



КАЗАНСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

**XXVI ВСЕРОССИЙСКИЙ АСПИРАНТСКО-МАГИСТЕРСКИЙ  
НАУЧНЫЙ СЕМИНАР,  
ПОСВЯЩЕННЫЙ ДНЮ ЭНЕРГЕТИКА**

**Казань, 6-7 декабря 2022 г.**

**Материалы докладов**

**В трех томах**

**Том 2**

4. Зинуров, В. Э. Повышение энергоэффективности технологических линий по получению аэросила путем установки сепаратора с соосно расположенными трубами / В. Э. Зинуров, А. В. Дмитриев, Г. Р. Бадретдинова, Р. Я. Биккулов // Промышленная энергетика. – 2022. – № 4. – С. 29-35. – DOI 10.34831/EP.2022.26.75.004.

5. Салахова, Э. И. Пылеулавливающее устройство для блоков дегидрирования парафиновых углеводородов с кипящим слоем катализатора / Э. И. Салахова, А. В. Дмитриев, В. Э. Зинуров, И. Р. Набиуллин, И. И. Салахов // Катализ в промышленности. – 2022. – Т. 22. – № 2. – С. 57-64. - DOI 10.18412/1816-0387-2022-2-57-64.

УДК 517.925

## РАССМОТРЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ МОДЕЛЕЙ ТУРБУЛЕНТНОСТИ

Радмила Ильдаровна Гилязетдинова

Науч. рук. доцент О.С. Попкова

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

Radmilagilazetdinova33@gmail.com

**Аннотация.** При моделировании турбулентных течений возникает выбор в той или иной модели турбулентности. Вследствие этого целью данной работы является анализ основных моделей турбулентности. Существует три основных подхода при моделировании турбулентности: прямое численное решение (DNS), осредненные по Рейнольдсу уравнения Навье-Стокса (RANS), модель крупных вихрей (LES). В работе представлено описание основных моделей турбулентности.

**Ключевые слова:** модель турбулентности, турбулентность, моделирование турбулентных течений, уравнение Навье-Стокса, модель напряжения Рейнольдса.

## CONSIDERATION OF VARIOUS TURBULENCE MODELS

Radmila I. Giliazetdinova

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

Radmilagilazetdinova33@gmail.com

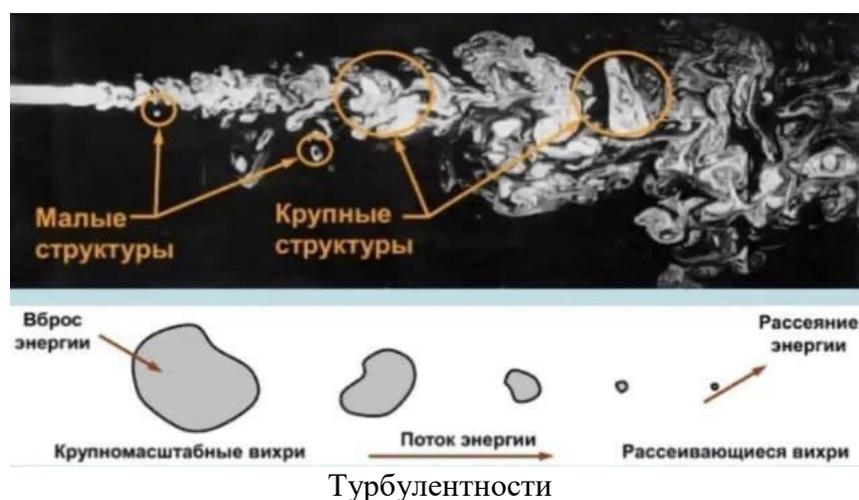
**Abstract.** When modeling turbulent currents, a choice arises in a particular turbulence model. As a result, the purpose of this work is to analyze the main models of turbulence. There

are three main approaches in modeling turbulence: direct numerical solution (DNS), Reynolds-averaged Navier-Stokes equations (RANS), large vortex model (LES). This paper describes the main models of turbulence.

**Keywords:** turbulence model, turbulence, turbulent current modeling, Navier-Stokes equation, Reynolds stress model.

При проведении численных расчетов газодинамических, теплообменных и иных процессов применяются различные программные комплексы [1, 2]. Зачастую необходимо подбирать наиболее подходящую модель турбулентности [3, 4]. Целью данной работы является анализ основных моделей турбулентности. В качестве программного продукта рассматривалась программа Ansys Fluent.

В общем виде турбулентность — это случайный процесс (см. рисунок). При турбулентности весь процесс разбивается на два этапа: возникновение вихря и рассеивание вихря. Для описания турбулентности необходимо усреднить числовые значения параметров. Подход усреднения лежит в качестве одного из подходов моделирования создания моделей турбулентности.



В настоящее время предложено 3 подхода описания турбулентных течений. Первый - прямое численное решение (DNS). Вторым – RANS (осредненные уравнения по Рейнольдсу) и третий - модель крупных вихрей (LES).

Выделяют модели RANS с одним, двумя и более уравнениями.

Модель с одним уравнением: Спаларта - Аллмараса (для аэрокосмических задач, включая стесненные течения).

Модели двух уравнений: standard  $k-\varepsilon$  (только для полностью турбулентных течений), RNG  $k-\varepsilon$  (для сильно искривленных течений), Realizable  $k-\varepsilon$  (для улучшения производительности), standard  $k-\omega$  (хорошо работает со стесненными течениями и низкими числами Рейнольдса), SST  $k-\omega$  (для использования в задачах, где течение среды вблизи стенок).

Модели напряжений Рейнольдса (для сильно завихренных течений):  $k-kL$ -Transition Model, SST Transition Model.

В докладе представлены результаты моделирования течения газа в сепарационном устройстве с применением различных моделей турбулентности.

### **Источники**

1. Зинуров, В. Э. Численное и экспериментальное исследование сужающего устройства на основе трубы Вентури / В. Э. Зинуров, И. И. Насырова, К. Д. Вьюгова, И. Н. Мадышев // Вестник Технологического университета. – 2022. – Т. 25. – № 7. – С. 106-111.

2. Салахова, Э. И. Исследование структуры газового потока в сепарационном устройстве с дугообразными элементами / Э. И. Салахова, А. В. Дмитриев, В. Э. Зинуров // Вестник Технологического университета. – 2022. – Т. 25. – № 5. – С. 60-64.

3. Зинуров, В. Э. Численное моделирование газодинамики в центробежном классификаторе / В. Э. Зинуров, А. В. Дмитриев, Н. Ф. Сахибгареев, Д. Н. Латыпов, М. Г. Гарипов // Вестник технологического университета. - 2021. – Т. 24. - № 12. – С. 128-132.

4. Дмитриев, А. В. Эффективность прямоугольного сепаратора в зависимости от оформления элементов внутри аппарата / А. В. Дмитриев, В. Э. Зинуров, О. С. Дмитриева, В. Л. Нгуен // Вестник Казанского государственного энергетического университета. – 2018. – Т. 10. – № 1(37). – С. 74-81.

УДК 517.925

## **КРИТЕРИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПЛОТНОСТИ СЕТКИ ВБЛИЗИ СТЕНОК**

Никита Сергеевич Мочалов

Науч. рук. д-р техн. наук, доцент А.В. Дмитриев  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан  
mochalovns14@gmail.com

**Аннотация.** В статье рассмотрен критерий для оценки плотности сетки вблизи стенок  $y^+$ . Данный параметр показывает безразмерное расстояние от первого узла сетки до стенки. При различных моделях турбулентности рекомендуется достигать определенные числовые значения или диапазоны  $y^+$ . В докладе показано влияние безразмерного параметра  $y^+$  на результаты численных расчетов при моделировании рекуперативного теплообменного аппарата.

**Ключевые слова:** численное моделирование, густота сетки, плотность сетки, сеточная модель, безразмерное расстояние от первого узла сетки.

## TEST FOR EVALUATION OF GRID DENSITY OF WALLS

Nikita S. Mochalov

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

mochalovns14@gmail.com

**Abstract.** The article considers the criterion for assessing the density of the grid near the walls of  $y^+$ . This parameter indicates the dimensionless distance from the first grid node to the wall. With different turbulence models, it is recommended to reach certain numerical values or ranges  $y^+$ . The report shows the influence of the dimensionless parameter  $y^+$  on the results of numerical calculations during modeling of the recuperative heat exchanger.

**Keywords:** numerical modeling, grid density, grid density, grid model, dimensionless distance from the first grid node.

При численном моделировании теплообменных и газодинамических процессов важным критерием для оценки построения сетки вблизи стенок является безразмерный параметр  $y^+$  [1, 2].

Он показывает безразмерное расстояние от первого узла сетки до стенки (см. рисунок).

Данный параметр был особенно важным, когда использовались стандартные пристеночные функции, поскольку пользователю нужно было избегать значений  $y^+$  меньших чем приблизительно 20. С масштабируемыми пристеночными функциями и автоматической пристеночной обработкой, значения этого параметра дают информацию о разрешающей способности вблизи стенки.