

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./
27.05.21

УТВЕРЖДАЮ

Директор института ИСИ

/Уваров В.А./



27.05.2021

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины

Компьютерное моделирование в системах вентиляции

направление подготовки (специальность):

20.03.01 «Техносферная безопасность»

Направленность программы (профиль, специализация):

20.03.01-01 «Безопасность технологических процессов и производств»

Квалификация

бакалавр

Форма обучения

заочная

Институт: архитектурно-строительный

Кафедра: теплогазоснабжения и вентиляции

Белгород – 2021

Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 20.03.01 «Техносферная безопасность» (уровень бакалавриата), утвержденного приказом № 680 от 25 мая 2020 г.
- учебного плана, утвержденного ученым советом БГТУ им. В.Г. Шухова в 2021 году.

Составитель: д-р техн. наук, проф.  (О.А. Аверкова)

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой

«Безопасность жизнедеятельности»

Заведующий кафедрой: д-р техн. наук, проф.  (С.Н. Лопанов)

« 24 » 05 2021 г.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры ТТБ

« 24 » 05 2021 г., протокол № 12

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

Рабочая программа одобрена методической комиссией института

« 24 » 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 результата обучения по дисциплине
Профессиональные	ПК-1 Способен использовать знания по организации охраны труда, охраны окружающей среды и безопасности в чрезвычайных ситуациях на объекте экономики	ПК- 1.3 Формулирует основные методы организации, управления обеспечения безопасности технологических процессов	Знания: методов организации, управления обеспечения безопасности технологических процессов; Умения: анализировать основные методы организации, управления обеспечения безопасности технологических процессов Навыки: использования методов организации охраны труда, охраны окружающей среды и безопасности в чрезвычайных ситуациях

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

1. Компетенция ПК-1 Способен использовать знания по организации охраны труда, охраны окружающей среды и безопасности в чрезвычайных ситуациях на объекте экономики

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

Стадия	Наименования дисциплины ¹
1	Физическая химия дисперсных систем и поверхностных явлений
2	Введение в профессию
3	Оценка профессионального риска
4	Математическое моделирование систем жизнеобеспечения
5	Компьютерное моделирование в системах вентиляции
6	Расследование и учет несчастных случаев и профессиональных заболеваний
7	Анализ производственного травматизма и профессиональных заболеваний
8	Расчет и проектирование систем безопасности труда
9	Расчет и проектирование систем обеспечения комфортных условий труда
10	Учебная ознакомительная практика
11	Производственная технологическая (проектно-технологическая) практика
12	Производственная преддипломная практика
13	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины 2 зач. единицы, 72 часа

Форма промежуточной аттестации зачет

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 6
Общая трудоемкость дисциплины, час	72	72
Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:	4	4
лекции	1	1
лабораторные	1	1
практические	2	2
Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе:	68	68
Курсовой проект		
Курсовая работа		
Расчетно-графическое задания		
Индивидуальное домашнее задание	9	9
Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)	59	59
Зачет	Зачет	Зачет

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Наименование тем, их содержание и объем Курс_3_ Семестр_6_

1. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4.1 Наименование тем, их содержание и объем
Курс 3 Семестр 6

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным
1. Динамика пылевых аэрозолей.					
	Дифференциальное уравнение динамики пылевых частиц. Построение траекторий пылевых частиц вблизи линейного и точечного стоков. Определение максимального диаметра пылевых частиц. Предельные траектории пылевых частиц. Коэффициент аспирации, коэффициент улавливания. Определение концентрации пылевых частиц во всасывающих каналах. История разработки метода. Обобщенный метод наложения потоков – метод граничных интегральных уравнений для двумерных течений без особенностей. Определение максимального диаметра пылевых частиц в аспирационном укрытии. Метод граничных интегральных уравнений для расчета трехмерных течений. Построение траекторий пылевых частиц. Отскок частиц от твердой стенки.	1			28
2. Расчет течений во вращающихся аэродинамических полях.					
	Расчет течений в областях с особенностями. Применение простого, двойного и вихревого слоя для моделирования течений. Моделирование течений в областях с вращающимися цилиндрами. Моделирование течений в спектре действия вентиляционного отсоса от токарного станка. Исследование динамики пылевых частиц. Определение оптимальной производительности местного вентиляционного отсоса.			1	20
3. Расчет течений в пульсирующих аэродинамических полях.					
	Вывод основных расчетных соотношений. Вычислительный алгоритм. Построение линий тока и траекторий пылевых частиц		1		10
4. Модель течения воздуха в перфорированной трубе, увлекаемого сыпучим материалом					
	Вывод дифференциального уравнения эжекции и рециркуляции воздуха. Вычислительный эксперимент. Линеаризация уравнения. Практические расчеты.		1		10
	ВСЕГО	17		17	38

4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	К-во часов	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
семестр № 6				
1	Вывод основных расчетных соотношений. Вычислительный алгоритм.	Построение линий тока и траекторий пылевых частиц	1	10
	Модель течения воздуха в перфорированной трубе, увлекаемого сыпучим материалом	Вывод дифференциального уравнения эжекции и рециркуляции воздуха. Вычислительный эксперимент. Линеаризация уравнения. Практические расчеты.	1	10
ВСЕГО:			1	20

4.3. Содержание лабораторных занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного занятия	К-во часов	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
семестр № 3				
1	Расчет течений во вращающихся аэродинамических полях	Динамика пылевых частиц в спектре действия местного вентиляционного отсоса от токарного станка Динамика частиц в аспирационном укрытии с вращающимся цилиндром-отсосом	1	20
ВСЕГО:			1	20

4.4. Содержание курсового проекта/работы²

Не предусмотрено учебным планом

4.5. Перечень индивидуальных домашних заданий

5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

5.1. Реализация компетенций

1. Компетенция ПК-1

Способен использовать знания по организации охраны труда, охраны окружающей среды и безопасности в чрезвычайных ситуациях на объекте экономики

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ПК- 1.3 Формулирует основные методы организации, управления обеспечения безопасности технологических процессов	Тестовый контроль, выполнение и защита лабораторных работ, собеседование, устный опрос, зачет.

5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

5.2.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий) для зачета

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Динамика пылевых аэрозолей.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Дифференциальное уравнение динамики пылевых частиц. 2. Системы дифференциальных уравнений для построения траекторий пылевых частиц. 3. Алгоритм определения максимального диаметра пылевых частиц. 4. Алгоритм построения предельных траекторий пылевых частиц. 5. Коэффициент аспирации, коэффициент улавливания 6. Метод определения концентрации пылевых частиц во всасывающих каналах.
2	Расчет потенциальных течений методом граничных интегральных уравнений	<ol style="list-style-type: none"> 1. История разработки метода граничных интегральных уравнений. 2. Дискретизация границы области. 3. Основные расчетные соотношения для расчета плоских течений без особенностей. 4. Основные расчетные соотношения для расчета трехмерных течений без особенностей. 5. Построение траекторий пылевых частиц.
3	Расчет течений во вращающихся аэродинамических полях	<ol style="list-style-type: none"> 1. Расчет течений в областях с особенностями. 2. Применение двойного слоя для расчета течений в областях с разрезами. 3. Применение вихревого слоя для расчета течений в областях с разрезами. 4. Вычислительный алгоритм определения оптимальной

		производительности местного вентиляционного отсоса.
4	Расчет течений в пульсирующих аэродинамических полях	1. Вывод основных расчетных соотношений для расчета течений в областях с вращающимися цилиндрами-отсосами. 2. Вычислительный алгоритм построения линий тока и траекторий пылевых частиц.
5	Модель течения воздуха в перфорированной трубе, увлекаемого сыпучим материалом	1. Дифференциального уравнения эжектируемого воздуха. 2. Дифференциального уравнения рециркулируемого воздуха. 3. Способы линеаризации дифференциальных уравнений. 4. Метод пристрелки численного решения системы нелинейных дифференциальных уравнений.

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

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

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

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

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

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

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 дальность броска.

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).

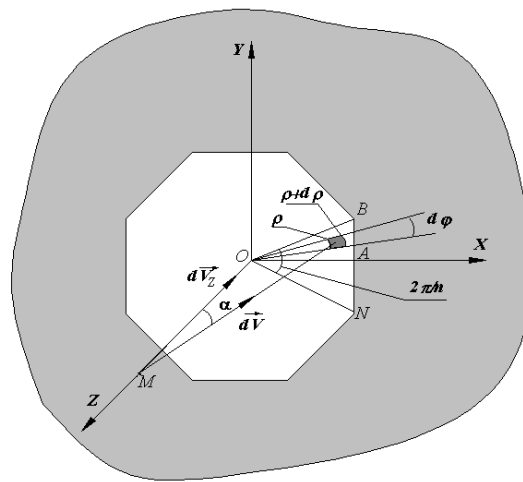


Рис.1. Правильный многоугольник, встроенный в плоскую безграничную стенку

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

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

Воспользуемся полярной системой координат (полярная ось совпадает с OX) и выделим элементарную площадку $\rho d\rho d\varphi$ в плоскости $\triangle OAB$, считая что на ней действует точечный сток. Тогда элементарный расход $dL = V_0 \rho d\rho d\varphi$, скорость

$$dV_z = dV \cos \alpha = \frac{dL}{2 \cdot \pi \cdot (\rho^2 + Z^2)} \cdot \frac{z}{\sqrt{\rho^2 + z^2}} \text{ и}$$

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

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

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

Устремляя $n \rightarrow \infty$, 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 $n = 4$ имеем формулу для расчета скорости у квадратного отверстия, полученную И. А. Шепелевым,

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

где A – длина стороны квадрата.

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

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

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, b – 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 , b при $b=1$ и $a/b = 1+0,5i$, где i – 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; var variant:integer; i:integer; z26:real; vo,z,
a,b:real; {Стороны прямоугольника} Sel,Rk,Rkr,rkp,Apr,int:real;
Vkol,Vpr,Vkv,Vel,Vkrug,Vtreug:real;
function dvel(z,phi:real):real;
Begin
dvel:=1-z/sqrt((sqrt(a*b)/(sqrt(b*cos(phi))+sqrt(a*sin(phi)))+z*z);
end;
procedure gaussint(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;
function arksin(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 Треугольник');
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;{Скоростьэллиптическогоотверстия}
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

5.4. Описание критериев оценивания компетенций и шкалы оценивания

При промежуточной аттестации в форме зачета используется следующая шкала оценивания: зачтено, не зачтено.

Критериями оценивания достижений показателей являются:

Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине	Критерий оценивания
ПК-1	Способен использовать знания по организации охраны труда, охраны окружающей среды и безопасности в чрезвычайных ситуациях на объекте

экономики	
ПК- 1.3	
Формулирует основные методы организации, управления обеспечения безопасности технологических процессов	
Знания	Знание терминов, определений, понятий
	Знание основных закономерностей, соотношений, принципов
	Объем освоенного материала
	Полнота ответов на вопросы
	Четкость изложения и интерпретации знаний
Умения	Умеет анализировать основные методы организации, управления обеспечения безопасности технологических процессов
Навыки	Имеет навыки использования методов организации охраны труда, охраны окружающей среды и безопасности в чрезвычайных ситуациях.

Оценка преподавателем выставляется интегрально с учётом всех показателей и критериев оценивания.

Оценка сформированности компетенции ПК-1 по показателю Знания.

Критерий	Уровень освоения и оценка	
	Не зачет	Зачет
Знание методов организации, управления обеспечения безопасности технологических процессов;	Не знает основных методов организации, управления обеспечения безопасности технологических процессов	Знает основные методы организации, управления обеспечения безопасности технологических процессов
Объем освоенного материала	Не знает значительной части материала дисциплины	Обладает твердым и полным знанием материала дисциплины, владеет дополнительными знаниями
Полнота ответов на вопросы	Не дает ответы на большинство вопросов	Дает полные, развернутые ответы на поставленные вопросы
Четкость изложения и интерпретации знаний	Излагает знания без логической последовательности	Излагает знания в логической последовательности, самостоятельно их интерпретируя и анализируя
	Не иллюстрирует изложение поясняющими схемами, рисунками и примерами	Выполняет поясняющие рисунки и схемы точно и аккуратно, раскрывая полноту усвоенных знаний
	Неверно излагает и интерпретирует знания	Грамотно и точно излагает знания, делает самостоятельные выводы

Оценка сформированности компетенции ПК-1 по показателю Умения.

Критерий	Уровень освоения и оценка	
	Не зачет	Зачет
Умение анализировать основные методы организации, управления обеспечения безопасности	Не умеет применять основные методы организации, управления	Обучающийся умеет правильно применять основные методы организации, управления

технологических процессов	обеспечения безопасности технологических процессов	обеспечения безопасности технологических процессов
---------------------------	--	--

Оценка сформированности компетенции ПК-1 по показателю *Навыки*

Критерий	Уровень освоения и оценка	
	Не зачет	Зачет
Навыки использования методов организации охраны труда, охраны окружающей среды и безопасности в чрезвычайных ситуациях	Не знает содержание курса. Не владеет навыками применения правил и использования основных методов организации охраны труда, охраны окружающей среды и безопасности в чрезвычайных ситуациях	Обучающийся не допускает ошибок при использовании методов организации охраны труда, охраны окружающей среды и безопасности в чрезвычайных ситуациях

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	Читальный зал библиотеки для самостоятельной работы	Специализированная мебель, компьютерная техника, подключенная к сети интернет и имеющая доступ в электронную информационно-образовательную среду
2	Учебная аудитория для проведения лекционных и практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущей и промежуточной аттестации ГК, №312, 313	Специализированная мебель. Компьютерный класс; лабораторная работа по численному интегрированию; лабораторная работа по численному решению дифференциальных уравнений; лабораторная работа по применению метода граничных интегральных уравнений, лабораторные работы по освоению метода дискретных вихрей; лабораторная работа по численному моделированию динамики твердых инерционных частиц; лабораторная работа по моделированию поведения пылевой аэрозоли в аспирационном укрытии, лабораторная работа по расчету плоских пылевоздушных течений, лабораторная работа по численному моделированию пылевоздушных течений в областях с вращающимися цилиндрами, лабораторная работа по моделированию отрывных течений на входе во

		<p>всасывающие каналы, лабораторная работа по моделированию циркуляционных течений в замкнутом помещении, лабораторная работа по построению траекторий пылевых частиц.</p> <p>ПРОГРАММЫ ДЛЯ ЭВМ, основанные на использовании методов сингулярных интегральных уравнений:</p> <p>Grohot</p> <p>Spektr</p> <p>Мультимедийный проектор, переносной экран, ноутбук, информационные стенды,</p>
--	--	--

6.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

№	Перечень лицензионного программного обеспечения.	Реквизиты подтверждающего документа
1.	Microsoft Windows 10 Корпоративная	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023. Договор поставки ПО 0326100004117000038-0003147-01 от 06.10.2017
2.	Microsoft Office Professional Plus 2016	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023.
3.	Kaspersky Endpoint Security «Стандартный Russian Edition»	Сублицензионный договор №102 от 24.05.2018. Срок действия лицензии до 19.08.2020 Гражданско-правовой Договор (Контракт) №27782 «Поставка продления права пользования (лицензии) Kaspersky Endpoint Security от 03.06.2020. Срок действия лицензии 19.08.2022 г.
4.	GoogleChrome	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения
5.	MozillaFirefox	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения

ПРОГРАММЫ ДЛЯ ЭВМ, основанные на использовании методов сингулярных интегральных уравнений:

[Grohot](#)
[Spektr](#)

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.

Электронный вариант издания: <https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2013040917451329503300006246>

2. 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.

Электронный вариант издания: <https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2013040918051481673700006545>

3. 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.

4. Срочко, В. А. Численные методы : курс лекций / В. А. Срочко. - Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2010. - 203 с.

5. 1. 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.

6. 2. Самарский, А. А. Численные методы / А. А. Самарский, А. В. Гулин. - М.: Наука, 1989. - 432 с.

7. 3. Пирумов, У. Г. Численные методы : учебное пособие / У. Г. Пирумов. - 2-е изд., испр. и доп. - М. : Дрофа, 2003. - 221 с.

8. 4. 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 вузов).

9. 5. 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>

10. 6. 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>

11. 7. 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>

12.

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/>

7. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа утверждена на 20____ /20____ учебный год
без изменений

Протокол № _____ заседания кафедры от «__» _____ 20____ г.

Заведующий кафедрой _____ В.А. Уваров
подпись, ФИО

Директор института _____ В.А. Уваров
подпись, ФИО