



**Комплект оценочных материалов по дисциплине  
«Моделирование турбулентности»**

**Задания закрытого типа**

**Задания закрытого типа на выбор правильного ответа**

*Выберите один правильный ответ*

1. Турбулентное течение жидкости:

- А) упорядоченное течение жидкости
- Б) установившееся течение жидкости
- В) течение с интенсивным перемешиванием слоев жидкости
- Г) слоистое течение жидкости

Правильный ответ: В

Компетенции (индикаторы): ОПК-1; ОПК-2.

2. Наиболее общими уравнениями динамики вязкой жидкости являются :

- А) Уравнения Навье-Стокса
- Б) Уравнения в напряжениях
- В) Уравнения Рейнольдса
- Г) Уравнения Эйлера

Правильный ответ: Б

Компетенции (индикаторы): ОПК-1; ОПК-2.

3. Уравнение неразрывности (закон сохранения вещества):

А)  $\frac{\partial p}{\partial t} + (\vec{v} \cdot \nabla)\vec{v} = -\frac{\nabla p}{\rho} + \vec{f}$ ;

Б)  $\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla(\rho\vec{v}) = 0$ ;

В)  $\frac{dU}{dt} = (\vec{v} \cdot \nabla)U + \frac{\partial U}{\partial t}$ ;

Г)  $\frac{\partial \rho}{\partial t} - \nabla(\rho\vec{v}) = 0$ .

Правильный ответ: Б

Компетенции (индикаторы): ОПК-1; ОПК-2.

4. При турбулентном движении

- А) возникают только нормальные напряжения;
- Б) возникают как нормальные, так и касательные напряжения;
- В) возникают только касательные напряжения;
- Г) напряжения отсутствуют.

Правильный ответ: Б

Компетенции (индикаторы): ОПК-1; ОПК-2.

**Задания закрытого типа на установление соответствия**

*Установите правильное соответствие.*

1. Каждому элементу левого столбца соответствует только один элемент правого столбца.

- |                            |    |   |
|----------------------------|----|---|
| 1) Уравнения Навье-Стокса  | А) | $\rho \frac{d\bar{V}}{dt} = \rho \bar{F} + \overline{Div} \Pi$                            |
| 2) Уравнения в напряжениях | Б) | $\frac{d\bar{V}}{dt} = \bar{F} - \frac{1}{\rho} \overline{grad} p + \nu \nabla^2 \bar{V}$ |
| 3) Уравнения Рейнольдса    | В) | $\frac{d\bar{V}}{dt} = \bar{F} - \frac{1}{\rho} \overline{grad} p$                        |
| 4) Уравнения Громеки-Ламба | Г) | $\rho \frac{d\bar{V}}{dt} = \rho \bar{F} + Div(\Pi + \rho \overline{V'V'})$               |

Правильный ответ:

- |   |   |   |   |
|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Б | А | Г | В |

Компетенции (индикаторы): ОПК-1; ОПК-2.

2. Каждому элементу левого столбца соответствует только один элемент правого столбца.

- |   |    |  |
|---|----|--|
| 1) Модель турбулентности Буссинеска           | А) | $V_x \frac{\partial \varepsilon}{\partial x} + V_y \frac{\partial \varepsilon}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{v_T}{\sigma_\varepsilon} \frac{\partial \varepsilon}{\partial y} \right) + C_1 \frac{\varepsilon}{k} v_T \left( \frac{\partial V_x}{\partial y} \right)^2 - C_2 \frac{\varepsilon^2}{k}$<br>$\frac{\partial(\rho\omega)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho v_j \omega)}{\partial x_j} = \frac{\gamma}{\nu_t} \tilde{P} - \beta \rho \omega^2 + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[ (\mu + \sigma_\omega \mu_t) \frac{\partial \omega}{\partial x_j} \right] + (1 - F_1) \frac{\rho \sigma_\omega \omega^2}{\omega} \frac{\partial k}{\partial x_j} \frac{\partial \omega}{\partial x_j};$ |
| 2) Модель турбулентности Ментера              | Б) | $v_T = C_v \frac{k^2}{\varepsilon}$  |
| 3) Модель турбулентности Колмогорова-Прандтля | В) | $\tau_T = \rho v_T \frac{\partial V}{\partial y}$  |
| 4) Модель турбулентности "k - ε"              | Г) | $V_x \frac{\partial k}{\partial x} + V_y \frac{\partial k}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{v_T}{\sigma_k} \frac{\partial k}{\partial y} \right) + v_T \left( \frac{\partial V_x}{\partial y} \right)^2 - \varepsilon$<br>$V_x \frac{\partial \varepsilon}{\partial x} + V_y \frac{\partial \varepsilon}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{v_T}{\sigma_\varepsilon} \frac{\partial \varepsilon}{\partial y} \right) + C_1 \frac{\varepsilon}{k} v_T \left( \frac{\partial V_x}{\partial y} \right)^2 - C_2 \frac{\varepsilon^2}{k}$   |

Правильный ответ:

- |   |   |   |   |
|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| В | А | Б | Г |

Компетенции (индикаторы): ОПК-1; ОПК-2.

3. Каждому элементу левого столбца соответствует только один элемент правого столбца.

- |   |    |   |
|---|----|---|
| 1) Модифицированная турбулентная вязкость | А) | $P = \sqrt{\frac{3}{2}} \cdot \bar{u} \cdot l \cdot l$        |
| 2) Турбулентная кинетическая энергия      | Б) | $\varepsilon = \rho C_\mu \cdot \frac{k^2}{\mu \cdot \beta'}$ |

- 3) Скорость диссипации турбулентности В)  
 4) Удельная скорость диссипации Г)

$$k = \frac{3}{2} \cdot (\bar{u} \cdot l)^2$$

$$\omega = \frac{\varepsilon}{k}$$

Правильный ответ:

1	2	3	4
А	В	Б	Г

Компетенции (индикаторы): ОПК-1; ОПК-2.

4. Каждому элементу левого столбца соответствует только один элемент правого столбца.

Физическая величина	Единица измерения
1) Метод DNS	А) Комбинация RANS и LES
2) Метод LES	Б) RANS с «отфильтрованными» мелкими вихрями
3) Метод RANS	В) Численное решение уравнений уравнений Навье-Стокса осредненных по Рейнольдсу
4) Метод DES	Г) Непосредственное численное решение уравнений Навье-Стокса

Правильный ответ:

1	2	3	4
Г	Б	В	А

Компетенции (индикаторы): ОПК-1; ОПК-2.

### **Задания закрытого типа на установление правильной последовательности**

*Установите правильную последовательность.*

*Запишите правильную последовательность позиций в буквенном обозначении слева направо.*

1. Расположите операции для моделирования течения жидкости в правильной последовательности:

- А) построение расчётной сетки
- Б) создание 3D модели проточной части
- В) выбор модели течения
- Г) указание начальных и граничных условий

Правильный ответ: Б, Г, А, В

Компетенции (индикаторы): ОПК-1; ОПК-2.

2. Расположите этапы дискретизации расчетной области в правильной последовательности:

- А) построение поверхностной сетки с адаптацией к геометрии
- Б) генерация объемной сетки
- В) анализ геометрии
- Г) приближение топологических криволинейных ребер отрезками

Правильный ответ: В, Г, А, Б

Компетенции (индикаторы): ОПК-1; ОПК-2.

3. Расположите этапы построения смещенной сетки в правильной последовательности:

А) диагностика смещенной сетки

Б) согласование границ со смещением и без

В) определение величины смещения в узлах сетки

Г) определение направления сдвига в узлах сетки

Правильный ответ: Г, В, Б, А

Компетенции (индикаторы): ОПК-1; ОПК-2.

4. Расположите этапы формирования и обработки сетки в тонких областях в правильной последовательности:

А) формирование пар близких поверхностей  $R_i \cup R_j$  из связанных треугольников

Б) коррекция тонких областей

В) формирование пар близких треугольников смещенной сетки  $B'$

Г) «отображение» сетки  $R_i$  на сетку  $R_j$

Правильный ответ: В, А, Г, Б

Компетенции (индикаторы): ОПК-1; ОПК-2.

### Задания открытого типа

#### Задания открытого типа на дополнение

*Напишите пропущенное слово (словосочетание).*

1. Турбулентные \_\_\_\_\_ порождаются пульсационными компонентами средней скорости жидкой частицы

Правильный ответ: напряжения.

Компетенции (индикаторы): ОПК-1; ОПК-2.

2. Гипотезы \_\_\_\_\_ связывают касательные напряжения в турбулентном потоке с его кинематическими параметрами.

Правильный ответ: турбулентности.

Компетенции (индикаторы): ОПК-1; ОПК-2.

3. Гипотезы турбулентности подразделяют на \_\_\_\_\_ и дифференциальные.

Правильный ответ: алгебраические.

Компетенции (индикаторы): ОПК-1; ОПК-2.

4. Гипотеза Буссинеска относится к \_\_\_\_\_ гипотезам турбулентности.

Правильный ответ: алгебраическим.

Компетенции (индикаторы): ОПК-1; ОПК-2.

5. " $k - \varepsilon$ " модель является \_\_\_\_\_ моделью турбулентности  
Правильный ответ: дифференциальной.

Компетенции (индикаторы): ОПК-1; ОПК-2.

### **Задания открытого типа с кратким свободным ответом**

*Напишите пропущенное слово (словосочетание).*

1. Идеальная жидкость — это гипотетическая жидкость (сжимаемая или несжимаемая), в которой отсутствует \_\_\_\_\_.

Правильный ответ: вязкость

Компетенции (индикаторы): ОПК-1; ОПК-2.

2. Вязкая жидкость – это среда, в которой тензор напряжений является суммой сферического тензора и тензора касательных (вязких) \_\_\_\_\_.

Правильный ответ: напряжений

Компетенции (индикаторы): ОПК-1; ОПК-2.

3. Динамическая вязкость определяет величину \_\_\_\_\_ течению жидкости при перемещении её слоя площадью  $1 \text{ м}^2$  на расстояние в  $1 \text{ м}$  со скоростью  $1 \text{ м/с}$   
Правильный ответ: сопротивления.

Компетенции (индикаторы): ОПК-1; ОПК-2.

4. Кинематическая турбулентная вязкость это соотношение коэффициента её турбулентной динамической вязкости жидкости к \_\_\_\_\_.

Правильный ответ: плотности

Компетенции (индикаторы): ОПК-1; ОПК-2.

5. Составляющие \_\_\_\_\_ напряжения в турбулентном потоке представлены девятью попарными осредненными произведениями пульсационных составляющих скорости жидкой частицы на её плотность.

Правильный ответ: тензора

Компетенции (индикаторы): ОПК-1; ОПК-2.

### **Задания открытого типа с развернутым ответом**

1. Опишите последовательность численного решения задачи обтекания крылового профиля плоским равномерным турбулентным потоком вязкой несжимаемой жидкости в одном из пакетов CFD.

Время выполнения – 45 мин.

Ожидаемый результат:

1. Постановка гидродинамической задачи.

1.1. Обоснование и выбор уравнения движения среды, обтекающей крыловой профиль.

1.2. Обоснование и выбор уравнения неразрывности течения обтекающей среды.

- 1.3. Обоснование и выбор модели турбулентности.
2. Обоснование и выбор программного комплекса CFD.
  - 2.1. Построение расчетной области.
    - 2.1.1. Построение контура обтекаемого крылового профиля.
    - 2.1.2. Обоснование и выбор положения левой границы расчетной области.
    - 2.1.3. Обоснование и выбор положения правой границы расчетной области.
    - 2.1.4. Обоснование и выбор положения верхней и нижней границ расчетной области.
  3. Постановка граничных условий.
    - 3.1. Граничные условия на контуре обтекаемого крылового профиля.
    - 3.2. Граничные условия на левой границе расчетной области.
    - 3.3. Граничные условия на правой границе расчетной области.
    - 3.4. Граничные условия на верхней и нижней границах расчетной области.
  4. Настройка параметров солвера.
  5. Настройка мониторов для отслеживания определяющих данное течение величин и контроля процесса сходимости решения.
  6. Запуск солвера на решение созданной математической модели.
  7. Загрузка полученных данных в постпроцессор для представления гидродинамической картины течения и анализа результатов моделирования.

Критерии оценивания: полное содержательное соответствие.

Компетенции (индикаторы): ОПК-1; ОПК-2.

2. Опишите последовательность численного решения задачи течения турбулентного потока вязкой несжимаемой жидкости в диффузоре (в одном из пакетов CFD)

Время выполнения – 45 мин.

Ожидаемый результат:

1. Подготовить в одном из графических редакторов 3D модель расчетной области соответствующего течения;
2. Выбрать соответствующую математическую модель течения;
3. Выбрать обоснованную модель турбулентности;
4. создать расчетную сетку и выполнить пространственную дискретизация расчетной области;
5. Записать начальные и граничные условия, соответствующие входному, выходному сечений и боковой поверхности диффузора;
6. настроить параметры решателя;
7. настроить мониторы для отслеживания определяющих данное течение величин и контроля процесса сходимости решения;
8. выполнить решение получившейся математической модели
9. загрузить полученные данные в постпроцессор для анализа результатов моделирования (сравнить с результатами физического эксперимента).

Критерии оценивания: полное содержательное соответствие.

Компетенции (индикаторы): ОПК-1; ОПК-2.

## Экспертное заключение

Представленный фонд оценочных средств (далее - ФОС) по дисциплине «Моделирование турбулентности» соответствует требованиям ГОС ВО.

Предлагаемые формы и средства текущего и промежуточного контроля адекватны целям и задачам реализации основной образовательной программы по направлению подготовки 01.04.03 Механика и математическое моделирование.

Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающегося представлены в полном объеме.

Виды оценочных средств, включенные в представленный фонд, отвечают основным принципам формирования ФОС.

Разработанный и представленный для экспертизы фонд оценочных средств рекомендуется к использованию в процессе подготовки магистров, по указанному направлению.

Председатель учебно-методической  
комиссии института транспорта и логистики



Е.И. Иванова

### Лист изменений и дополнений

№ п/п	Виды дополнений и изменений	Дата и номер протокола заседания кафедры (кафедр), на котором были рассмотрены и одобрены изменения и дополнения	Подпись (с расшифровкой) заведующего кафедрой (заведующих кафедрами)