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 заочного образования
_____/Спесивцева С.Е./
31 мая 2019 г

УТВЕРЖДАЮ
Директор института ИСИ
_____/Уваров В.А./
31 мая 2019 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины

Математическое моделирование систем теплогазоснабжения и вентиляции

направление подготовки:

08.03.01 «Строительство»

Направленность программы:

Теплогазоснабжение и вентиляция

Квалификация

бакалавр

Форма обучения

заочная

Институт: инженерно-строительный

Кафедра: теплогазоснабжения и вентиляции

Белгород – 2019

Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 08.03.01 Строительство (уровень бакалавриата), утвержденного приказом Министерством образования и науки Российской Федерации от 31 мая 2017 года № 481;

- учебного плана, утвержденного ученым советом БГТУ им. В.Г. Шухова в 2019 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 2019 г.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

«14» 05 2019 г., протокол № 12

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

Рабочая программа одобрена методической комиссией института

«30» 05 2019 г., протокол № 10

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

1.ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Категория (группа) компетенций	Код и наименования компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания
Общепрофессиональные	ОПК-1. Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе использования теоретических и практических основ естественных и технических наук, а также математического аппарата	ОПК-1.4. Представление базовых для профессиональной сферы физических процессов и явлений в виде математического(их) уравнения(й)	**Знать:** простейшие математические модели процессов ТГВ, термины, определения и понятия; **Уметь:** решать практические задачи с использованием методов компьютерного моделирования; **Владеть:** аппаратом численного решения задач
		ОПК-1.5. Выбор базовых физических и химических законов для решения задач профессиональной деятельности	**Знать:** основные закономерности процессов и явлений **Уметь:** осуществлять выбор базовых законов для решения задач профессиональной деятельности **Владеть:** навыками самостоятельной обработки информации и данных физического эксперимента
		ОПК-1.7. Представление базовых для профессиональной сферы физических процессов и явлений в виде математического(их) уравнения(й)	**Знать:** освоенный материал в полном объеме; **Уметь:** обрабатывать результаты математического эксперимента **Владеть:** навыками самостоятельной работы с учебной и научной литературой
		ОПК-1.7. Решение уравнений, описывающих основные физические процессы, с применением методов линейной алгебры и математического анализа	**Знать:** основные уравнения, описывающие основные физические процессы, с применением методов линейной алгебры и математического анализа **Уметь:** применять методы линейной ал-

			гебры и математического анализа для решения практических задач **Владеть:**навыками применения методов линейной алгебры и математического анализа в практической деятельности
	ПКО-2. Способность выполнять обоснование проектных решений систем теплогазоснабжения и вентиляции	ПКО- 2.2. Выбор варианта системы теплоснабжения (газоснабжения, вентиляции) на основе сравнения типовых решений отдельных элементов и узлов	В результате освоения дисциплины обучающийся должен **Знать:** компьютерные методы моделирования технологических процессов **Уметь:** использовать компьютерные методы для совершенствования технологических процессов **Владеть:** навыками использования информационных технологий для совершенствования технологических процессов

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

1. КомпетенцияОПК-1. Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе использования теоретических и практических основ естественных и технических наук, а также математического аппарата

.

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами:

Стадия	Наименование дисциплины
1	Высшая математика
2	Физика
3	Химия
4	Инженерная графика
5	Компьютерная графика
6	Теоретическая механика
7	Основы гидравлики и теплотехники
8	Основы технической механики
9	Инженерная экология
10	Основы электротехники и электроснабжения

11	Техническая термодинамика. Тепломассообмен
12	Аэрогидродинамика и нагнетатели инженерных систем
13	Математическое моделирование систем теплогазоснабжения и вентиляции

2. Компетенция ПКО-2.

Способность выполнять обоснование проектных решений систем теплогазоснабжения и вентиляции.

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами:

Стадия	Наименование дисциплины
1	Теоретические основы создания микроклимата и строительная теплофизика
2	Отопление. Теплоснабжение
3	Вентиляция. Кондиционирование воздуха и холодоснабжение
4	Газоснабжение. Теплогенерирующие установки
5	Математическое моделирование систем теплогазоснабжения и вентиляции
6	Оборудование и энергосберегающие технологии систем обеспечения микроклимата
7	Основы проектирования и конструирования обеспыливающих систем
8	Тепловоздушный режим зданий
9	Основы автоматизированного проектирования внутренних климатических систем
10	Системы теплогазоснабжения предприятий
11	Основы проектирования магистральных газопроводов
12	Способы и средства энерго- и ресурсосбережения при тепло- и газоснабжении населенных мест и производств
13	Основы автоматизированного проектирования сетей тепло- и газоснабжения
14	Производственная исполнительская практика (6)
15	Производственная преддипломная практика (4)

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2зачетных единицы, 72часа.
Форма промежуточной аттестации зачет.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр №9
Общая трудоемкость дисциплины, час	72	72
Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:	6	6
Лекции	2	2
Лабораторные	4	4
Практические		
Групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации		
Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в т. ч.:	66	66
Курсовой проект	-	-
Курсовая работа	-	-
Расчетно-графическое задание	-	-
Индивидуальное домашнее задание	9	9
Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)	55	55
Зачет	зачет	зачет

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Наименование тем, их содержание и объем

Курс 5 Семестр 9					
№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
1.	Простейшие модели течений				
	Линейные источник и сток. Точечный источник и сток. Линейный вихрь. Закон Био-Савара-Лапласа. Диполь. Кольцевой вихрь.	1			5
2.	Некоторые сведения из вычислительной математики				
	О методе половинного деления решения уравнений. Приближенное вычисление определенных интегралов и обыкновенных дифференциальных уравнений.	1			5
3.	Метод наложения потоков				

	Взаимодействие стоков. Течение над непроницаемой плоскостью. Течения вблизи всасывающих каналов, встроенных в плоскую безграничную стенку.	1			5
4.	Некоторые сведения из теории функций комплексного переменного				
	Комплексные числа и действия над ними. Функции комплексного переменного. Предел функции, дифференцирование. Понятие о конформных отображениях. Простейшие отображения. Интеграл Кристоффеля-Шварца.	1			10
5.	Расчет безотрывных течений вблизи щелевидных отсосов				
	Комплексный потенциал и комплексная скорость простейших течений. Вывод формул для определения осевой скорости вблизи щелевидных отсосов в безграничном пространстве и встроенного в плоскую стенку.	1		1	10
6.	Расчет отрывных течений вблизи щелевидных отсосов				
	Метод Н.Э.Жуковского для расчета отрывных теченийВывод формул для определения осевой скорости вблизи щелевидных отсосов в безграничном пространстве и встроенного в плоскую стенку.	6		1	10
	ВСЕГО	6		6	45

4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

Не предусмотрены

4.3. Содержание лабораторных занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного занятия	К-во часов	К-во часов СРС
семестр № 9				
1	Расчет безотрывных течений вблизи щелевидных отсосов	Определение осевой скорости вблизи щелевидных отсосов	1	5
2	Расчет отрывных течений вблизи щелевидных отсосов	Определение осевой скорости вблизи щелевидных отсосов	1	5
ВСЕГО:			2	10

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

Метод наложения потоков основывается на том, что вектор скорости сложного потенциального потока несжимаемой жидкости может быть представлен в виде суммы векторов скорости составляющих его потоков

$$\vec{v} = \vec{v}_1 + \vec{v}_2 + \vec{v}_3 + \ldots + \vec{v}_n,$$

где n – количество складываемых потоков.

Это же утверждение справедливо для функций тока и потенциала сложного потока.

В инженерной практике встречается также иная модификация метода наложения потоков, не имеющего строгого математического и физического обоснования, однако имеющая неплохое совпадение с экспериментальными данными для задач о воздушно-струйных течениях. Квадрат (куб) координат скорости равен сумме квадратов (кубов) соответствующих координат скоростей складываемых потоков

$$v_i^2 = v_{i_1}^2 + v_{i_2}^2 + \ldots + v_{i_n}^2,$$
$$v_i^3 = v_{i_1}^3 + v_{i_2}^3 + \ldots + v_{i_n}^3,$$

где v_i –i-координата вектора скорости.

Изменение геометрической формы вытяжного отверстия приводит к изменению скорости во всасывающем факеле, увеличение которой приводит к уменьшению производительности системы аспирации, а соответственно к снижению энергозатрат. Используя метод наложения потоков, определим форму отверстия, имеющего наибольшую дальнобойность.

Предполагаем, что скорость воздуха во всех точках равновеликих по площади вытяжных отверстия постоянна и равна V_0.

Определим осевую скорость V_z у всасывающего отверстия в виде правильного n-угольника площадью S (рис.1).

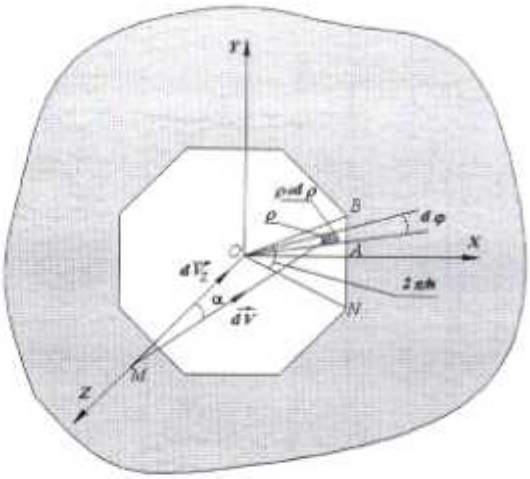

Рис.1. Правильный многоугольник, встроенный в плоскую безграничную стенку

Вычислим скорость V_{zOAB} в некоторой точке M, лежащей на оси OZ, вызываемой действием треугольного всасывающего отверстия OAB. Так как угол $\angle BOA=\frac{\pi}{n}$, то площадь многоугольника $S=\frac{1}{2}|OB|^2 n\sin\frac{2\pi}{n}$ и длина

$$|OA|=|OB|\cos\frac{\pi}{n}=\sqrt{\frac{S}{n}ctg\frac{\pi}{n}}\,.$$

Воспользуемся полярной системой координат (полярная ось совпадает с OX) и выделим элементарную площадку $\rho d\rho d\varphi$ в плоскости $\Delta\, OAB$, считая что на ней действует точечный сток. Тогда элементарный расход $dL=V_0\rho d\rho d\varphi$, скорость $dV_z=dV\cos\alpha=\frac{dL}{2\cdot\pi\cdot\left(\rho^2+Z^2\right)}\cdot\frac{z}{\sqrt{\rho^2+z^2}}$ и

$$V_{z\,OAB}=\frac{V_0\cdot Z}{2\cdot\pi}\int_0^{\frac{\pi}{n}}d\varphi\int_0^{\frac{|OA|}{\cos\varphi}}\frac{\rho\cdot d\rho}{\left(\rho^2+Z^2\right)^{\frac{3}{2}}}\,.$$

Интегрируя и умножая полученный результат на количество таких треугольников $2n$, получим зависимость для осевой скорости у правильного многоугольника

$$V_z = \frac{n \cdot V_0}{\pi}\left[\frac{\pi}{n} - \arcsin\frac{Z \cdot \sin\frac{\pi}{n}}{\sqrt{\frac{S}{n} \cdot ctg\frac{\pi}{n} + Z^2}}\right].$$

Устремляя $n \to \infty$, получим известную формулу для расчета осевой скорости у круглого всасывающего отверстия

$$V_z = V_0 \cdot \left[1 - \frac{Z}{\sqrt{R^2 + Z^2}}\right],$$

где R – радиус круга.

При n =4имеем формулу для расчета скорости у квадратного отверстия, полученную И. А. Шепелевым,

$$V_z = \frac{2 \cdot V_0}{\pi} \cdot arctg\frac{A^2/4}{\sqrt{A^2/2 + Z^2}},$$

гдеA– длина стороны квадрата.

Приведем также формулы для расчета осевых скоростей воздуха: у прямоугольного отверстия размером $2A \times 2B$

$$V_z = \frac{2 \cdot V_0}{\pi} \cdot arctg\frac{B \cdot A}{Z \cdot \sqrt{B^2 + A^2 + Z^2}};$$

кольцевого отверстия с внутренним радиусом R_1 и внешним R_2

$$V_z = Z \cdot V_0 \cdot \left(\frac{1}{\sqrt{R_1^2 + Z^2}} - \frac{1}{\sqrt{R_2^2 + Z^2}}\right);$$

эллиптического

$$V_z = \frac{2 \cdot V_0}{\pi} \cdot \int_0^{\pi/2}\left[1 - \frac{Z}{\sqrt{\frac{a^2 \cdot b^2}{b^2 \cdot \cos^2\varphi + a^2 \cdot \sin^2\varphi} + Z^2}}\right] d\varphi,$$

где a – большая, $в$ – малая полуоси эллипса.

Пример выполнения расчетной части задания для варианта 40

Произвести расчет изменения осевой скорости при удалении от всасывающих отверстий различной геометрической формы. Найти скорость в точке z (на оси отсоса), если z изменяется от 0 до 10 с шагом $\Delta z = 0{,}25$ для: 1) эллиптического отверстия с фокусами a, $в$ при $в = 1$ и $a/в = 1 + 0{,}5i$, гдеi – номер варианта; 2) прямоугольного отверстия той

же площади S, что и для эллипса (одна из сторон имеет длину 1); 3) кольцевого отверстия, той же площади S, при внутреннем радиусе $R_{внут} = 1$; 4) треугольного отверстия площадью S, при $n = 3$; 5) квадратного отверстия площадью S; 6) круглого отверстия площадью S.

```
Program Otverstie;
Uses printer; varvariant:integer; i:integer; z26:real; vo,z,
a,b:real;{Стороныпрямоугольника} Sel,Rk,Rkr,rkp,Apr,int:real;
Vkol,Vpr,Vkv,Vel,Vkrug,Vtreug:real;
functiondvel(z,phi:real):real;
Begin
dvel:=1-z/sqrt(sqr(a*b)/(sqr(b*cos(phi))+sqr(a*sin(phi)))+z*z);
end;
proceduregaussint(z,niz,ver:real;varint:real);
const n=6; vara,x:array[1..20]of real; j:byte;
begin
x[1]:=0.93246951420315; x[2]:=0.66120938646626;  x[3]:=0.23861918608319;
a[1]:=0.17132449237917; a[2]:=0.36076157304813;  a[3]:=0.46791393457269;
for j:=1 to n do begin x[n-(j-1)]:=-x[j]; a[n-(j-1)]:=a[j]  end;
for j:=1 to n do x[j]:=(ver+niz)/2+(ver-niz)/2*x[j];          int:=0;
for j:=1 to n do int:=int+a[j]*dvel(z,x[j]);   int:=(ver-niz)/2*int;
end;
functionarksin(x:real):real;
begin
if abs(x)=1 then arksin:=pi/2 else arksin:=arctan(x/sqrt(1-x*x));
end;
begin
write('Введите номер варианта ');
Read(variant);
vo:=1; b:=1; a:=b*(1+0.5*variant); sel:=pi*a*b; {Площадьэллипса}
apr:=sel/1;   rk:=sqrt(sel/pi+1);  rkp:=sqrt(sel/pi);
writeln('z  Прямоугольник  Квадрат  Эллипс  Кольцо Круг Трегольник');
for i:=1 to 20 do begin
z:=i*0.25;
vpr:=2*vo/pi*arctan(apr/4/z/sqrt(1/4+apr*apr/4+z*z)); {Прямоугольник}
vkv:=2*vo/pi*arctan(sel/4/z/sqrt(sel/2+z*z));{Квадрат}
gaussint(z,0,pi/2,int);
Vel:=2*vo/pi*int;{Скоростьуэллиптическогоотверстия }
Vkol:=z*vo*(1/sqrt(1+z*z)-1/sqrt(rk*rk+z*z));{Скоростьукольца}
Vkrug:=z*vo*(1/z-1/sqrt(rk*rk+z*z));{Круг}
Vtreug:=3*vo/pi*(pi/3-arksin(z*sin(pi/3)/ sqrt(sel/3*sqrt(1/3)+z*z))); {Треуг.}
writeln(z:0:2,' ',vpr:0:4,'  ',vkv:0:4,'  ',Vel:0:4,'  ',Vkol:0:4,' ',Vkrug:0:4,'
',Vtreug:0:4)
end;
```

end.

Результаты расчета при номере варианта 40.

Z	Прямоугольник	Квадрат	Эллипс	Кольцо	Круг	Треугольник
0,25	0,7048	0.9447	0.8434	0.1893	0.9468	0.9421
. . . . .						
1,0	0.2950	0.7837	0.4975	0.4986	0.7915	0.7745
. . . . .						
3,0	0.1047	0.4479	0.1992	0.4099	0.4612	0.4350
. . . . .						
5.00	0.0627	0.2602	0.1184	0.2513	0.2707	0.2525

5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

5.1. Реализация компетенции

1. КомпетенцияОПК-1. Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе использования теоретических и практических основ естественных и технических наук, а также математического аппарата

Наименование индикатора (показателя оценивания)	Используемые средства оценивания
ОПК-1.4. Представление базовых для профессиональной сферы физических процессов и явлений в виде математического(их) уравнения(й)	Зачет, защита лабораторных работ, выполнение и защита ИДЗ
ОПК-1.5. Выбор базовых физических и химических законов для решения задач профессиональной деятельности	Защита лабораторных работ, собеседование, выполнение и защита ИДЗ
ОПК-1.7. Представление базовых для профессиональной сферы физических процессов и явлений в виде математического(их) уравнения(й)	Выполнение и защита ИДЗ,собеседование, зачет

1. Компетенция ПКО-2. Способность выполнять обоснование проектных решений систем теплогазоснабжения и вентиляции.

Наименование индикатора (показателя оценивания)	Используемые средства оценивания
ПКО- 2.2. Выбор варианта системы теплоснабжения (газоснабжения, вентиляции) на основе сравнения типовых решений отдельных элементов и узлов	Зачет, защита лабораторных работ, собеседование, выполнение и защита ИДЗ

5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

5.2.1. Перечень контрольных вопросов(типовых заданий) для зачета

Перечень вопросов на зачет

1. Линейные источник и сток.
2. Точечный источник и сток.
3. Линейный вихрь.
4. Закон Био-Савара-Лапласа.
5. Диполь.
6. Кольцевой вихрь.
7. Метод половинного деления решения уравнений.
8. Приближенное вычисление определенных интегралов
9. Приближенное решение обыкновенных дифференциальных уравнений.
10. Понятие о методе наложения потоков.
11. Взаимодействие стоков.
12. Течение над непроницаемой плоскостью.
13. Течение вблизи кольцевого всасывающего отверстия.
14. Течение вблизи круглого всасывающего отверстия.
15. Течение вблизи эллиптического всасывающего отверстия.
16. Течение вблизи прямоугольного всасывающего отверстия.
17. Течение вблизи многоугольного всасывающего отверстия.
18. Сравнение дальнобойности всасывающих отверстий различной формы.
19. Комплексные числа и действия над ними в алгебраической форме.
20. Изображение комплексных чисел на комплексной плоскости. Модуль и аргумент.
21. Комплексные числа в тригонометрической форме и действия над ними.
22. Формула Муавра.
23. Комплексные числа в показательной форме и действия над ними.
24. Функции комплексного переменного.
25. Предел функции, дифференцирование.
26. Понятие о конформных отображениях.
27. Простейшие отображения.
28. Интеграл Кристоффеля-Шварца.
29. Комплексный потенциал и комплексная скорость простейших течений.
30. Вывод формул для определения осевой скорости вблизи щелевидных отсосов в безграничном пространстве
31. Вывод формул для определения осевой скорости вблизи щелевидных отсосов, встроенных в плоскую стенку.
32. Метод Н.Э.Жуковского для расчета отрывных течений

33. Вывод формул для определения осевой скорости вблизи щелевидных отсосов в безграничном пространстве

34. Вывод формул для определения осевой скорости вблизи щелевидных отсоса в плоской стенке.

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

Лабораторные занятия

В лабораторном практикуме по дисциплине представлен перечень лабораторных работ, обозначены цель и задачи, необходимые теоретические и методические указания к работе, перечень контрольных вопросов.

Защита лабораторных работ возможна после проверки правильности выполнения задания, оформления отчета. Защита проводится в форме собеседования преподавателя со студентом по теме лабораторной работы. Примерный перечень контрольных вопросов для защиты лабораторных работ представлен в таблице.

№	Тема лабораторной работы	Контрольные вопросы
1.	Построение линий тока вблизи стоков, вихрей и диполей	
2.	Вычисление заданного определенного интеграла	
3.	Вычисление заданной системы обыкновенных дифференциальных уравнений	
4.	Расчет осевой скорости вблизи всасывающих	

№	Тема лабораторной работы	Контрольные вопросы
	отверстий	
5.	Вычисление модуля и аргумента заданных комплексных чисел	
	Определение осевой скорости вблизи щелевидных отсосов	
	Определение осевой скорости вблизи щелевидных отсосов	

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	ПРОГРАММЫ ДЛЯ ЭВМ, основанные на использовании методов сингулярных интегральных уравнений: Grohot; Spektr	Срок действия - без ограничений.

6.3. Перечень учебных изданий и учебно-методических материалов

1. Аверкова, О.А. Вычислительный эксперимент в аэродинамике вентиляции / О. А.Аверкова ; БГТУ им. В. Г. Шухова. - Белгород : БГТУ им. В. Г. Шухова, 2011. - 109 с.
2. Электронный вариант издания: https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2013040917451329503300006246
3. 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.
4. Электронный вариант издания: https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2013040918051481673700006545
5. Логачев, К.И. Математические модели и численные методы САПР систем ТГВ / К. И. Логачев, О. А. Аверкова ; БГТУ им. В. Г. Шухова. - Белгород : Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2013. - 154 с.
6. Срочко, В. А. Численные методы: курс лекций / В. А. Срочко. - Санкт-Петербург; Москва ; Краснодар : Лань, 2010. - 203 с.
7. Зарубин, В. С. Математическое моделирование в технике :учеб. / В. С. Зарубин ; ред.: В. С. Зарубин, А. П. Крищенко. - М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. - 495 с.
8. Самарский, А. А. Численные методы / А. А. Самарский, А. В. Гулин. - М.: Наука, 1989. - 432 с.
9. Пирумов, У. Г. Численные методы : учебное пособие / У. Г. Пирумов. - 2-е изд., испр. и доп. - М. : Дрофа, 2003. - 221 с.

10. Киреев, В. И. Численные методы в примерах и задачах : учеб.пособие / В. И. Киреев, А. В. Пантелеев. - Изд. 2-е, стер. - М. :Высш. шк., 2006. - 480 с. - (Прикладная математика для втузов).
11. Аверченков В.И. Основы математического моделирования технических систем [Электронный ресурс]: учебное пособие/ В.И. Аверченков — Брянск: Брянский государственный технический университет, 2012.— 271с.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/7003
12. Янилкин Ю.В., Стаценко В.П., Козлов В.И. Математическое моделирование турбулентного перемешивания в сжимаемых средах [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Ю.В. Янилкин, В. П. Стаценко, В.И. Козлов — Саратов: Российский федеральный ядерный центр, 2009. — 508с.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/18438
13. Саталкина Л.В., Пеньков В.Б. Математическое моделирование: задачи и методы механики. [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Л.В. Саталкина, В.Б. Пеньков В.Б. — Липецк: Липецкий государственный технический университет, 2013. — 97с.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/22880

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- sciense.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

7. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Утверждение рабочей программы без изменений.

Рабочая программа без изменений утверждена на 2020/ 2021 учебный год.

Протокол № _____ заседания кафедры от «___» 20 г.

Заведующий кафедрой _____ (д.т.н., профессор В.А. Уваров)
подпись, ФИО

Директор ИСИ _____ (д.т.н., профессор В.А. Уваров)
подпись, ФИО

Утверждение рабочей программы без изменений

Рабочая программа без изменений утверждена на 2021/2022 учебный год.
Протокол № 12 заседания кафедры от «14» мая 2021 г.

Заведующий кафедрой _____ В.А. Уваров
подпись, ФИО

Директор института _____ В.А. Уваров
подпись, ФИО