теплообмена с приемлемой точностью

Список литературы

Колесова Е.Г., Веретенников С.В., Жорник М.Н. Экспериментальное исследование теплообмена в плоском канале методом регулярного теплового режима при различных критериях Био // Научно-производственное объединение «Сатурн» Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьёва

Электронный ресурс

Электронный ресурс

Справочные данные по теплофизическим свойствам веществ в зависимости от температуры и давления // Электронный ресурс

Никитин М.Н. Моделирование смешанной конвекции над горизонтальной пластиной

Труды ИСП РАН том 1 вып. 1 г. 2018 стр. 1-10 на английском языке

Михеев М.А., Михеева И.М. Основы теплопередачи // М. Энергия

© К.В. Крюкова, Н.А. Маслов, 2018

УДК 533.6.01+51-74

Д.А. Кузьмина

магистрант курса

**Научный руководитель**

М.Н. Никитин

к.т.н., доцент кафедры Теплогазоснабжения и вентиляции

Самарский государственный технический университет

г. Самара, Россия

**ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ  
ФАСОННЫХ ЧАСТЕЙ ВОЗДУХОВОДОВ**

Введение

Цель работы – разработка модели течения рабочего тела и определение коэффициентов местных сопротивлений в фасонных частях воздухопроводов

В настоящее время для повышения качества проектирования систем вентиляции и кондиционирования широко применяются средства вычислительной гидрогазодинамики реализованные в различных программных продуктах. При этом для расчета системы вентиляции целой схемы воздухопроводов изначально необходимо сделать проверку разрабатываемых моделей и методов исследования на фасонных частях воздухопроводов. Это связано с тем что фасонные элементы представляют собой соединительные элементы с помощью которых