

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра технической теплофизики

“УТВЕРЖДАЮ”

ДЕКАН ФЛА

д.т.н. Саленко С. Д.

“ ” \_\_\_\_\_ г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Основы теории пограничного слоя**

Образовательная программа: 24.05.07 Самолето- и вертолетостроение, специализация: Системы жизнеобеспечения и оборудование летательных аппаратов

Курс: 4, семестры : 7 8

Факультет летательных аппаратов,

|    |                                                                                                      | Семестр |    |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|----|
| №  | Вид деятельности                                                                                     | 7       | 8  |
| 1  | Всего зачетных единиц (кредитов)                                                                     | 5       | 2  |
| 2  | Всего часов                                                                                          | 180     | 72 |
| 3  | Всего занятий в контактной форме, час.                                                               | 84      | 41 |
| 4  | Лекции, час.                                                                                         | 36      | 0  |
| 5  | Практические занятия, час.                                                                           | 0       | 0  |
| 6  | Лабораторные занятия, час.                                                                           | 36      | 36 |
| 7  | из них в активной и интерактивной форме, час.                                                        | 12      | 24 |
| 8  | Аттестация, час.                                                                                     | 2       | 2  |
| 9  | Консультации, час.                                                                                   | 10      | 3  |
| 10 | Самостоятельная работа, час.                                                                         | 96      | 31 |
| 11 | Виды самостоятельной работы (курсовой проект, курсовая работа, РГЗ, подготовка к контрольной работе) | КР      |    |
| 12 | Вид аттестации                                                                                       | ДЗ      | Э  |

Рабочая программа составлена на основании федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению (специальности): 24.05.07 Самолето- и вертолетостроение

ФГОС введен в действие приказом №1165 от 12.09.2016 г. , дата утверждения: 23.09.2016 г.

Место дисциплины в структуре учебного плана: Блок 1, вариативная, по выбору студента

Рабочая программа разработана на основе компетентностной модели выпускника по направлению (специальности): 24.05.07 Самолето- и вертолетостроение

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

ТТФ, протокол заседания кафедры № 17 - 4 от 20.06.2017

Утверждена на совете факультета летательных аппаратов, протокол № 5 от 21.06.2017

Программу разработал:

доцент, к.ф-м.н. Макаров М. С.

Заведующий кафедрой:

профессор, д.т.н. Чичиндаев А. В.

Ответственный за образовательную программу:

заведующий кафедрой Чичиндаев А. В.

## 1. Внешние требования

Таблица 1.1

|                                                                                                                                                          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Компетенция НГТУ: ПК.28.В/ЭИ готовность к подготовке и проведению экспериментов и анализу их результатов; в части следующих результатов обучения:</b> |
| з1. основные законы теории пограничного слоя                                                                                                             |
| у1. иметь навыки расчета и измерения параметров пограничного слоя                                                                                        |

## 2. Требования НГТУ к результатам освоения дисциплины

Таблица 2.1

| Результаты изучения дисциплины по уровням освоения (иметь представление, знать, уметь, владеть) | Формы организации занятий |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|

### Основы теории пограничного слоя

|                                                                                    |                                                     |
|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| <b>ПК.28.В/ЭИ.з1 основные законы теории пограничного слоя</b>                      |                                                     |
| 1.о тепломассонопереносе в пристенных течениях.                                    | Лекции; Самостоятельная работа                      |
| 2.основы теории пограничного слоя.                                                 | Лекции; Лабораторные работы; Самостоятельная работа |
| <b>ПК.28.В/ЭИ.у1 иметь навыки расчета и измерения параметров пограничного слоя</b> |                                                     |
| 3.проводить расчеты и исследования процессов переноса.                             | Лекции; Лабораторные работы; Самостоятельная работа |
| 4.методиками экспериментальных и теоретических расчетов пристенных течений.        | Лекции; Лабораторные работы; Самостоятельная работа |

## 3. Содержание и структура учебной дисциплины

Таблица 3.1

| Темы лекций                                                                                                                                                                                          | Активные формы, час. | Часы | Ссылки на результаты обучения |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|------|-------------------------------|
| <b>Семестр: 7</b>                                                                                                                                                                                    |                      |      |                               |
| <b>Дидактическая единица: основные законы движения жидкости и газа</b>                                                                                                                               |                      |      |                               |
| 1. : законы переноса импульса, теплоты и вещества, дифференциальные уравнения движения, энергии и диффузии.                                                                                          | 0                    | 4    | 1                             |
| <b>Дидактическая единица: ламинарное и турбулентное течения</b>                                                                                                                                      |                      |      |                               |
| 2. Ламинарный пограничный слой                                                                                                                                                                       | 0                    | 6    | 1, 2                          |
| 3. Турбулентный пограничный слой                                                                                                                                                                     | 0                    | 6    | 1, 2                          |
| <b>Дидактическая единица: теория пограничного слоя</b>                                                                                                                                               |                      |      |                               |
| 4. Понятие о пограничном слое, дифференциальные уравнения пограничного слоя (уравнения Прандтля), интегральные соотношения пограничного слоя, асимптотическая теория турбулентного пограничного слоя | 0                    | 8    | 2, 3, 4                       |
| 5. Газовые завесы                                                                                                                                                                                    | 0                    | 4    | 2, 3, 4                       |
| 6. Турбулентный пограничный слой с химическими реакциями                                                                                                                                             | 0                    | 4    | 2, 3, 4                       |
| <b>Дидактическая единица: экспериментальные методы исследования</b>                                                                                                                                  |                      |      |                               |
| 2. Некоторые дифференциальные модели турбулентности                                                                                                                                                  | 0                    | 4    | 4                             |

Таблица 3.2

| Темы лабораторных работ                                                                                                                                                                              | Активные формы, час. | Часы | Ссылки на результаты обучения | Учебная деятельность                                                                                                                                                                                                                              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|------|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Семестр: 7</b>                                                                                                                                                                                    |                      |      |                               |                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Дидактическая единица: ламинарное и турбулентное течения</b>                                                                                                                                      |                      |      |                               |                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 1. Ламинарный пограничный слой                                                                                                                                                                       | 6                    | 18   | 2                             | Ознакомление с заданием к лабораторной работе, методическими рекомендациями по теме. Выполнение лабораторной работы, анализ полученных результатов, оформление отчета. Защита лабораторной работы путем индивидуального общения с преподавателем. |
| 2. Турбулентный пограничный слой                                                                                                                                                                     | 6                    | 18   | 2                             | Ознакомление с заданием к лабораторной работе, методическими рекомендациями по теме. Выполнение лабораторной работы, анализ полученных результатов, оформление отчета. Защита лабораторной работы путем индивидуального общения с преподавателем. |
| <b>Семестр: 8</b>                                                                                                                                                                                    |                      |      |                               |                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Дидактическая единица: теория пограничного слоя</b>                                                                                                                                               |                      |      |                               |                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 3. Понятие о пограничном слое, дифференциальные уравнения пограничного слоя (уравнения Прандтля), интегральные соотношения пограничного слоя, асимптотическая теория турбулентного пограничного слоя | 12                   | 18   | 3, 4                          | Ознакомление с заданием к лабораторной работе, методическими рекомендациями по теме. Выполнение лабораторной работы, анализ полученных результатов, оформление отчета. Защита лабораторной работы путем индивидуального общения с преподавателем. |
| 4. Газовые завесы                                                                                                                                                                                    | 6                    | 9    | 3, 4                          | Ознакомление с заданием к лабораторной работе, методическими рекомендациями по теме. Выполнение лабораторной работы, анализ полученных результатов, оформление отчета. Защита лабораторной работы путем индивидуального общения с преподавателем. |

|                                                          |   |   |      |                                                                                                                                                                                                                                                   |
|----------------------------------------------------------|---|---|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5. Турбулентный пограничный слой с химическими реакциями | 6 | 9 | 3, 4 | Ознакомление с заданием к лабораторной работе, методическими рекомендациями по теме. Выполнение лабораторной работы, анализ полученных результатов, оформление отчета. Защита лабораторной работы путем индивидуального общения с преподавателем. |
|----------------------------------------------------------|---|---|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

#### 4. Самостоятельная работа обучающегося

| №                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Виды самостоятельной работы         | Ссылки на результаты обучения | Часы на выполнение | Часы на консультации |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|--------------------|----------------------|
| <b>Семестр: 7</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                     |                               |                    |                      |
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Курсовая работа                     | 1, 2, 3, 4                    | 40                 | 6                    |
| : Компьютерное моделирование процессов теплообмена : методические указания к лабораторным и расчетно-графическим работам для 3-4 курсов специальностей 223200.62, 160100.65 ФЛА по дисциплинам "Математическая физика" и "Компьютерное моделирование физических процессов" / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: И. В. Хромова, Н. Н. Евтушенко]. - Новосибирск, 2013. - 22, [2] с. : ил.. - Режим доступа: <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000190497">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000190497</a> |                                     |                               |                    |                      |
| 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Подготовка к занятиям               | 1, 2                          | 20                 | 0                    |
| : Компьютерное моделирование процессов теплообмена : методические указания к лабораторным и расчетно-графическим работам для 3-4 курсов специальностей 223200.62, 160100.65 ФЛА по дисциплинам "Математическая физика" и "Компьютерное моделирование физических процессов" / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: И. В. Хромова, Н. Н. Евтушенко]. - Новосибирск, 2013. - 22, [2] с. : ил.. - Режим доступа: <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000190497">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000190497</a> |                                     |                               |                    |                      |
| 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Дополнительная учебная деятельность | 2                             | 28                 | 2                    |
| : Компьютерное моделирование процессов теплообмена : методические указания к лабораторным и расчетно-графическим работам для 3-4 курсов специальностей 223200.62, 160100.65 ФЛА по дисциплинам "Математическая физика" и "Компьютерное моделирование физических процессов" / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: И. В. Хромова, Н. Н. Евтушенко]. - Новосибирск, 2013. - 22, [2] с. : ил.. - Режим доступа: <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000190497">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000190497</a> |                                     |                               |                    |                      |
| 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Подготовка к аттестации             | 1, 2, 3, 4                    | 8                  | 2                    |
| : Компьютерное моделирование процессов теплообмена : методические указания к лабораторным и расчетно-графическим работам для 3-4 курсов специальностей 223200.62, 160100.65 ФЛА по дисциплинам "Математическая физика" и "Компьютерное моделирование физических процессов" / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: И. В. Хромова, Н. Н. Евтушенко]. - Новосибирск, 2013. - 22, [2] с. : ил.. - Режим доступа: <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000190497">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000190497</a> |                                     |                               |                    |                      |
| <b>Семестр: 8</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                     |                               |                    |                      |
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Подготовка к занятиям               | 1, 2, 4                       | 9                  | 0                    |
| : Компьютерное моделирование процессов теплообмена : методические указания к лабораторным и расчетно-графическим работам для 3-4 курсов специальностей 223200.62, 160100.65 ФЛА по дисциплинам "Математическая физика" и "Компьютерное моделирование физических процессов" / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: И. В. Хромова, Н. Н. Евтушенко]. - Новосибирск, 2013. - 22, [2] с. : ил.. - Режим доступа: <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000190497">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000190497</a> |                                     |                               |                    |                      |
| 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Дополнительная учебная деятельность | 1, 2                          | 14                 | 1                    |
| : Компьютерное моделирование процессов теплообмена : методические указания к лабораторным и расчетно-графическим работам для 3-4 курсов специальностей 223200.62, 160100.65 ФЛА по дисциплинам "Математическая физика" и "Компьютерное моделирование физических процессов" / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: И. В. Хромова, Н. Н. Евтушенко]. - Новосибирск, 2013. - 22, [2] с. : ил.. - Режим доступа: <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000190497">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000190497</a> |                                     |                               |                    |                      |
| 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Подготовка к аттестации             | 1, 2, 4                       | 8                  | 2                    |

: Компьютерное моделирование процессов теплообмена : методические указания к лабораторным и расчетно-графическим работам для 3-4 курсов специальностей 223200.62, 160100.65 ФЛА по дисциплинам "Математическая физика" и "Компьютерное моделирование физических процессов" / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: И. В. Хромова, Н. Н. Евтушенко]. - Новосибирск, 2013. - 22, [2] с. : ил.. - Режим доступа: [http://elibrary.nstu.ru/source?bib\\_id=vtls000190497](http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000190497)

## 5. Технология обучения

Для организации и контроля самостоятельной работы обучающихся, а также проведения консультаций применяются информационно-коммуникационные технологии (табл. 5.1).

Таблица 5.1

| Деятельность                  | Информационно-коммуникационные технологии                                  |
|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| Информирование                | e-mail; Личный типовой сайт; Портал НГТУ; Среда электронного обучения НГТУ |
| Консультирование              | e-mail; Личный типовой сайт; Среда электронного обучения НГТУ              |
| Контроль                      | e-mail; Личный типовой сайт; Среда электронного обучения НГТУ              |
| Размещение учебных материалов | Портал НГТУ; Среда электронного обучения НГТУ; ЭБС                         |

Таблица 5.2

### Активные и интерактивные формы проведения занятий

| №                                                                                                                                          | Наименование активных форм | Коды формируемых компетенций |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|------------------------------|
| 1                                                                                                                                          | Проблемный метод           | ПК.28.В/ЭИ                   |
| <b>Формируемые умения:</b> з1. основные законы теории пограничного слоя; у1. иметь навыки расчета и измерения параметров пограничного слоя |                            |                              |
| <b>Краткое описание применения:</b> Проблемы моделирования и исследования пограничного слоя.                                               |                            |                              |

## 6. Правила аттестации обучающихся по учебной дисциплине

Для аттестации обучающихся по дисциплине используется балльно-рейтинговая система (БРС), позволяющая выставять оценки по традиционной шкале и 15-уровневой ECTS. Краткая информация о БРС приведена в табл. 6.1.

Таблица 6.1

| Оцениваемые виды деятельности обучающихся | Мин. балл | Максимальный балл |
|-------------------------------------------|-----------|-------------------|
| <b>Семестр: 7</b>                         |           |                   |
| Лабораторная:                             | 40        | 80                |
| Курсовая работа: Итого                    | 0         |                   |
| Зачет:                                    | 10        | 20                |
| <b>Семестр: 8</b>                         |           |                   |
| Лабораторная:                             | 30        | 60                |
| Экзамен:                                  | 20        | 40                |

В таблице 6.2 представлено соответствие форм контроля заявляемым требованиям к результатам освоения дисциплины.

Таблица 6.2

| Коды компетенций ФГОС | Результаты обучения                                                          | Формы контроля |              |       |         |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------|----------------|--------------|-------|---------|
|                       |                                                                              | Защита Л/Р     | Защита КП/КР | Зачет | Экзамен |
|                       | ПК.28.В/ЭИ з1. основные законы теории пограничного слоя                      | +              | +            | +     | +       |
|                       | ПК.28.В/ЭИ у1. иметь навыки расчета и измерения параметров пограничного слоя |                |              | +     |         |

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в приложении № 1 к рабочей программе.

## 7. Литература

### Основная литература

1. Чичиндаев А. В. Компьютерное моделирование физических процессов [Электронный ресурс] : учебно-методический комплекс / А. В. Чичиндаев, Н. Н. Евтушенко, И. В. Хромова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2014. - 1 электрон. опт. диск (DVD-ROM). - Режим доступа: [http://elibrary.nstu.ru/source?bib\\_id=vtls000208648](http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000208648). - Рег. свидетельство № 0321401427.

### Дополнительная литература

1. Волчков Э. П. Тепломассообмен в пристенных течениях : учебник / Э. П. Волчков, В. П. Лебедев. - Новосибирск, 2003. - 242 с. : ил.
2. Бекнев В. С. Газовая динамика. Механика жидкости и газа : учебник для вузов по спец. : "Турбостроение", "Инженерная теплофизика", "Тепловые двигатели". . . / В. С. Бекнев, В. М. Епифанов, А. И. Леонтьев и др. ; под общ. ред. А. И. Леонтьева. - М., 1997. - 671 с.
3. Волчков Э. П. Пристенные газовые завесы : [монография] / Э. П. Волчков ; отв. ред. В. П. Лебедев ; Акад. наук СССР, Ин-т теплофизики. - Новосибирск, 1983. - 238, [2] с. : ил., схемы
4. Лойцянский Л. Г. Курс теоретической механики. [В 2 т.]. Т. 1 : учебное пособие для вузов / Л. Г. Лойцянский, А. И. Лурье. - М., 1982. - 352 с. : схемы, черт.

### Интернет-ресурсы

1. ЭБС НГТУ : <http://elibrary.nstu.ru/>
2. ЭБС «Издательство Лань» : <https://e.lanbook.com/>
3. ЭБС IPRbooks : <http://www.iprbookshop.ru/>
4. ЭБС "Znaniy.com" : <http://znaniy.com/>
5. :

## 8. Методическое и программное обеспечение

### 8.1 Методическое обеспечение

1. Компьютерное моделирование процессов теплообмена : методические указания к лабораторным и расчетно-графическим работам для 3-4 курсов специальностей 223200.62, 160100.65 ФЛА по дисциплинам "Математическая физика" и "Компьютерное моделирование физических процессов" / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: И. В. Хромова, Н. Н. Евтушенко]. - Новосибирск, 2013. - 22, [2] с. : ил. - Режим доступа: [http://elibrary.nstu.ru/source?bib\\_id=vtls000190497](http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000190497)

## 8.2 Специализированное программное обеспечение

1 Office

2 Intel Visual Fortran Compiler

## 9. Материально-техническое обеспечение

Презентационное оборудование

| № | Наименование                                                                         | Назначение                    |
|---|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| 1 | Презентационное оборудование (мультимедиа-проектор, экран, компьютер для управления) | Проведение лекционных занятий |

Компьютерный класс

| № | Наименование                                                                      | Назначение                      |
|---|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| 1 | Компьютерный класс (Компьютеры объединены в локальную сеть с выходом в Internet ) | Проведение лабораторных занятий |

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра технической теплофизики

“УТВЕРЖДАЮ”  
ДЕКАН ФЛА  
д.т.н., профессор С.Д. Саленко  
“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ \_\_\_\_ г.

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

### УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

#### **Основы теории пограничного слоя**

Образовательная программа: 24.05.07 Самолето- и вертолетостроение, специализация:  
Системы жизнеобеспечения и оборудование летательных аппаратов

## 1. Обобщенная структура фонда оценочных средств учебной дисциплины

Обобщенная структура фонда оценочных средств по дисциплине Основы теории пограничного слоя приведена в Таблице.

Таблица

| Формируемые компетенции                                                                   | Показатели сформированности компетенций (знания, умения, навыки)  | Темы                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Этапы оценки компетенций                                      |                                           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
|                                                                                           |                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Мероприятия текущего контроля (курсовой проект, РГЗ(Р) и др.) | Промежуточная аттестация (экзамен, зачет) |
| ПК.28.В/ЭИ<br>готовность к подготовке и проведению экспериментов и анализу их результатов | з1. основные законы теории пограничного слоя                      | законы переноса импульса, теплоты и вещества, дифференциальные уравнения движения, энергии и диффузии. Газовые завесы Ламинарный пограничный слой Понятие о пограничном слое, дифференциальные уравнения пограничного слоя (уравнения Прандтля), интегральные соотношения пограничного слоя, асимптотическая теория турбулентного пограничного слоя Турбулентный пограничный слой Турбулентный пограничный слой с химическими реакциями | Курсовая работа                                               | Экзамен, вопросы 1–16                     |
| ПК.28.В/ЭИ                                                                                | у1. иметь навыки расчета и измерения параметров пограничного слоя | Газовые завесы Некоторые дифференциальные модели турбулентности Понятие о пограничном слое, дифференциальные уравнения пограничного слоя (уравнения Прандтля), интегральные соотношения пограничного слоя, асимптотическая теория турбулентного пограничного слоя Турбулентный пограничный слой с химическими реакциями                                                                                                                 |                                                               | Зачет, вопросы 1–22                       |

## 2. Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках дисциплины.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в 7 семестре - в форме дифференцированного зачета, в 8 семестре - в форме экзамена, который направлен на оценку сформированности компетенций ПК.28.В/ЭИ.

Зачет проводится в устной форме, по билетам которые состояются из вопросов, приведенных в паспорте зачета, позволяющих оценить показатели сформированности соответствующих компетенций

Кроме того, сформированность компетенции проверяется при проведении мероприятий текущего контроля, указанных в таблице раздела 1.

В 7 семестре обязательным этапом текущей аттестации является курсовая работа. Требования к выполнению курсовой работы, состав и правила оценки сформулированы в паспорте курсовой работы.

Общие правила выставления оценки по дисциплине определяются балльно-рейтинговой системой, приведенной в рабочей программе учебной дисциплины.

На основании приведенных далее критериев можно сделать общий вывод о сформированности компетенции ПК.28.В/ЭИ, за которые отвечает дисциплина, на разных уровнях.

### **Общая характеристика уровней освоения компетенций.**

**Ниже порогового.** Уровень выполнения работ не отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, пробелы могут носить существенный характер, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы не достаточно, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнены или выполнены с существенными ошибками.

**Пороговый.** Уровень выполнения работ отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.

**Базовый.** Уровень выполнения работ отвечает всем основным требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки.

**Продвинутый.** Уровень выполнения работ отвечает всем требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Новосибирский государственный технический университет»  
Кафедра технической теплофизики

## Паспорт зачета

по дисциплине «Основы теории пограничного слоя», 7 семестр

### 1. Методика оценки

Зачет проводится в устной форме, по билетам. Билет формируется по следующему правилу: первый вопрос выбирается из диапазона вопросов 1-15, второй вопрос из диапазона вопросов 16-32 (список вопросов приведен ниже). В ходе экзамена преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4).

### Форма билета для зачета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Факультет ФЛА

Билет № \_\_\_\_\_

к зачету по дисциплине «Основы теории пограничного слоя»

---

1. Вопрос 1
2. Вопрос 2.

Составил: к.ф.-м.н., доцент \_\_\_\_\_ Макаров М.С.

Утверждаю: зав. кафедрой ТТФ \_\_\_\_\_ Чичиндаев А.В.  
(подпись)

(дата)

### 2. Критерии оценки

Ответ на билет для зачета считается неудовлетворительным, если студент не ответил на теоретические вопросы, оценка составляет от 0 до 4 баллов.

Ответ засчитывается на **пороговом** уровне, если студент ответил на два теоретических вопроса, но имеются ошибки. Оценка составляет от 5 до 8 баллов.

Ответ засчитывается на **базовом** уровне, если студент ответил на три теоретических вопроса, но имеются ошибки, оценка составляет от 9 до 14 баллов.

Ответ засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент ответил на все вопросы, отсутствуют ошибки, оценка составляет от 15 до 20 баллов.

### 3. Шкала оценки

Зачет считается сданным, если сумма баллов по всем заданиям билета оставляет не менее 5 баллов (из 20 возможных).

В общей оценке по дисциплине баллы за зачет учитываются в соответствии с правилами

балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

**4. Вопросы к зачету по дисциплине «Основы теории пограничного слоя»**

1. Законы переноса Ньютона, Фурье и Фика. Коэффициенты переноса  $\mu$ ,  $\lambda$ ,  $D$ .
2. Критерии процессов теплообмена и трения (числа  $Re$ ,  $Pr$ ,  $Sc_i$ ,  $Le_i$ ).
3. Дифференциальные уравнения движения (Навье-Стокса), энергии и диффузии.
4. Вывод числа Рейнольдса.
5. Гипотеза Прандтля о пограничном слое – 2 области (пограничный слой и область потенциального течения).
6. Основные допущения теории пограничного слоя ( $\delta \ll L$ ;  $U_{ст}=0$ ; сплошная среда  $K_n = \lambda/L \ll 0,001$ ).
7. Определение динамического, теплового и диффузионного пограничных слоев. Определение толщины пограничного слоя.
8. Схема получения уравнений Прандтля для пограничного слоя из уравнений Навье-Стокса.
9. Автомодельные координаты для профилей скорости и температуры. Автомодельность.
10. Решение Блазиуса.
11. Тройная аналогия (Рейнольдса). Критерий Стантона, Нуссельта, коэффициент трения.
12. Интегральное соотношение импульсов (уравнение Кармана). Способ получения. Условия замыкания.
13. Понятие толщины потери импульса, толщины вытеснения, потери энергии и массы. Их физическое толкование.
14. Интегральное соотношение энергии (балансовый метод).
15. Трение при ламинарном течении на плоской стенке в “стандартных условиях”. Метод Кармана-Польгаузена.
16. Расчёт теплообмена при  $Pr \ll 1$  (жидкие металлы).
17. Гипотеза о консервативности законов трения и теплообмена к изменениям граничных условий.
18. Тепловой ламинарный пограничный слой при  $U_0 = cX^m$  и  $\Delta T = aX^\gamma$ . Обтекание клиновидных тел.
19. Ламинарный пограничный слой на проницаемой поверхности. Пограничный слой с отсосом. Асимптотический отсос.
20. Пограничный слой со вдувом. Влияние вдува на профили скоростей и температур. Критический вдув и параметр, характеризующий его.
21. Плёночная теория пограничного слоя на проницаемой поверхности.
22. Аппроксимации точных решений (Гросс, Хартнетт; Леонтьев).
23. Турбулентность. Переход ламинарного течения в турбулентное.
24. Экспериментальные методы определения перехода ламинарного течения в турбулентное в пограничном слое. Критическое число Рейнольдса.
25. Осредненное и пульсационное движение. Правила осреднения пульсирующих величин.
26. Дополнительная вязкость и теплопроводность при турбулентном движении. Турбулентные числа Прандтля и Шмидта.
27. Полуэмпирические гипотезы для расчёта турбулентных течений. Гипотеза Буссинеска.
28. Теория пути смещения Прандтля.

29. Структура турбулентного пограничного слоя: ламинарный подслой, турбулентное ядро, переходная область.
30. Профили скорости в ламинарном подслое и турбулентном ядре.
31. Логарифмический закон распределения скоростей и логарифмический закон трения.
32. Степенные профили скоростей, степенные законы трения и тепломассообмена.

## Паспорт курсовой работы

по дисциплине «Основы теории пограничного слоя», 7 семестр

### 1. Методика оценки.

В рамках курсовой работы по дисциплине студенты должны рассчитать параметры потока при обтекании плоской пластины при наличии теплового потока на поверхности пластины.

При выполнении работы студенты должны разработать конечно-разностную модель, написать программу моделирования и провести оценку адекватности результатов. Оцениваемые позиции:

1. Правильность оформления работы, согласно ЕСКД.
2. Правильность применения и использования подходов при решении задач теплообмена на горизонтальной пластине.
3. Наглядность оформления и выполнения графических данных.
4. Степень проработанности материалов и описание применяемых подходов и методов.

### 2. Шкала оценки.

В общей оценке по дисциплине баллы за работы учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

Работа считается **не выполненной**, если студентом выполнены не все пункты, указанные в задании к курсовой работе, расчеты выполнены при наличии принципиальных ошибок, графические данные не соответствуют расчетным данным, оценка составляет 48 и менее баллов.

Работа считается выполненной на пороговом уровне, если верно решены от трех до четырех задач, оформление работы не соответствует стандартам, оценка составляет от 49 до 55 баллов.

Работа считается выполненной на базовом уровне, если решены от шести до семи задач, оформление работы не соответствует стандартам, оценка составляет от 56 до 70 баллов.

Работа считается выполненной на продвинутом уровне, если решены все задачи, оформление работы соответствует стандартам, оценка составляет от 71 до 100 баллов.

### 3. Примерный перечень тем курсовой работы.

Моделирование течения газа над плоской горизонтальной пластиной. Исходные данные, согласно номеру варианта, назначаются преподавателем индивидуально.

### 4. Перечень вопросов к защите курсовой работы.

1. Законы переноса Ньютона, Фурье и Фика. Коэффициенты переноса  $\mu$ ,  $\lambda$ ,  $D$ .
2. Критерии процессов теплообмена и трения (числа  $Re$ ,  $Pr$ ,  $Sc_i$ ,  $Le_i$ ).
3. Дифференциальные уравнения движения (Навье-Стокса), энергии и диффузии.
4. Основные допущения теории пограничного слоя ( $\delta \ll L$ ;  $U_{cr}=0$ ; сплошная среда  $K_n = \lambda/L < 0,001$ ).
5. Определение динамического, теплового и диффузионного пограничных слоев. Определение толщины пограничного слоя.

6. Схема получения уравнений Прандтля для пограничного слоя из уравнений Навье-Стокса.
7. Автомоделные координаты для профилей скорости и температуры. Автомоделность.
8. Решение Блазиуса.
9. Понятие толщины потери импульса, толщины вытеснения, потери энергии и массы. Их физическое толкование.
10. Трение при ламинарном течении на плоской стенке в “стандартных условиях”. Метод Кармана-Польгаузена.
11. Тепловой ламинарный пограничный слой при  $U_0=cX^m$  и  $\Delta T=aX^\gamma$ . Обтекание клиновидных тел.
12. Ламинарный пограничный слой на проницаемой поверхности. Пограничный слой с отсосом. Асимптотический отсос.
13. Пограничный слой со вдувом. Влияние вдува на профили скоростей и температур. Критический вдув и параметр, характеризующий его.
14. Плёночная теория пограничного слоя на проницаемой поверхности.
15. Турбулентность. Переход ламинарного течения в турбулентное.
16. Теория пути смещения Прандтля.
17. Структура турбулентного пограничного слоя: ламинарный подслой, турбулентное ядро, переходная область.
18. Профили скорости в ламинарном подслое и турбулентном ядре.
19. Логарифмический закон распределения скоростей и логарифмический закон трения.
20. Степенные профили скоростей, степенные законы трения и теплообмена.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Новосибирский государственный технический университет»  
Кафедра технической теплофизики

## Паспорт экзамена

по дисциплине «Основы теории пограничного слоя», 8 семестр

### 1. Методика оценки

Экзамен проводится в письменной форме, по билетам. Билет формируется по следующему правилу: первый вопрос выбирается из диапазона вопросов 1-6, второй вопрос из диапазона вопросов 7-13 (список вопросов приведен ниже). В ходе экзамена преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4).

### Форма экзаменационного билета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Факультет ФЛА

Билет № \_\_\_\_\_

к экзамену по дисциплине «Основы теории пограничного слоя»

---

1. Вопрос 1
2. Вопрос 2.

Составил: к.ф.-м.н., доцент \_\_\_\_\_ Макаров М.С.

Утверждаю: зав. кафедрой ТТФ \_\_\_\_\_ Чичиндаев А.В.

(подпись)

(дата)

### 2. Критерии оценки

Ответ на билет для зачета считается **неудовлетворительным**, если студент не ответил на теоретические вопросы, оценка составляет от 0 до 9 баллов.

Ответ засчитывается на **пороговом** уровне, если студент ответил на два теоретических вопроса, но имеются ошибки. Оценка составляет от 25 до 28 баллов.

Ответ засчитывается на **базовом** уровне, если студент ответил на три теоретических вопроса, но имеются ошибки, оценка составляет от 29 до 34 баллов.

Ответ засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент ответил на все вопросы, отсутствуют ошибки, оценка составляет от 35 до 40 баллов.

### 3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине экзаменационные баллы учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе

дисциплины.

**4. Вопросы к экзамену по дисциплине «Основы теории пограничного слоя»**

1. Особенности турбулентного пограничного слоя при больших числах Рейнольдса.
2. Вывод предельных относительных законов трения и теплообмена.
3. Решение предельного относительного закона теплообмена для случая обтекания плоской непроницаемой пластины. Влияние неизотермичности на теплообмен.
4. Решение предельного относительного закона теплообмена для случая обтекания плоской непроницаемой пластины. Влияние сжимаемости на теплообмен (числа Маха).
5. Решение предельного относительного закона теплообмена для случая обтекания плоской проницаемой пластины при однородном вдуве в изотермических условиях. Аппроксимация профиля тепловых потоков.
6. Решение предельного относительного закона теплообмена для случая обтекания плоской проницаемой пластины при однородном вдуве в неизотермических условиях. Аппроксимация профиля тепловых потоков.
7. Решение предельного относительного закона теплообмена для случая обтекания плоской проницаемой пластины при инородном вдуве. Особенности решения.
8. Основные понятия и виды газовых завес. Расчёт эффективности газовой завесы на адиабатической поверхности.
9. Основные понятия и виды газовых завес. Влияние способа организации на эффективность газовой завесы в адиабатических условиях.
10. Газовые завесы на неадиабатической поверхности. Обобщение экспериментальных данных.
11. Тепломассообмен в затопленной пристенной струе.
12. Тепломассообмен на реагирующих поверхностях.
13. Турбулентный пограничный слой с фронтом горения.