

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



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
**дисциплины**

**Математическое моделирование систем жизнеобеспечения**  
(наименование дисциплины, модуля)

направление подготовки (специальность):

20.03.01 «Техносферная безопасность»  
(шифр и наименование направления бакалавриата, магистра, специальности)

Направленность программы (профиль, специализация):

«Безопасность технологических процессов и производств»  
(наименование образовательной программы (профиль, специализация))

Квалификация

бакалавр  
(бакалавр, магистр, специалист)

Форма обучения

очная  
(очная, заочная и др.)

**Институт: архитектурно-строительный**


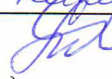
**Кафедра: теплогазоснабжения и вентиляции**

Белгород – 2016

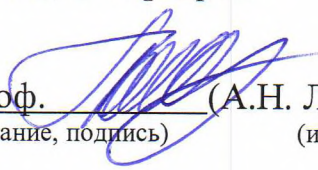
Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 20.03.01 «Техносферная безопасность» (уровень бакалавриата), утвержденного приказом № 246 от 21.03.2016 г.
- плана учебного процесса БГТУ им. В.Г. Шухова, введенного в действие в 2016 году.

9.05 2016

Составитель: д-р техн. наук, профессор  (К.И. Логачев)  
д-р техн. наук, профессор  (О.А. Аверкова)  
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

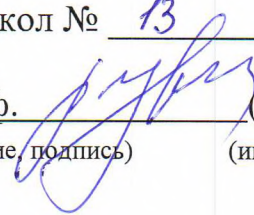
Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой  
«Безопасность жизнедеятельности»

Заведующий кафедрой: д-р техн. наук, проф.  (А.Н. Лопанов)  
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

« 12 » 05 2016 г.


Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры  
«Теплогазоснабжения и вентиляции»

« 12 » 05 2016 г., протокол № 13

Заведующий кафедрой: д-р техн. наук, проф.  (В.А. Уваров)  
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

Рабочая программа одобрена методической комиссией института  
«Архитектурно-строительного»

« 23 » 05 2016 г., протокол № 9

Председатель канд. техн. наук, доцент  (А.Ю. Феокистов)  
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

# 1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Формируемые компетенции			Требования к результатам обучения
№	Код компетенции	Компетенция	
Общепрофессиональные			
1	ОПК-1	Способность учитывать современные тенденции развития техники и технологии в области обеспечения техносферной безопасности, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности.	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен</p> <p><b>Знать:</b> информационные технологии при решении математических задач;</p> <p><b>Уметь:</b> использовать компьютерные методы решения математических задач;</p> <p><b>Владеть:</b> методами компьютерного моделирования</p>
Профессиональные			
2	ПК-15	Способностью проводить измерения уровней опасностей в среде обитания, обрабатывать полученные результаты, составлять прогнозы возможного развития ситуации	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен</p> <p><b>Знать:</b> методы обработки экспериментальных данных;</p> <p><b>Уметь:</b> анализировать адекватность аналитических данных относительно экспериментальных.</p> <p><b>Владеть:</b> навыками и основными методами обработки экспериментов.</p>

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Содержание дисциплины основывается и является логическим продолжением следующих дисциплин:

№	Наименование дисциплины (модуля)
1	Математика
2	Информатика

Содержание дисциплины служит основой для изучения следующих дисциплин:

№	Наименование дисциплины (модуля)
1	ИТ в техносферной безопасности
2	Выполнение ВКР

## 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зач. единиц, 72 часов.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр №2
Общая трудоемкость дисциплины, час	72	72
<b>Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:</b>	34	34
лекции	17	17
лабораторные	17	17
практические	-	-
<b>Самостоятельная работа студентов, в том числе:</b>	38	38
Курсовой проект	-	-
Курсовая работа	-	-
Расчетно-графические задания	-	-
Индивидуальное домашнее задание	-	-
Другие виды самостоятельной работы	-	-
Форма промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	Зачет	Зачет

**4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**4.1 Наименование тем, их содержание и объем**  
**Курс 1 Семестр 2**

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
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.	4		6	10
2. Расчет потенциальных течений методом граничных интегральных уравнений					
	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.	4		2	6
3. 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.	3		3	8
4. Расчет течений в пульсирующих аэродинамических полях.					
	Вывод основных расчетных соотношений. Вычислительный алгоритм. Построение линий тока и траекторий пылевых частиц	2		3	7
5. Модель течения воздуха в перфорированной трубе, увлекаемого сыпучим материалом					
	Вывод дифференциального уравнения эжекции и рециркуляции воздуха. Вычислительный эксперимент. Линеаризация уравнения. Практические расчеты.	4		3	7
	ВСЕГО	17		17	38

## 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
1	Динамика пылевых аэрозолей.	Определение максимального диаметра пылевых частиц в спектре действия линейного стока	2	2
2	Динамика пылевых аэрозолей.	Определение максимального диаметра пылевых частиц в спектре действия точечного стока	2	2
3	Динамика пылевых аэрозолей.	Построение области аспирации и предельных траекторий частиц	2	2
4	Расчет потенциальных течений методом граничных интегральных уравнений	Определение максимального диаметра пылевых частиц в аспирационном укрытии	2	2
5	Расчет течений во вращающихся аэродинамических полях	Динамика пылевых частиц в спектре действия местного вентиляционного отсоса от токарного станка	3	3
6	Расчет течений в пульсирующих аэродинамических полях	Динамика частиц в аспирационном укрытии с вращающимся цилиндром-отсосом	3	3
7	Модель течения воздуха в перфорированной трубе, увлекаемого сыпучим материалом	Построение имитационной модели эжектируемого воздуха в аспирационном укрытии	3	3
ВСЕГО:			17	17

## 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий)

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Динамика пылевых аэрозолей.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Дифференциальное уравнение динамики пылевых частиц.</li> <li>2. Системы дифференциальных уравнений для построения траекторий пылевых частиц.</li> <li>3. Алгоритм определения максимального диаметра пылевых частиц.</li> <li>4. Алгоритм построения предельных траекторий пылевых частиц.</li> <li>5. Коэффициент аспирации, коэффициент улавливания</li> <li>6. Метод определения концентрации пылевых частиц во всасывающих каналах.</li> </ol>
2	Расчет потенциальных течений методом граничных интегральных уравнений	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. История разработки метода граничных интегральных уравнений.</li> <li>2. Дискретизация границы области.</li> <li>3. Основные расчетные соотношения для расчета плоских течений без особенностей.</li> <li>4. Основные расчетные соотношения для расчета трехмерных течений без особенностей.</li> <li>5. Построение траекторий пылевых частиц.</li> </ol>
3	Расчет течений во вращающихся аэродинамических полях	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Расчет течений в областях с особенностями.</li> <li>2. Применение двойного слоя для расчета течений в областях с разрезами.</li> <li>3. Применение вихревого слоя для расчета течений в областях с разрезами.</li> <li>4. Вычислительный алгоритм определения оптимальной производительности местного вентиляционного отсоса.</li> </ol>
4	Расчет течений в пульсирующих аэродинамических полях	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Вывод основных расчетных соотношений для расчета течений в областях с вращающимися цилиндрами-отсосами.</li> <li>2. Вычислительный алгоритм построения линий тока и траекторий пылевых частиц.</li> </ol>
5	Модель течения воздуха в перфорированной трубе, увлекаемого сыпучим материалом	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Дифференциального уравнения эжектируемого воздуха.</li> <li>2. Дифференциального уравнения рециркулируемого воздуха.</li> <li>3. Способы линеаризации дифференциальных уравнений.</li> <li>4. Метод пристрелки численного решения системы нелинейных дифференциальных уравнений.</li> </ol>

### 5.2. Перечень тем курсовых проектов, курсовых работ, их краткое содержание и объем.

Не предусмотрены

### **5.3. Перечень индивидуальных домашних заданий, расчетно-графических заданий.**

Не предусмотрены

### **5.4. Перечень контрольных работ.**

Не предусмотрены

## **6. ОСНОВНАЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА**

### **6.1. Перечень основной литературы**

1. Численные методы. В. А. Срочко, Москва: Наука, 2013
2. Математические модели и численные методы САПР систем Т.ГВ К. И. Логачев, О. А. Аверкова. Учебное пособие, Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г.Шухова, 2010
3. Аверкова, О. А. Математическое моделирование процессов в системах аспирации [Электронный ресурс]: учеб. пособие. Ч. I; Ч. II / О. А. Аверкова, К. И. Логачёв.- Белгород: Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2007.  
<https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2013040918051481673700006545>
4. Аверкова, О. А. Вычислительный эксперимент в аэродинамике вентиляции [Электронный ресурс] : [учеб. пособие] / О. А. Аверкова. - Белгород: Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2011.  
<https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2013040917451329503300006246>

### **6.2. Перечень дополнительной литературы**

- 1 Зарубин, В. С. Математическое моделирование в технике: учеб. для вузов / В. С. Зарубин. - 2-е изд., стереотип. - Москва: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2003. - 495 с. - (Математика в техническом университете ; вып. XXI, заключительный).
- 2 Пирумов, У. Г. Численные методы : учеб. пособие / У. Г. Пирумов. - 2-е изд., испр. и доп. - Москва : Дрофа, 2003. - 221 с. - (Высшее образование).
- 3 Аверченков В.И. Основы математического моделирования технических систем [Электронный ресурс]: учебное пособие/ В.И. Аверченков — Брянск: Брянский государственный технический университет, 2012.— 271с.  
<http://www.iprbookshop.ru/7003>



- 4 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.  
<http://www.iprbookshop.ru/18438>

### 4.3 Перечень интернет ресурсов

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. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Учебные аудитории для лекционных и практических занятий, оборудованные компьютерной и проекционной техникой.

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

## ПРИЛОЖЕНИЯ

**Приложение №1.** Методические указания для обучающегося по освоению дисциплины (включая перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине).

Курс «Математическое моделирование систем жизнеобеспечения» представляет собой дисциплину вариативной части профессионального цикла подготовки студентов по направлению «Техносферная безопасность», направленности «Безопасность технологических процессов и производств».

Целью курса является изучение математических моделей расчета воздушных потоков с взвешенными частицами и вычисленных методов их реализации.

Задачи преподавания дисциплины состоят в получении магистров необходимых знаний, умений и навыков в использовании теоретических и практических методов, применяемых при анализе результатов проведенных экспериментов; самостоятельного использования полученных теоретических знаний в практической деятельности. Занятия проводятся в виде лекций и лабораторных занятий. Важное значение для изучения курса имеет самостоятельная работа студентов.

Формы контроля знаний студентов предполагают текущий и итоговый контроль. Текущий контроль знаний проводится в форме систематических опросов, выполнения одного РГЗ. Формой итогового контроля является экзамен.

Исходный этап изучения курса предполагает ознакомление с *Рабочей программой*, характеризующей границы и содержание учебного материала, который подлежит освоению.

Изучение отдельных тем курса необходимо осуществлять в соответствии с поставленными в них целями, их значимостью, основываясь на содержании и вопросах, поставленных в лекции преподавателя и приведенных в планах и заданиях к лабораторным работам, а также методических указаниях для студентов заочного обучения.

В учебниках и справочных пособиях, представленных в *списке рекомендуемой литературы* содержатся возможные ответы на поставленные вопросы. Инструментами освоения учебного материала являются основные термины и понятия, составляющие категориальный аппарат дисциплины. Их осмысление, запоминание и практическое использование являются обязательным условием овладения курсом.

Для более глубокого изучения проблем курса при подготовке контрольных работ необходимо ознакомиться с публикациями в периодических изданиях. Поиск и подбор таких изданий, статей, материалов и монографий осуществляется на основе библиографических указаний и предметных каталогов.

Изучение каждой темы следует завершать выполнением практических заданий, ответами на вопросы, содержащихся в методических пособиях по курсу. Для обеспечения систематического контроля над процессом усвоения тем курса следует пользоваться перечнем контрольных вопросов для проверки знаний по дисциплине, содержащихся в планах и заданиях к лабораторным работам и методическим указаниях для студентов заочного отделения. Если при ответах на

сформулированные в перечне вопросы возникнут затруднения, необходимо очередной раз вернуться к изучению соответствующей темы, либо обратиться за консультацией к преподавателю.

Успешное освоение курса дисциплины возможно лишь при систематической работе, требующей глубокого осмысления и повторения пройденного материала, поэтому необходимо делать соответствующие записи по каждой теме.

### **Раздел 1. Динамика пылевых аэрозолей.**

В разделе рассматриваются вывод дифференциального уравнения динамики пылевых частиц, сведение его к системе обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка для двумерного и трехмерного случая. Рассматриваются различные случаи обтекания пылевых частиц. Излагается алгоритм построения траекторий пылевых частиц вблизи линейного и точечного стоков и определения максимального диаметра пылевых частиц. Вводятся понятия о предельных траекториях пылевых частиц; коэффициенте аспирации, коэффициент улавливания. Рассматривается проблема определения концентрации пылевых частиц во всасывающих каналах.

**Термины и понятия:** дифференциальное уравнение динамики пылевых частиц, коэффициент сопротивления, коэффициент динамической формы пылевой частицы, стоксовское обтекание пылевой частицы; формула Клячко, формула Адамова, предельные траектории, коэффициент аспирации.

### **Раздел 2. Расчет потенциальных течений методом граничных интегральных уравнений**

В разделе рассматриваются: история разработки метода граничных интегральных уравнений; 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.

**Термины и понятия:** фиктивные источники (стоки), интенсивность источников (стоков), граничные элементы, базисная функция, внешняя нормаль, линии тока, траектории пылевых частиц.

### **Раздел 3. Расчет течений во вращающихся аэродинамических полях.**

Рассматривается 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.

**Термины и понятия:** диполь, двойной слой, вихрь, вихревой слой, циркуляция, линейная скорость вращения, многосвязная область.

#### **Раздел 4. Расчет течений в пульсирующих аэродинамических полях.**

Задачей раздела является изучение течений в многосвязных областях с изменяющимися во времени граничными условиями. Излагается вывод основных расчетных соотношений; вычислительный алгоритм; построение линий тока и траекторий пылевых частиц

**Термины и понятия:** изменяющиеся во времени граничные условия, метод Эйлера, метод Рунге-Кутты, вращающийся цилиндр-отсос.

#### **Раздел 5. Модель течения воздуха в перфорированной трубе, увлекаемого сыпучим материалом**

В разделе рассматривается модель течения воздуха в перфорированной трубе, увлекаемого сыпучим материалом; выводятся уравнения эжектируемого и рециркулируемого воздуха; рассматриваются способы линеаризации нелинейных дифференциальных уравнений.

**Термины и понятия:** дифференциального уравнения эжектируемого воздуха; дифференциального уравнения рециркулируемого воздуха; способы линеаризации дифференциальных уравнений; метод пристрелки численного решения системы нелинейных дифференциальных уравнений.

## 8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа без изменений утверждена на 2017 /2018 учебный год.

Протокол № 11 заседания кафедры от «24» 05 2017 г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ В.А. Уваров  
подпись, ФИО

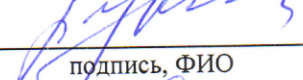
Директор института \_\_\_\_\_ В.А. Уваров  
подпись, ФИО

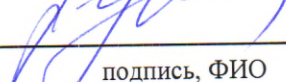
## 8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ И ГРАФИКА РАБОТЫ СТУДЕНТОВ (ГРС)

8.1. Утверждение рабочей программы без изменений

Рабочая программа и ГРС без изменений утверждена на 2018 /2019 учебный год.

Протокол № 11 \_\_\_\_\_ заседания кафедры от «\_11\_»\_\_05\_\_\_\_ 2018 г.

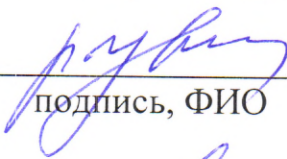
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  В.А. Уваров  
подпись, ФИО

Директор института \_\_\_\_\_  В.А. Уваров  
подпись, ФИО

## Утверждение рабочей программы без изменений

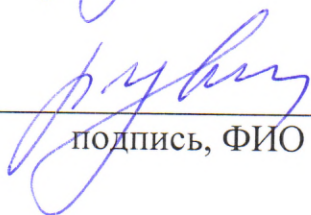
Рабочая программа без изменений утверждена на 2019/2020 учебный год.  
Протокол №   1   заседания кафедры от « 30 » августа 2019 г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ В.А. Уваров

  
подпись, ФИО

Директор института

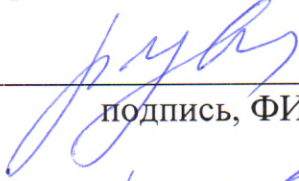
\_\_\_\_\_ В.А. Уваров

  
подпись, ФИО

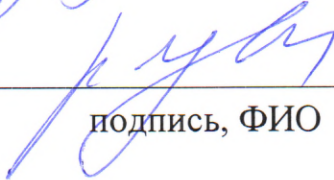
## Утверждение рабочей программы без изменений

Рабочая программа без изменений утверждена на 2020/2021 учебный год.  
Протокол № 11 заседания кафедры от «21» мая 2020 г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ В.А. Уваров

  
подпись, ФИО

Директор института \_\_\_\_\_ В.А. Уваров

  
подпись, ФИО