

Рабочая программа составлена на основании федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению (специальности): 24.04.04 Авиационное

ФГОС введен в действие приказом №171 от 06.03.2015 г. , дата утверждения: 07.04.2015 г.

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

Рабочая программа разработана на основе компетентностной модели выпускника по направлению (специальности): 24.04.04 Авиационное

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

Компетенция ФГОС: ПК.9 готовность применять знания на практике, в том числе составлять математические модели профессиональных задач, находить способы их решения и интерпретировать профессиональный (физический) смысл полученного математического результата; в части следующих результатов обучения:	
зб. особенности моделирования и расчета тепломассообмена на проницаемых поверхностях	
уб. исследовать и анализировать процессы тепломассообмена на проницаемых поверхностях	

2. Требования НГТУ к результатам освоения дисциплины

Таблица 2.1

Результаты изучения дисциплины по уровням освоения (иметь представление, знать, уметь, владеть)	Формы организации занятий
<i>Тепломассообмен на проницаемых поверхностях</i>	
ПК.9.зб особенности моделирования и расчета тепломассообмена на проницаемых поверхностях	
1.об известных методах расчёта тепломассообмена на проницаемых поверхностях	Лекции; Самостоятельная работа
2.современную исследовательскую базу экспериментальных данных по тепломассообмену на проницаемых поверхностях	Лекции; Самостоятельная работа
ПК.9.уб исследовать и анализировать процессы тепломассообмена на проницаемых поверхностях	
3.проводить расчёт тепломассообмена на проницаемых поверхностях	Лабораторные работы; Самостоятельная работа
4.теоретических научных исследований	Лабораторные работы; Самостоятельная работа
5.экспериментальных научных исследований	Лабораторные работы; Самостоятельная работа

3. Содержание и структура учебной дисциплины

Таблица 3.1

Темы лекций	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения
Семестр: 3			
Дидактическая единица: Дифференциальные уравнения пограничного слоя			
1. Основы теории тепломассообмена на проницаемых поверхностях	0	2	1, 2
2. Дифференциальные уравнения пограничного слоя	0	2	1, 2
Дидактическая единица: Ламинарное течение жидкости			
3. Тепломассообмен при ламинарном режиме течения	0	2	1, 2
4. Интегральные соотношения пограничного слоя	0	2	1, 2
5. Ламинарный пограничный слой на проницаемой поверхности	0	2	1, 2
Дидактическая единица: Турбулентное течение жидкости			
6. Тепломассообмен при турбулентном режиме течения	0	2	1, 2
7. Полуэмпирические гипотезы для расчёта турбулентных течений	0	2	1, 2

8. Логарифмический и степенной профили скорости в пограничном слое	0	2	1, 2
9. Турбулентный пограничный слой при больших числах Рейнольдса	0	1	1, 2
10. Турбулентный пограничный слой на проницаемой поверхности	0	1	1, 2

Таблица 3.2

Темы лабораторных работ	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 3				
Дидактическая единица: Ламинарное течение жидкости				
1. Тепломассообмен при ламинарном режиме течения	8	8	3, 4, 5	Ознакомление с поставленной задачей, методической литературой. Выполнение лабораторной работы и написание отчета. Защита работы преподавателю.
2. Ламинарный пограничный слой на проницаемой поверхности	10	12	3, 4, 5	Ознакомление с поставленной задачей, методической литературой. Выполнение лабораторной работы и написание отчета. Защита работы преподавателю.
Дидактическая единица: Турбулентное течение жидкости				
3. Тепломассообмен при турбулентном режиме течения	6	8	3, 4, 5	Ознакомление с поставленной задачей, методической литературой. Выполнение лабораторной работы и написание отчета. Защита работы преподавателю.
4. Полуэмпирические гипотезы для расчёта турбулентных течений	6	8	3, 4, 5	Ознакомление с поставленной задачей, методической литературой. Выполнение лабораторной работы и написание отчета. Защита работы преподавателю.

4. Самостоятельная работа обучающегося

№	Виды самостоятельной работы	Ссылки на результаты обучения	Часы на выполнение	Часы на консультации
Семестр: 3				
1	Курсовая работа	1, 2, 3, 4, 5	30	3
: 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				
2	Подготовка к занятиям	2, 3, 4, 5	10	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: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000190497				

3	Подготовка к аттестации	1, 2, 3, 4, 5	7	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				

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

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
Семестр: 3		
<i>Лекция:</i>	10	20
<i>Лабораторная:</i>	20	40
<i>Курсовая работа:</i>	0	100
<i>Экзамен:</i>	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 ЛР	Защита КП/КР	Экзамен
ПК.9	зб. особенности моделирования и расчета тепломассообмена на проницаемых поверхностях			+
	уб. исследовать и анализировать процессы тепломассообмена на проницаемых поверхностях	+	+	

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

7. Литература

Основная литература

1. Чичиндаев А. В. Тепломассообмен влажного воздуха в компактных пластинчато-ребристых теплообменниках : [монография] / А. В. Чичиндаев. - Новосибирск, 2012. - 297 с. : ил., табл. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000178881. - Парал. тит. л. и огл. на англ. яз..

Дополнительная литература

1. Волчков Э. П. Основы теории пограничного слоя : Учеб. пособие для фак-та летательных аппаратов НГТУ (спец. 1311) / Ин-т теплофизики СО РАН ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 1994. - 223 с.
2. Волчков Э. П. Тепломассообмен в пристенных течениях : учебник / Э. П. Волчков, В. П. Лебедев. - Новосибирск, 2003. - 242 с. : ил.
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

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

8.2 Специализированное программное обеспечение

- 1 Intel Visual Fortran Compiler
- 2 Microsoft Office

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

Тепломассообмен на проницаемых поверхностях

Образовательная программа: 24.04.04 Авиастроение , магистерская программа: Системы жизнеобеспечения и оборудования летательных аппаратов

1. Обобщенная структура фонда оценочных средств учебной дисциплины

Обобщенная структура фонда оценочных средств по дисциплине **Тепломассообмен на проницаемых поверхностях** 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.9/НИ готовность применять знания на практике, в том числе составлять математические модели профессиональных задач, находить способы их решения и интерпретировать профессиональный (физический) смысл полученного математического результата	зб. особенности моделирования и расчета тепломассообмена на проницаемых поверхностях	Дифференциальные уравнения пограничного слоя Интегральные соотношения пограничного слоя Ламинарный пограничный слой на проницаемой поверхности Основы теории тепломассообмена на проницаемых поверхностях Тепломассообмен при ламинарном режиме течения Тепломассообмен при турбулентном режиме течения		Экзамен, вопросы 1–32
ПК.9/НИ	уб. исследовать и анализировать процессы тепломассообмена на проницаемых поверхностях	Ламинарный пограничный слой на проницаемой поверхности Полуэмпирические гипотезы для расчёта турбулентных течений Тепломассообмен при ламинарном режиме течения Тепломассообмен при турбулентном режиме течения	Курсовая работа	

2. Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках дисциплины.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в 3 семестре - в форме экзамена, который направлен на оценку сформированности компетенций ПК.9/НИ.

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

В 3 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.9/НИ, 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 экзамена

по дисциплине «Тепломассообмен на проницаемых поверхностях», 3 семестр

1. Методика оценки

Экзамен 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 экзаменационного билета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Факультет ФЛА

Билет № _____

к экзамену по дисциплине «Тепломассообмен на проницаемых поверхностях»

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 экзаменационный билет считается **неудовлетворительным**, если студент не ответил ни на один из теоретических вопроса, задача не решена. Оценка составляет от 0 до 24 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

Экзамен считается сданным, если сумма баллов по всем заданиям билета оставляет не менее 24 баллов (из 40 возможных).

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 «Тепломассообмен на проницаемых поверхностях»

1. Законы переноса Ньютона, Фурье и Фика. Коэффициенты переноса μ , λ , D .
2. Критерии процессов тепломассообмена 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 $K_n = \lambda/L < 0,001$).
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 смешения 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 теплообмена.

Паспорт курсовой работы

по дисциплине «Тепломассообмен на проницаемых поверхностях», 3 семестр

1. Методика оценки.

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

При выполнении курсовой работы (КР) студенты должны разработать конечно-разностную модель, написать программу моделирования и провести оценку адекватности результатов.

Обязательные структурные части КР.

1. Титульный лист.
2. Задание к КР (согласно варианту).
3. Методика расчета и графические материалы.
4. Выводы по работе.

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 39 и менее баллов.

Работа считается выполненной на пороговом уровне, если верно решена задача, но присутствуют принципиальные ошибки в расчетной модели, оформление работы не соответствует стандартам, оценка составляет от 49 до 55 баллов.

Работа считается выполненной на базовом уровне, если верно решена задача, оформление работы не соответствует стандартам, оценка составляет от 56 до 70 баллов.

Работа считается выполненной на продвинутом уровне, если верно решены задача, 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 μ , λ , 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 ($\delta \ll L$; $U_{ст}=0$; 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 смешения 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.