

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г.ШУХОВА»**
(БГТУ им. В.Г. Шухова)

УТВЕРЖДАЮ

Директор института магистратуры


/Ярмоленко И.В./



УТВЕРЖДАЮ

Директор института ИСИ


/Уваров В.А./



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины

Испытания и анализ экспериментальных данных систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха

направление подготовки:

08.04.01 «Строительство»

Направленность программы:

Системы обеспечения микроклимата зданий и сооружений

Квалификация

магистр

Форма обучения

очная


Институт: инженерно-строительный

Кафедра: теплогазоснабжения и вентиляции


Белгород – 2021

Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 08.04.01 Строительство (уровень магистратуры), утвержденного приказом Министерством образования и науки Российской Федерации от 31 мая 2017 года № 482;
- учебного плана, утвержденного ученым советом БГТУ им. В.Г. Шухова в 2021 г.

Составитель (составители): д.т.н., проф.  (О.А. Аверкова)

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой
Теплогазоснабжение и вентиляция

Заведующий кафедрой: профессор, д.т.н.  (В.А. Уваров)

« 14 » 05 2021 г.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

« 14 » 05 2021 г., протокол № 12

Заведующий кафедрой: д-р техн. наук, профессор  (В.А. Уваров)

Рабочая программа одобрена методической комиссией института

« 27 » 05 2021 г., протокол № 10

Председатель канд. техн. наук, доцент  (А.Ю. Феоктистов)

1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Категория (группа) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания
Профессиональные компетенции по типам задач профессиональной деятельности	ПК-5. Способен организовывать работы по техническому обслуживанию, эксплуатации и ремонту систем теплогазоснабжения, вентиляции	ПК- 5.3. Проводит визуальные, инструментальные обследования технического состояния систем обеспечения микроклимата, контроль их осуществления	В результате освоения дисциплины обучающийся должен Знать: технику измерения физических величин, приборы и оборудование для проведения физических измерений Уметь: обрабатывать результаты проведенных инженерных исследований, оценивать точность и достоверность имеющихся прямых и косвенных измерений. Владеть: математическими приемами анализа и обработки результатов исследований; навыками планирования экспериментальных исследований
		ПК-5. 5. Осуществляет технический и технологический контроль выполнения работ по эксплуатации и ремонту элементов систем обеспечения микроклимата	Знать: теоретический материал в полном объеме; Уметь: обрабатывать результаты проведенных инженерных исследований Владеть: навыками подбора и расчета оборудования для проведения исследований.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

2. Компетенция ПК-5.

Способен организовывать работы по техническому обслуживанию, эксплуатации и ремонту систем теплогазоснабжения, вентиляции

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами:

Стадия	Наименование дисциплины
1	Проектирование энергосберегающих систем отопления зданий и сооружений
2	Проектирование комплексных систем вентиляции и кондиционирования воздуха
3	Проектирование обеспыливающей вентиляции и пылегазоочистного оборудования
4	Организация эксплуатации, ремонта и обслуживания климатического оборудования
5	Испытания и анализ экспериментальных данных систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха
6	Производственная преддипломная практика
7	Производственная исполнительская практика
8	Государственная итоговая аттестация

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

Форма промежуточной аттестации экзамен.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр №1
Общая трудоемкость дисциплины, час	108	108
Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:	34	34
Лекции	17	17
Лабораторные	17	17
Практические		
Групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации		
Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в т. ч.:	74	74
Курсовой проект	-	-
Курсовая работа	-	-
Расчетно-графическое задание	-	-
Индивидуальное домашнее задание	9	9

Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)		
Экзамен	Э (36)	Э(36)

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Наименование тем, их содержание и объем

Курс 1 Семестр 1

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
1. Планирование эксперимента					
	Общие сведения об эксперименте. Экспериментально-статистические модели. Оптимизация. Исследование области оптимальных условий.	2	11		12
2. Основы обработки результатов эксперимента					
	Погрешности средств измерений и результатов измерений. Методы вероятностного описания результатов измерений и их погрешностей. Математическая обработка исправленных результатов измерений.	3	6		8
3. Моделирование в эксперименте					
	Условие динамического подобия потоков. Условия теплового подобия потоков. Метод размерностей, π -теорема. Полное и частичное подобие.	2			1
4. Аэродинамические трубы дозвуковых скоростей.					
	Основные элементы аэродинамических труб малых скоростей. Форкамера. Сопло. Рабочая часть. Диффузор. Вентиляторная установка и поворотные колена. Качество и экономичность труб. Расчет аэродинамических труб малых скоростей.	2			1
5. Методы измерений давлений					
	Измерения статических давлений. Измерения полного давления. Пневмометрические методы измерения скоростей. Источники погрешностей измерения давлений.	2			1

	Многоточечные измерения давлений в аэродинамическом эксперименте.				
6. Методы измерения температур и тепловых потоков					
	Методы и средства измерения температуры. Методы измерения тепловых потоков.	2			1
7. Методы и средства измерения средних и мгновенных скоростей					
	Методы, основанные на измерении скорости введенных в поток частиц. Измерение средних и мгновенных скоростей с помощью термоанемометра. Другие методы измерения скоростей.	2			1
8. Методы визуализации течений					
	Методы визуализации течений капельных жидкостей и газовых потоков. Метод визуализации течений в пристенных областях моделей. Оптические методы визуализации течений.	2			1
	ВСЕГО	17		17	26

4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

Не предусмотрены

4.3. Содержание лабораторных занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	К-во часов	К-во часов СРС
семестр № 1				
1	Планирование эксперимента	Проверка воспроизводимости опытов	2	2
2	Планирование эксперимента	Полный факторный эксперимент	1	1
3	Планирование эксперимента	Метод дробных реплик	1	1
4	Планирование эксперимента	Метод крутого восхождения	2	2

	римента			
5	Планирование эксперимента	Симплексный метод	2	2
6	Планирование эксперимента	Ортогональное центральное композиционное планирование	1	1
7	Планирование эксперимента	Ротатабельное планирование	1	1
8	Планирование эксперимента	Каноническая форма уравнения регрессии	1	1
9	Основы обработки результатов эксперимента	Округление значений результата измерения и его погрешности. Оценка погрешности косвенных измерений.	1	1
10	Основы обработки результатов эксперимента	Функции распределения	1	1
11	Основы обработки результатов эксперимента	Математическое ожидание и дисперсия	1	1
12	Основы обработки результатов эксперимента	Нормальный закон распределения случайных величин	1	1
13	Основы обработки результатов эксперимента	Точечные оценки	1	1
14	Основы обработки результатов эксперимента	Оценки параметров с помощью интервалов	1	1
ВСЕГО:			17	17

4.4. Содержание курсового проекта/работы

Не предусмотрено учебным планом

4.5. Содержание расчетно-графического задания, индивидуальных домашних заданий

Оформление индивидуальных домашних заданий. ИДЗ предоставляется преподавателю для проверки на бумажных листах в формате А4 или в тетради.

ИДЗ предоставляется преподавателю для проверки в двух видах: отчет, на бумажных листах в формате А4, и в виде файлов, содержащих решение

поставленной задачи на компьютере. Отчет индивидуального домашнего задания должен иметь следующую структуру: титульный лист; постановка задачи, результаты математического моделирования, предложения по совершенствованию системы обеспыливающей вентиляции. Срок сдачи ИДЗ определяется преподавателем.

Титульный лист или обложку тетради необходимо подписать по следующему образцу:

Студент БГТУ им. В.Г. Шухова
Андреев И.П., группа ТВ -191
ИДЗ №1

Пример выполнения теоретической части задания

Сравнение теоретических и экспериментальных данных

1. Критерий достоверности Стьюдента – сравнение средних значений (математических ожиданий):

$$t = \frac{|\bar{x} - \bar{y}|}{\sqrt{m_x^2 + m_y^2}},$$

$$\sqrt{m_x^2 + m_y^2} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [(x_i - \bar{x})^2 + (y_i - \bar{y})^2]}{(n-1)n}}, \quad \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad \bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i.$$

Производится сравнений полученного значения t с табличным $t(\alpha, n-2)$, где α - уровень значимости. Если $t(\alpha, n-2) > t$, то с вероятностью $1-\alpha$ средние значения для расчета и эксперимента совпадают.

2. Критерий Фишера (критерий адекватности)– сравнений дисперсий (разброс относительного среднего):

$$\text{Если } \sigma_x^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 > \sigma_y^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 \text{ то } F = \frac{\sigma_x^2}{\sigma_y^2}, \text{ иначе } F = \frac{\sigma_y^2}{\sigma_x^2}$$

Производится сравнений полученного значения F с табличным $F(\alpha, n-1)$ ($k_1(\alpha, n-1)$ - число степеней свободы большей дисперсии, $k_2(\alpha, n-1)$ - число степеней свободы меньшей дисперсии), где α - уровень значимости. Если $F(\alpha, n-1) > F$, то с вероятностью $1-\alpha$ разброс относительно средних значений для расчета и эксперимента совпадают.

3. Критерий согласия Пирсона (χ^2):

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(x_i - y_i)^2}{y_i},$$

где x_i - данные натурального эксперимента, y_i - данные вычислительного эксперимента.

Также сравниваются полученное значение с табличным (критическим) для $n-1$ степеней свободы (1 нас n – строк и 2 столбца, поэтому число степеней свободы = $(2-1)(n-1)=n-1$) и уровнем значимости α . Если расчетное значение больше то расчетные и экспериментальные данные считаются согласованными.

4. Коэффициент корреляции (тесноты связи):

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

Если коэффициент корреляции близок к 1, то экспериментальные и расчетные данные тесно связаны, т.е. изменяются по одному и тому же закону.

1. Сечение $x = 0,61$; $S=0$ – закрутки потока нет.

Натурный эксперимент

Y/D0

U/U0

2.609998100000000E-0004	4.210530000000000E-0002
2.795610000000000E-0002	5.614040000000000E-0002
5.617320000000000E-0002	8.421050000000000E-0002
8.580120000000000E-0002	1.421053000000000E-0001
1.126075000000000E-0001	2.228070000000000E-0001
1.429409000000000E-0001	3.210526000000000E-0001
1.718635000000000E-0001	4.421053000000000E-0001
2.007860000000000E-0001	5.368421000000000E-0001
2.282977000000000E-0001	7.070175000000000E-0001
2.586311000000000E-0001	8.105263000000000E-0001
2.861428000000000E-0001	9.070175000000000E-0001

3.157708000000000E-0001	9.526316000000000E-0001
3.453988000000000E-0001	9.771930000000000E-0001
3.736159000000000E-0001	9.473684000000000E-0001
4.011276000000000E-0001	8.754386000000000E-0001
4.307556000000000E-0001	7.245614000000000E-0001
4.603835000000000E-0001	5.614035000000000E-0001
4.871898000000000E-0001	4.017544000000000E-0001
5.154069000000000E-0001	2.491228000000000E-0001
5.471512000000000E-0001	1.385965000000000E-0001

Вычислительный эксперимент SST

Y/D0	U/U0
2.609998100000000E-0004	-1.317795000000000E-0001
2.795610000000000E-0002	-1.185397000000000E-0001
5.617320000000000E-0002	-8.359020000000000E-0002
8.580120000000000E-0002	-3.429670000000000E-0002
1.126075000000000E-0001	2.583750000000000E-0002
1.429409000000000E-0001	1.243986000000000E-0001
1.718635000000000E-0001	2.584583000000000E-0001
2.007860000000000E-0001	4.313900000000000E-0001
2.282977000000000E-0001	6.194377000000000E-0001
2.586311000000000E-0001	8.105263000000000E-0001
2.861428000000000E-0001	9.818385000000000E-0001
3.157708000000000E-0001	1.082655600000000E+0000
3.453988000000000E-0001	1.089652700000000E+0000
3.736159000000000E-0001	1.002440400000000E+0000
4.011276000000000E-0001	8.416120000000000E-0001

4.307556000000000E-0001	6.179010000000000E-0001
4.603835000000000E-0001	3.899637000000000E-0001
4.871898000000000E-0001	2.207794000000000E-0001
5.154069000000000E-0001	1.047501000000000E-0001
5.471512000000000E-0001	3.307290000000000E-0002

Число степеней свободы $n = 20$.

Коэффициент корреляции 0,9908, его среднеквадратическая ошибка: 0,0041.

Критерий Стьюдента $0,747 < 3.92$ (уровень значимости 0,001; $n-2=18$)

Критерий Фишера $1,652 < 4,29$ (уровень значимости 0,001; $n-1=19$)

Т.е. по всем критериям расчетные данные согласуются с экспериментальными.

Пример обработки экспериментальных данных

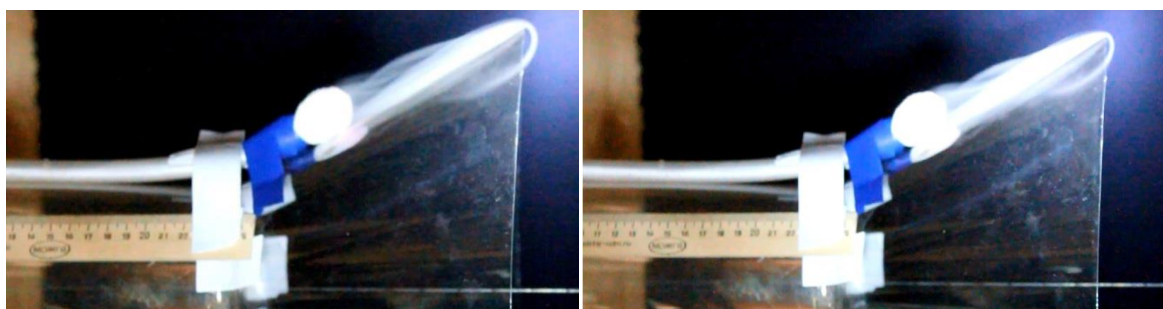
Цель: определить площадь вихревой области, образованной отсосом-раструбом под углами 30° , 60° , и 90°

Решение:

Помещаем рисунки в программу AutoCAD, выделяем вихревую область при помощи штриховки, в параметрах которой будет подсчитана площадь. Далее переводим значение площади в r/R

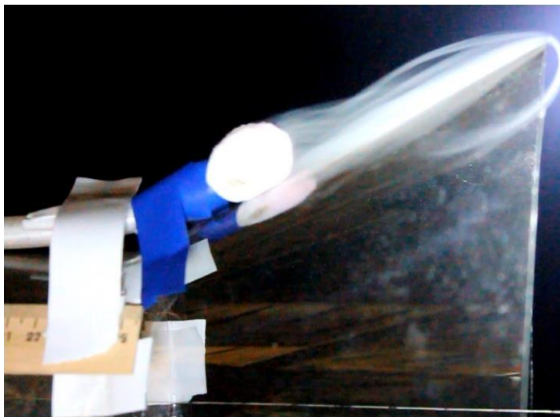
2 калибра

Для 30°

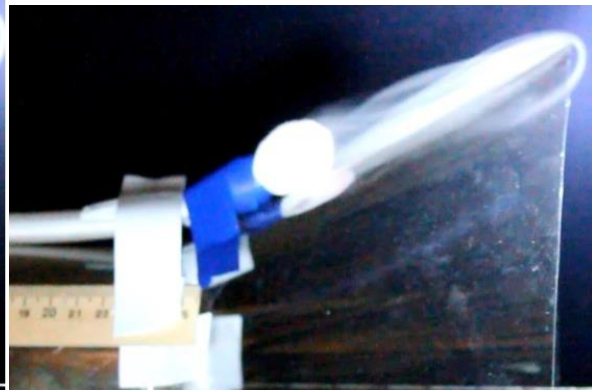


а) $S=2,05 \text{ см}^2$

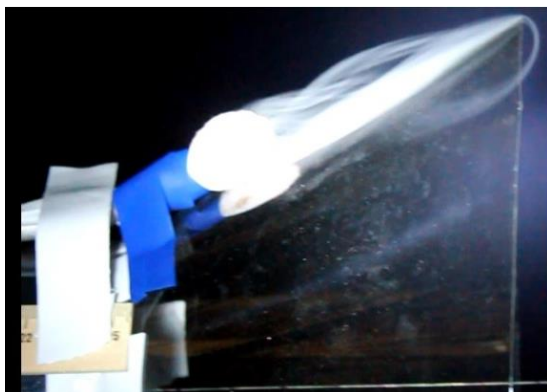
б) $S=2,35 \text{ см}^2$



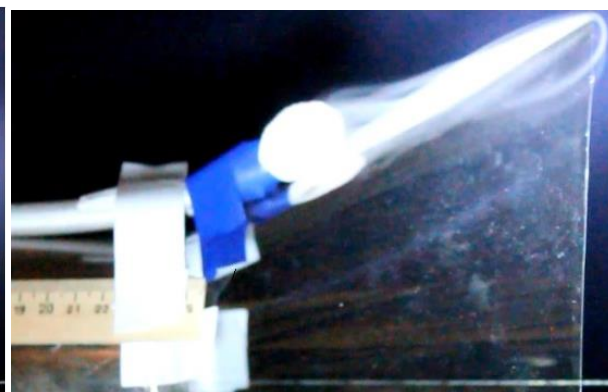
в) $S=2,71 \text{ см}^2$



г) $S=1,47 \text{ см}^2$



д) $S=1,63 \text{ см}^2$



е) $S=1,38 \text{ см}^2$

Для 60°



а) $S=1,64 \text{ см}^2$



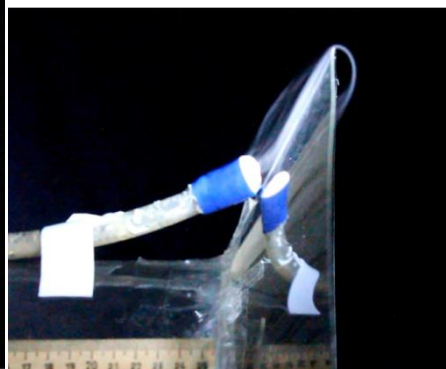
б) $S=1,11 \text{ см}^2$



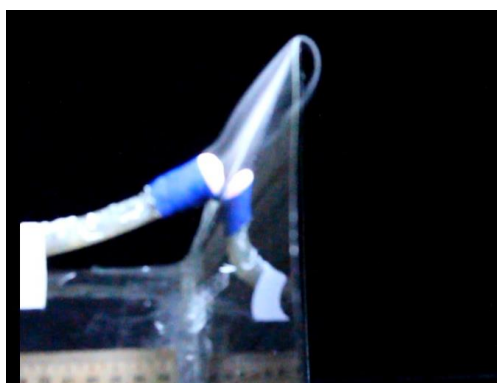
в) $S=1,11 \text{ см}^2$



г) $S=3,89 \text{ см}^2$

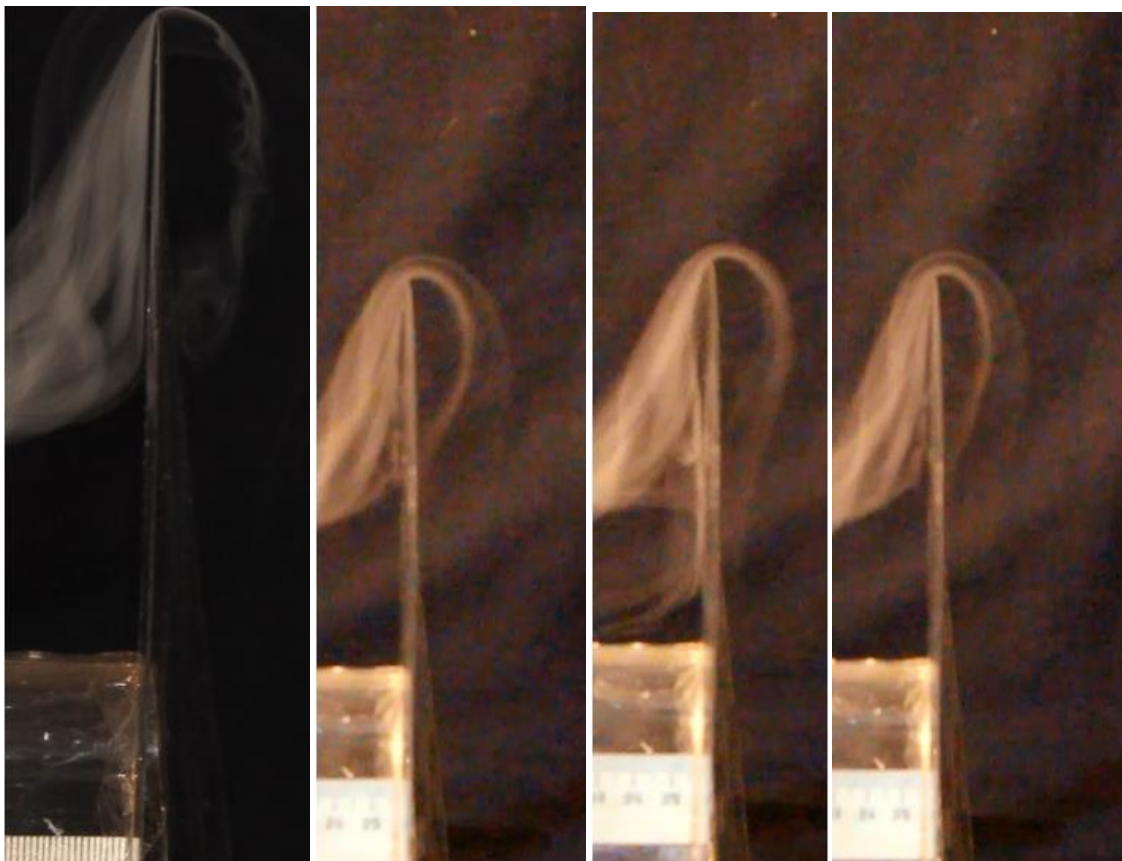


д) $S=2,55 \text{ см}^2$



е) $S=2,42 \text{ см}^2$

Для 90°



а) $S=0,8 \text{ см}^2$

б) $S=0,73 \text{ см}^2$

в) $S=0,63 \text{ см}^2$

г) $S=0,87 \text{ см}^2$

Вывод: наибольшая площадь вихря у отсоса-раструба под углом 60°

5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

5.1. Реализация компетенции

1. Компетенция ПК-5.

Способность организовывать работы по техническому обслуживанию, эксплуатации и ремонту систем теплогазоснабжения, вентиляции

Наименование индикатора (показателя оценивания)	Используемые средства оценивания
ПК- 5.3. Проводит визуальные, инструментальные обследования технического состояния систем обеспечения микроклимата, контроль их осуществления	Экзамен, собеседование, выполнение и защита ИДЗ
ПК-5. 5.	Экзамен, собеседование, выполнение и

Осуществляет технический и технологический контроль выполнения работ по эксплуатации и ремонту элементов систем обеспечения микроклимата	защита ИДЗ
--	------------

5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

5.2.1. Перечень контрольных вопросов(типовых заданий) для экзамена

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Планирование эксперимента	<ol style="list-style-type: none"> 1. Общие сведения об эксперименте. 2. Экспериментально-статистические модели. 3. Оптимизация. 4. Исследование области оптимальных условий.
2	Основы обработки результатов эксперимента	<ol style="list-style-type: none"> 1. Погрешности средств измерений и результатов измерений. 2. Методы вероятностного описания результатов измерений и их погрешностей. 3. Математическая обработка исправленных результатов измерений.
3	Моделирование в эксперименте	<ol style="list-style-type: none"> 1. Условие динамического подобия потоков. 2. Условия теплового подобия потоков. 3. Метод размерностей, π-теорема. 4. Полное и частичное подобие.
4	Аэродинамические трубы дозвуковых скоростей.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Основные элементы аэродинамических труб малых скоростей. 2. Формкамера. 3. Сопло. Рабочая часть. Диффузор. 4. Вентиляторная установка и поворотные колена. 5. Качество и экономичность труб. 6. Расчет аэродинамических труб малых скоростей.
5	Методы измерений давлений	<ol style="list-style-type: none"> 1. Измерения статических давлений. 2. Измерения полного давления. 3. Пневмометрические методы измерения скоростей. 4. Источники погрешностей измерения давлений. 5. Многоточечные измерения давлений в аэродинамическом эксперименте.
6	Методы измерения температур и тепловых потоков	<ol style="list-style-type: none"> 1. Методы и средства измерения температуры. 2. Методы измерения тепловых потоков.
7	Методы и средства измерения средних и мгновенных скоростей	<ol style="list-style-type: none"> 1. Методы, основанные на измерении скорости введенных в поток частиц. 2. Измерение средних и мгновенных скоростей с помощью термоанемометра. 3. Другие методы измерения скоростей.
8	Методы визуализации течений	<ol style="list-style-type: none"> 1. Методы визуализации течений капельных жидкостей и газовых потоков.

	ции течений	2. Метод визуализации течений в пристенных областях моделей. 3. Оптические методы визуализации течений.
--	-------------	--

5.2.2. Перечень контрольных материалов для защиты курсового проекта/курсовой работы

Не предусмотрено учебным планом

5.3. Типовые контрольные задания (материалы) для текущего контроля в семестре

Практические (семинарские) занятия.

Не предусмотрено учебным планом

5.4. Описание критериев оценивания компетенций и шкалы оценивания

Критерии оценивания индивидуального домашнего задания.

Оценка	Критерии оценивания
5	Работа выполнена полностью. Теоретическое задание соответствует теме, представленный материал полностью раскрывает тему задания, в работе сформулированы значимые выводы. Практическая часть выполнена в полном объеме, для каждой задачи получены правильные ответы и студентом сформулированы полные, обоснованные и аргументированные выводы. Оформление заданий полностью соответствует предъявляемым требованиям.
4	Работа выполнена полностью. Теоретическое задание соответствует теме, представленный материал раскрывает тему задания, в работе сформулированы адекватные выводы. Практическая часть выполнена в полном объеме, для каждой задачи получены правильные ответы и студентом сформулированы выводы. Оформление заданий в целом соответствует предъявляемым требованиям.
3	Работа выполнена полностью. Теоретическое задание соответствует теме, представленный материал раскрывает тему задания, в работе сформулированы выводы. Практическая часть выполнена в полном объеме с незначительными ошибками и студентом сформулированы выводы. Оформление заданий в целом соответствует предъявляемым требованиям.
2	Работа выполнена не полностью. Теоретическое задание не соответствует теме, представленный материал не раскрывает тему задания, в работе не сформулированы выводы. Практическая часть не выполнена в полном объеме, не сформулированы выводы. Оформление заданий не соответствует предъявляемым требованиям.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

6.1. Материально-техническое обеспечение

№	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
---	---	---

1.	Учебная аудитория для проведения лекционных и лабораторных занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущей и промежуточной аттестации ГК, №312, 313,	Специализированная мебель. Информационные стенды по теплогазоснабжению. Мультимедийный проектор, переносной экран, ноутбук, информационные стенды,
----	--	---

6.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

№	Перечень лицензионного программного обеспечения	Реквизиты подтверждающего документа
1		

6.3. Перечень учебных изданий и учебно-методических материалов

1. Логачев, И. Н. Аэродинамические основы аспирации: монография / И. Н. Логачев, К. И. Логачев, Санкт-Петербург: Химиздат, 2005.
2. Логачёв, И. Н. Энергосбережение в аспирации: теорет. предпосылки и рекомендации / И. Н. Логачёв, К. И. Логачев, О. А. Аверкова. Москва; Ижевск : Регулярная и хаотическая динамика, 2013.
3. Аверкова, О. А. Методы расчета и конструирования систем местной обеспыливающей вентиляции, Белгород: Издательство БГТУ им. В. Г. Шухова, 2017.
4. Горохов, В. А. Основы экспериментальных исследований и методика их проведения, Москва: Новое знание, 2015, http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=64769
5. Григорьев, Ю. Д. Методы оптимального планирования эксперимента: линейные модели, Учебное пособие, 2015. http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=65949
6. Аверкова, О. А. Вычислительный эксперимент в аэродинамике вентиляции, Белгород: Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, <https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2013040917451329503300006246>.
7. Бойко, А. Ф. Теория планирования и организация многофакторных экспериментов Белгород : Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2014.
8. Пирумов, У. Г. Численные методы : учеб. пособие / У. Г. Пирумов. - 2-е изд., испр. и доп. - Москва : Дрофа, 2003. - 221 с. - (Высшее образование). - ISBN 5-7107-6074-9
9. Дмитриенко, В. Г. Научно-исследовательская работа [Электронный ресурс] Белгород: Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, <https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2016072110191973800000651882>
10. Харитонов А.М. Техника и методы аэрофизического эксперимента. Новосибирск: НГТУ, 2011. – 643с.
11. Математическое моделирование процессов в системах аспирации [Электронный ресурс]: учеб. пособие. Ч. I; Ч. II / О. А. Аверкова, К. И. Логачёв. -

Белгород: БГТУ им. В. Г. Шухова, 2007.

12. Вычислительный эксперимент в аэродинамике вентиляции : учеб. пособие для студентов обучающихся по направлениям 270100, 280200 / О. А.Аверкова ; БГТУ им. В. Г. Шухова. - Белгород : БГТУ им. В. Г. Шухова, 2011. - 109 с.

13. Полунин, А. И. Обработка экспериментальных данных : учебное пособие / А. И. Полунин. - Белгород: БТИСМ, 1992. - 82 с.

14. Рогов, В. А. Методика и практика технических экспериментов : учеб. пособие / В. А. Рогов, Г. Г. Поздняк. - М.: АСАДЕМА, 2005. - 282 с. - (Высшее профессиональное образование).

6.4. Перечень интернет ресурсов, профессиональных баз данных, информационно-справочных систем

1. EqWorld Мир математических уравнений <http://eqworld.ipmnet.ru/>
2. Открытая Научная Интернет Библиотека <http://lib.e-science.ru/>
3. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU
4. Российское образование ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ПОРТАЛ: <http://www.edu.ru/>
5. Сайт НеХудожественная Литература NeHudLit: <http://www.nehudlit.ru/books/subcat352.html>