

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./

УТВЕРЖДАЮ

Директор института ИСИ

/Уваров В.А./



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.  (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

3. 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

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 занятиям
1. Численное моделирование вихревых течений в закрытых вытяжных устройствах.					
	Вычислительный алгоритм расчета вихревых течений в аспирационном укрытии. Комбинация методов граничных интегральных уравнений и дискретных вихрей. Расчет течений в многосвязных пульсирующих газодинамических областях Вычислительный алгоритм расчета вихревых течений в многосвязных областях с разрезами. Условие Томпсона. Расчет течения на входе в щелевидные каналы с экранами. Расчет течения в многосвязных областях с разрезами. Поле скоростей от вихревого отрезка. Вихревые многоугольники. Расчет вихревых течений газа на входе в квадратные и многоугольные всасывающие каналы. Расчет экранированных вытяжных устройств. Оптимизация вытяжных устройств по критерию дальнобойности.	1			38
2. Численное моделирование вихревых течений в многосвязных областях с разрезами.					
	Вычислительный алгоритм расчета вихревых течений в многосвязных областях с разрезами. Условие Томпсона. Расчет течения на входе в щелевидные каналы с экранами. Расчет течения в многосвязных областях с разрезами.		1		10
3. Численный метод дискретных вихревых многоугольников					
	Поле скоростей от вихревого отрезка. Вихревые многоугольники. Расчет вихревых течений газа на входе в квадратные и многоугольные всасывающие каналы. Расчет экранированных вытяжных устройств. Оптимизация вытяжных устройств по критерию дальнобойности.		1		10
4. Метод дискретных стационарных вихрей					
	Вычислительный алгоритм расчета на входе в щелевидный и круглый всасывающие каналы при задании величины постоянной циркуляции на свободной поверхности тока. Вычислительный алгоритм расчета на входе в щелевидный и круглый			2	10

	всасывающие каналы при средней скорости всасывания. Расчет изменения к.м.с. входа в неплотности щелевидной и круглой формы при их механическом экранировании. Расчет течений на входе в отсосы-раструбы в неограниченном пространстве. Расчет течений на входе в отсосы-раструбы над непроницаемой плоскостью. Расчет течений на входе в круглый всасывающий патрубок при наличии набегающего потока. Расчет течений на входе в отсосы-раструбы при наличии набегающего потока				
	ВСЕГО	1	2	1	68

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	Численное моделирование вихревых течений в многосвязных областях с разрезами.	Вычислительный алгоритм расчета вихревых течений в многосвязных областях с разрезами. Условие Томпсона. Расчет течения на входе в щелевидные каналы с экранами. Расчет течения в многосвязных областях с разрезами.	1	10
	Численный метод дискретных вихревых многоугольников	Поле скоростей от вихревого отрезка. Вихревые многоугольники. Расчет вихревых течений газа на входе в квадратные и многоугольные всасывающие каналы. Расчет экранированных вытяжных устройств. Оптимизация вытяжных устройств по критерию дальности.	1	10
ВСЕГО:			1	20

4.3. Содержание лабораторных занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного занятия	К-во часов	К-во часов СРС
семестр № 6				
1	Численное моделирование вихревых течений в многосвязных областях	Расчет течения на входе в щелевидные каналы с механическими экранами Расчет течения в многосвязных областях с разрезами.	1	10

	с разрезами.			
2	Численный метод дискретных вихревых многоугольников	Расчет вихревых течений на входе в квадратный всасывающий канал. Расчет вихревых течений на входе в круглый всасывающий канал.	1	10
ВСЕГО:			2	20

4.4. Содержание курсового проекта/работы

Не предусмотрено учебным планом

4.5. Перечень индивидуальных домашних заданий

Не предусмотрено учебным планом

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	Метод сеток, разностные схемы	1. Основные понятия и определения. 2. Краевая задача для уравнения Пуассона. 3. Графическое представление решения.
2	Основные разностные схемы для решения нестационарного	1. Явная схема. 2. Неявная схема. 3. Решение уравнения теплопроводности с использованием явной схемы.

	уравнения теплопроводности.	4. Решение уравнения теплопроводности с использованием неявной схемы.
3	Численное моделирование вихревых течений в закрытых вытяжных устройствах.	1. Вычислительный алгоритм расчета вихревых течений в аспирационном укрытии. 2. Комбинация методов граничных интегральных уравнений и дискретных вихрей. 3. Расчет течений в многосвязных областях в пульсирующих газодинамических полях.
4	Численное моделирование вихревых течений в многосвязных областях с разрезами.	1. Вычислительный алгоритм расчета вихревых течений в многосвязных областях с разрезами. 2. Условие Томпсона неизменности циркуляции. 3. Расчет течения на входе в щелевидные неплотности аспирационных укрытий. 4. Расчет течения в областях с тонкими экранами.
5	Численный метод дискретных вихревых многоугольников	1. Поле скоростей от вихревого отрезка. 2. Вихревые многоугольники. 3. Расчет вихревых течений на входе в квадратные и многоугольные всасывающие каналы. 4. Расчет экранированных вытяжных устройств. 5. Оптимизация вытяжных устройств по критерию дальности.
6.	Метод дискретных стационарных вихрей	1. Вычислительный алгоритм расчета на входе в щелевидный и круглый всасывающие каналы при задании величины постоянной циркуляции на свободной поверхности тока. 2. Вычислительный алгоритм расчета на входе в щелевидный и круглый всасывающие каналы при средней скорости всасывания. 3. Расчет изменения к.м.с. входа в неплотности щелевидной и круглой формы при их механическом экранировании. 4. Расчет течений на входе в отсосы-раструбы в неограниченном пространстве. 5. Расчет течений на входе в отсосы-раструбы над непроницаемой плоскостью. 6. Расчет течений на входе в круглый всасывающий патрубок при наличии набегающего потока. 7. Расчет течений на входе в отсосы-раструбы при наличии набегающего потока.

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.

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).

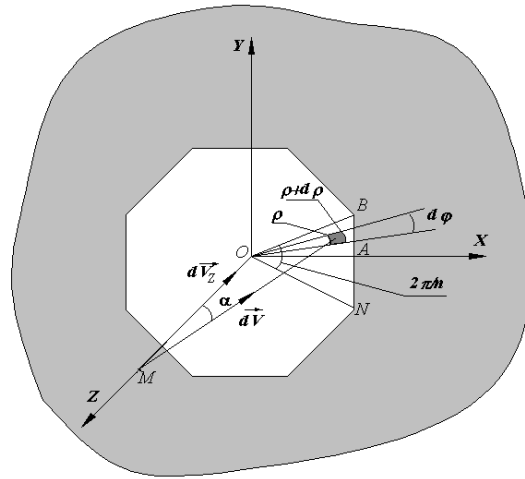


Рис.1. Правильный многоугольник, встроенный в плоскую безграничную стенку

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

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

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

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

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; { Стороныпрямоугольника } Sel,Rk,Rkr,rkr,Apr,int:real;
Vkol,Vpr,Vkv,Vel,Vkrug,Vtreug:real;
functiondvel(z,phi:real):real;
Begin
dvel:=1-z/sqrt(sqrt(a*b)/(sqrt(b*cos(phi))+sqrt(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); rkr:=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; { 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

5.4. 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.

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

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 втузов).

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/>
5. Сайт НеХудожественная Литература NeHudLit: <http://www.nehudlit.ru/books/subcat352.html>

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