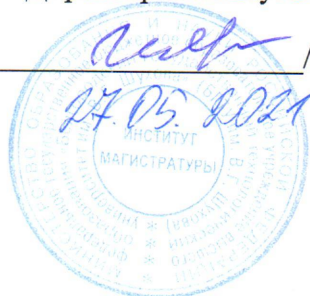


**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г.ШУХОВА»**  
(БГТУ им. В.Г. Шухова)

УТВЕРЖДАЮ


Директор института магистратуры

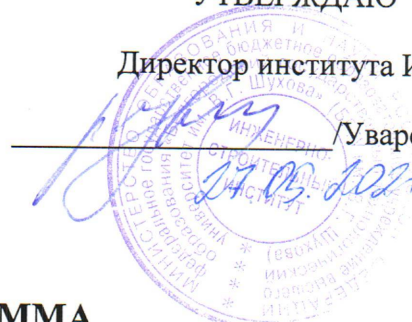
  
\_\_\_\_\_/Ярмоленко И.В./



УТВЕРЖДАЮ

Директор института ИСИ

  
\_\_\_\_\_/Уваров В.А./



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
**дисциплины**

Математическое моделирование процессов отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха

направление подготовки:

08.04.01 «Строительство»

Направленность программы:

Системы обеспечения микроклимата зданий и сооружений

Квалификация

магистр

Форма обучения

заочная

**Институт:** инженерно-строительный

**Кафедра:** теплогазоснабжения и вентиляции

Белгород – 2021

Рабочая программа составлена на основании требований:

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

Составитель (составители): д.т.н., проф.



(О.А. Аверкова)

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой  
Теплогазоснабжение и вентиляция

Заведующий кафедрой: профессор, д.т.н.



(В.А. Уваров)

« 14 » 05 2021 г.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

« 14 » 05 2021 г., протокол № 12

Заведующий кафедрой: д-р техн. наук, профессор

(В.А. Уваров)

Рабочая программа одобрена методической комиссией института

« 27 » 05 2021 г., протокол № 10

Председатель канд. техн. наук, доцент



(А.Ю. Феоктистов)

## 1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Категория (группа) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания
Общепрофессиональные	ОПК-6. Способен осуществлять исследования объектов и процессов в области строительства и жилищно-коммунального хозяйства	ОПК-6. 1 Формулирование целей, постановка задачи исследований	<b>Знать:</b> Основные научно-технические задачи в сфере профессиональной деятельности <b>Уметь:</b> осуществлять исследования объектов и процессов в области строительства и жилищно-коммунального хозяйства. <b>Владеть:</b> навыками постановка задачи исследований.
		ОПК-6. 2 Выбор способов и методик выполнения исследований	<b>Знать:</b> способы и методики выполнения исследований; <b>Уметь:</b> решать выполнение исследований в сфере профессиональной деятельности <b>Владеть:</b> навыками выбора способов и методик выполнения исследований
		ОПК-6. 3 Составление программы для проведения исследований, определение потребности в ресурсах	<b>Знать:</b> освоенный материал в полном объеме; <b>Уметь:</b> определять потребности в ресурсах <b>Владеть:</b> навыками составления программ для проведения исследований
		ОПК-6. 4 Составление плана исследования с помощью методов факторного анализа	<b>Знать:</b> метод факторного анализа <b>Уметь:</b> применять методы линейной алгебры и математического анализа для решения практических задач <b>Владеть:</b> навыками составления плана исследования с помощью методов факторного анализа
		ОПК-6. 5	<b>Знать:</b> теорию веро-

		Выполнение и контроль выполнения эмпирических исследований объекта профессиональной деятельности	ятностей и математической статистики <b>Уметь:</b> применять методы математической статистики и теории вероятностей для решения практических задач <b>Владеть:</b> навыками контроль выполнения эмпирических исследований
		ОПК-6. 6 Обработка результатов эмпирических исследований с помощью методов математической статистики и теории вероятностей	<b>Знать:</b> теорию вероятностей и математической статистики <b>Уметь:</b> применять методы математической статистики и теории вероятностей для решения практических задач <b>Владеть:</b> навыками обработки результатов эмпирических исследований
	ПКО-3. Способность обоснование проектных решений систем теплогазоснабжения, вентиляции	ПКО-3.1 Выбор данных для выполнения расчётного обоснования технологических, технических и конструктивных решений систем теплогазоснабжения, вентиляции	В результате освоения дисциплины обучающийся должен <b>Знать:</b> Методику выбора данных для выполнения расчётного обоснования технологических, технических и конструктивных решений систем теплогазоснабжения, вентиляции <b>Уметь:</b> обрабатывать результаты проведенных инженерных исследований, оценивать точности достоверность имеющихся прямых и косвенных измерений. <b>Владеть:</b> приемами выполнения расчётного обоснования технологических, технических и кон-

			структивных решений систем теплогазоснабжения, вентиляции
		<p>ПКО-3.2</p> <p>Выбор метода и методики выполнения расчётного обоснования технологических, технических и конструктивных решений систем теплогазоснабжения, вентиляции</p>	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен</p> <p><b>Знать:</b> современные методы и методики выполнения расчётного обоснования технологических, технических и конструктивных решений систем теплогазоснабжения, вентиляции</p> <p><b>Уметь:</b> использовать методики выполнения расчётного обоснования</p> <p><b>Владеть:</b> навыками использования методов расчетного обоснования в практической деятельности</p>
		<p>ПКО-3.3</p> <p>Выполнение и контроль проведения расчетного обоснования технологических, технических и конструктивных решений систем теплогазоснабжения, вентиляции, документирование результатов расчётного обоснования</p>	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен</p> <p><b>Знать:</b> современные методы математического моделирования</p> <p><b>Уметь:</b> использовать математическое моделирование для разработки научно-обоснованных предложений по совершенствованию систем обеспечения микроклимата</p> <p><b>Владеть:</b> навыками использования методов расчетного обоснования в практической деятельности</p>
	ПКР-1. Способность выполнять и организовывать научные исследования в сфере теплогазо-	ПКР-1. 1 Формулирование целей, постановка задач исследования в сфере теплогазоснабжения и	<p><b>Знать:</b> теоретический материал в полном объеме;</p> <p><b>Уметь:</b> обрабатывать результаты проведенных инженерных ис-</p>

	снабжения и вентиляции	вентиляции	следований <b>Владеть:</b> навыками подбора и расчета оборудования для проведения исследований.
		ПКР-1. 2 Выбор метода и/или методики проведения исследований в сфере теплогазоснабжения и вентиляции	В результате освоения дисциплины обучающийся должен <b>Знать:</b> основные цели и задачи исследования в сфере теплогазоснабжения и вентиляции <b>Уметь:</b> Формулировать цели и задачи в сфере ТГВ <b>Владеть:</b> навыками формулирования целей и задач
		ПКР-1. 3 Составление плана исследований в сфере теплогазоснабжения и вентиляции	В результате освоения дисциплины обучающийся должен <b>Знать:</b> основные методы и методики проведения исследований <b>Уметь:</b> осуществлять выбор методов и методик, необходимых для решения задач в сфере теплогазоснабжения и вентиляции <b>Владеть:</b> навыками проведения исследований в сфере теплогазоснабжения и вентиляции
		ПКР-1. 4 Определение перечня ресурсов, необходимых для проведения исследования	<b>Знать:</b> основные этапы исследования <b>Уметь:</b> определять ресурсы, необходимые для проведения исследования <b>Владеть:</b> навыками составления перечня ресурсов, необходи-

			МЫХ для проведения исследования
		ПКР-1. 5 Составление аналитического обзора научно-технической информации в сфере теплогазоснабжения и вентиляции	В результате освоения дисциплины обучающийся должен <b>Знать:</b> основную научно-техническую информацию в сфере теплогазоснабжения и вентиляции <b>Уметь:</b> Составлять аналитический обзор научно-технической информации в сфере теплогазоснабжения и вентиляции <b>Владеть:</b> навыками составления обзора
		ПКР-1. 6 Разработка физических и/или математических моделей исследуемых объектов	В результате освоения дисциплины обучающийся должен <b>Знать:</b> методы моделирования исследуемых объектов <b>Уметь:</b> использовать результаты моделирования для совершенствования систем обеспечения микроклимата <b>Владеть:</b> навыками создания математических и/или математических моделей
		ПКР-1. 7 Проведение математического моделирования в сфере теплогазоснабжения и вентиляции	В результате освоения дисциплины обучающийся должен <b>Знать:</b> методы моделирования пылегазовых потоков <b>Уметь:</b> использовать результаты моделирования в сфере теплогазоснабжения и вентиляции <b>Владеть:</b> навыками проведения математического мо-

			делирования в сфере теплогазоснабжения и вентиляции
		ПКР-1. 8 Обработка и систематизация результатов исследования и получение экспериментально-статистических моделей, описывающих поведение исследуемого объекта	В результате освоения дисциплины обучающийся должен <b>Знать:</b> технику измерения физических величин, приборы и оборудование для проведения физических измерений <b>Уметь:</b> обрабатывать результаты проведенных инженерных исследований, оценивать точности достоверность имеющихся прямых и косвенных измерений. <b>Владеть:</b> математическими приемами анализа и обработки результатов исследований; навыками планирования экспериментальных исследований

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

### 1. Компетенция ОПК-6.

Способен осуществлять исследования объектов и процессов в области строительства и жилищно-коммунального хозяйства

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами:

Стадия	Наименование дисциплины
1	Прикладная математика
2	Основы научных исследований
3	Организация проектно-исследовательской деятельности
4	Математическое моделирование процессов отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха



## 2. Компетенция ПКО-3.

Способность осуществлять обоснование проектных решений систем теплогазоснабжения, вентиляции

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами:

Стадия	Наименование дисциплины
1	Проектирование энергосберегающих систем отопления зданий и сооружений
2	Проектирование комплексных систем вентиляции и кондиционирования воздуха
3	Проектирование обеспыливающей вентиляции и пылегазоочистного оборудования
4	Гидродинамика и теплообмен в оборудовании отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха
5	Математическое моделирование процессов отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха
6	Численные методы решения задач отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха
7	Вычислительный эксперимент в научных исследованиях
8	Аэродинамика вентиляции, механика аэрозолей
9	Аэродинамика воздушных и пылевых потоков
10	Системы автоматизированного проектирования систем отопления
11	Системы автоматизированного проектирования систем вентиляции и кондиционирования воздуха
12	Производственная преддипломная практика (4)
13	Производственная исполнительская практика (12)
14	Производственная научно-исследовательская работа
15	Государственная итоговая аттестация

## 2. Компетенция ПКР-1.

Способность выполнять и организовывать научные исследования в сфере теплогазоснабжения и вентиляции

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами:

Стадия	Наименование дисциплины
1	Математическое моделирование процессов отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха
2	Численные методы решения задач отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха

3	Вычислительный эксперимент в научных исследованиях
4	Аэродинамика вентиляции, механика аэрозолей
5	Аэродинамика воздушных и пылевых потоков
6	Производственная научно-исследовательская работа
7	Государственная итоговая аттестация

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4зачетных единицы, 144часов.  
Форма промежуточной аттестации экзамен.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр №1
Общая трудоемкость дисциплины, час	144	144
Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:	10	10
Лекции	4	4
Лабораторные	4	4
Практические		
Групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации	2	2
Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в т. ч.:	134	134
Курсовой проект	-	-
Курсовая работа	-	-
Расчетно-графическое задание	-	-
Индивидуальное домашнее задание	9	9
Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)		
Экзамен	Экзамен (36)	Экзамен (36)

### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 4.1 Наименование тем, их содержание и объем Курс 2 Семестр 3

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час
-------	--	---

		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
<b>1. Динамика пылевых аэрозолей.</b>					
	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.	1		1	15
<b>2. Расчет потенциальных течений методом граничных интегральных уравнений</b>					
	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		1	15
<b>3. Расчет течений во вращающихся и пульсирующих аэродинамических полях.</b>					
	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		1	15
<b>4. Модель течения воздуха в перфорированной трубе, увлекаемого сыпучим материалом</b>					
	Вывод дифференциального уравнения эжекции и рециркуляции воздуха. Вычислительный эксперимент. Линеаризация уравнения. Практические расчеты.	1		1	15
	<b>ВСЕГО</b>	<b>4</b>		<b>4</b>	<b>60</b>

#### 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 № 3				
1	Динамика пылевых аэрозолей.	Определение максимального диаметра пылевых частиц в спектре действия линейного стока. Определение максимального диаметра пылевых частиц в спектре действия точечного стока. Построение области аспирации и предельных траекторий частиц	1	20
2	Расчет потенциальных течений методом граничных интегральных уравнений	Определение максимального диаметра пылевых частиц в аспирационном укрытии	1	15
3	Расчет течений во вращающихся и пульсирующих аэродинамических полях	Динамика пылевых частиц в спектре действия местного вентиляционного отсоса от токарного станка. Динамика частиц в аспирационном укрытии с вращающимся цилиндром-отсосом.	1	15
4	Модель течения воздуха в перфорированной трубе, увлекаемого сыпучим материалом	Построение имитационной модели эжектируемого воздуха в аспирационном укрытии	1	15
ВСЕГО:			4	65

### 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

1. Исследование пылевоздушных течений в аспирационном укрытии.

Выполнение РГЗ предусматривает построение линий тока и траекторий пылевых частиц в аспирационном укрытии с учетом центрального вихря, образующегося в аспирационном укрытии. Определение влияния механических экранов на величину максимального диаметра пылевых частиц. Выявление закономерности снижения уноса пылевидных частиц за счет создания в укрытии пульсирующих аэродинамических полей.

### Пример выполнения расчетно-графического задания

#### Расчет максимального диаметра пылевых частиц в аспирационном укрытии

1. Укрытие с одинарными стенками

Исследуемое укрытие (рис.1) используется для локализации пылевыделений узла загрузки конвейера на рудоподготовительных фабриках.

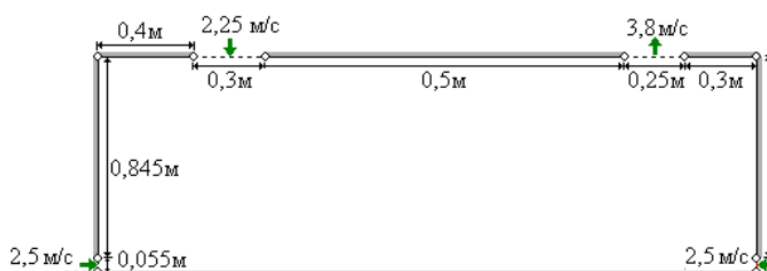


Рис.1. Укрытие с одинарными стенками

При увеличении вертикальной начальной скорости (направленной вниз) вылета пылевой частицы плотностью  $3500 \text{ кг/м}^3$  величина максимального диаметра понижается на 10-25 мкм (рис.5).

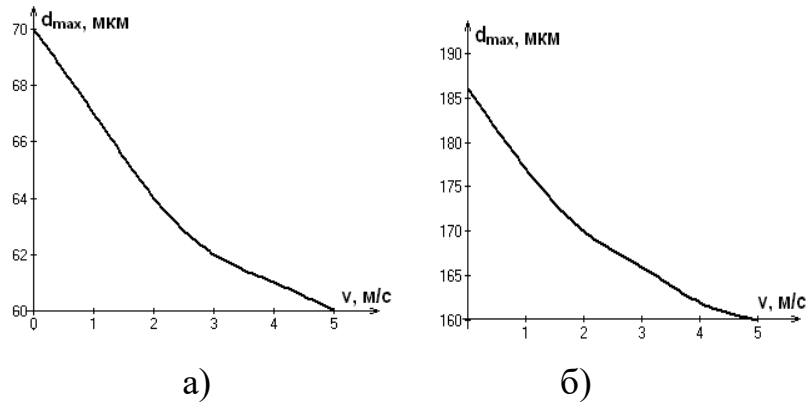


Рис.2. Зависимость величины максимального диаметра пылевой частицы от начальной скорости ее вылета: *a* – при  $\chi = 1$ ; *б* – при  $\chi = 6$

В дальнейшем будем полагать скорость вылета пылевой частицы равной скорости воздушного потока в приточном отверстии (2,25 м/с).

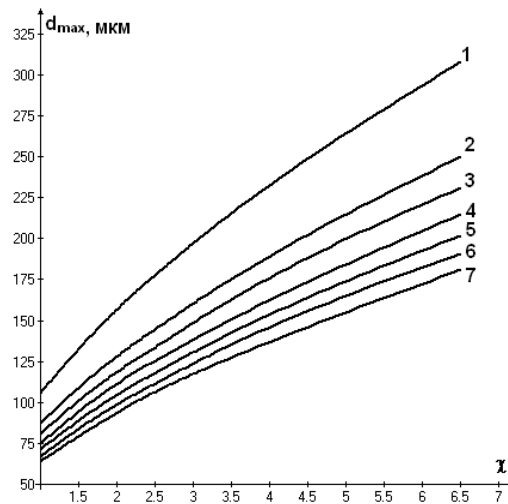


Рис.3. Зависимость величины максимального диаметра пылевой частицы от коэффициента ее формы и плотности: 1 – 1400 кг/м<sup>3</sup>, 2 – 2000 кг/м<sup>3</sup>, 3 – 2300 кг/м<sup>3</sup>, 4 – 2600 кг/м<sup>3</sup>, 5 – 2900 кг/м<sup>3</sup>, 6 – 3200 кг/м<sup>3</sup>, 7 – 3500 кг/м<sup>3</sup>

С увеличением коэффициента динамической формы пылевой частицы и уменьшением ее плотности величина максимально диаметра значительно увеличивается (рис.3).

## 2. Укрытие с двойными стенками

Исследуем зависимость величины  $d_{\max}$  от места расположения козырька (рис.4) и его длины. Геометрические и аэродинамические характеристики укрытия такие же, как и на рис.1.

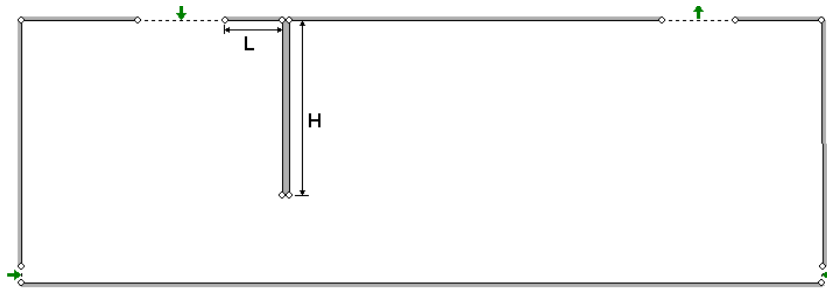


Рис.4. Модель укрытия с двойными стенками

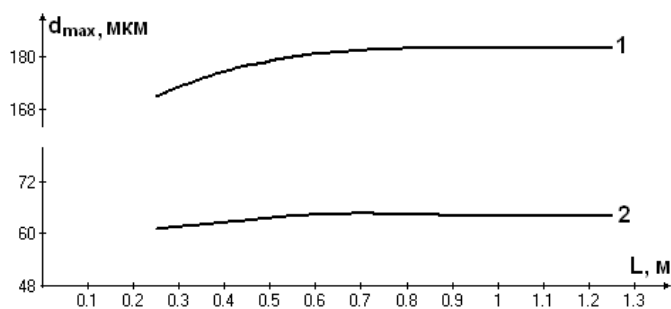


Рис.5. Зависимость величины  $d_{\max}$

от удаленности козырька от приточного отверстия при его длине

$H = 0,4$  м и плотности пылевой частицы  $3500 \text{ кг/м}^3$ : 1 –  $\chi = 6,5$ ; 2 –  $\chi = 1$

При смещении козырька от приточного отверстия к вытяжному величина  $d_{\max}$  практически постоянна. Очень незначительное снижение этой величины наблюдается при приближении козырька ближе 0,5 м (рис.5).

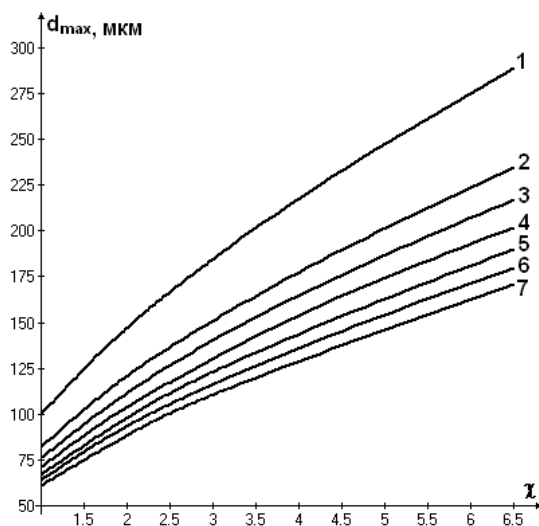


Рис.6. Зависимость величины  $d_{\max}$  при  $H = 0,4$  м и  $L=0,25$  м от коэффициента формы и плотности пылевых частиц

Анализ расчетов, представленных на рис.9-11 показывает, что наибольшее снижение величины максимального диаметра пылевой частицы на 10-15мкм наблюдается при расположении козырька на расстоянии  $L=0,25$ м от приточного отверстия. Цифры на рисунках характеризуют плотность пылевых частиц, также как и на рис.6.

При изменении скорости вылета пылевой частицы величина  $d_{\max}$  не изменяется. Например, при плотности пылевой частицы  $3500 \text{ кг/м}^3$  шарообразной формы и изменении скорости от 0 до 5 м/с, длине козырька  $H = 0,55$ м и его удаленности от приточного отверстия  $L=0,25$ м величина  $d_{\max} = 54$  мкм.

Длина козырька оказывает большее влияние на  $d_{\max}$  (рис.10,12,13). При увлечении  $H$  от 0,3м до 0,5м величина  $d_{\max}$  снижается на 8-21 мкм в зависимости от коэффициента динамической формы.

Во всех расчетах здесь и далее начальная точка вылета пылевой частицы находится в крайнем правом положении приточного отверстия, что обусловлено тем, что она является самой ближайшей к вытяжному отверстию и величина максимального диаметра в этом случае будет наибольшей.

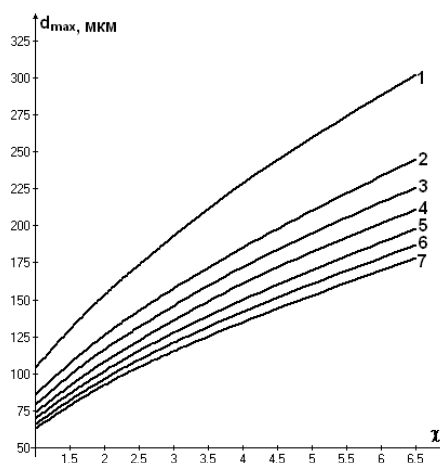


Рис.10. Зависимость величины  $d_{\max}$  при  $H = 0,4$ м и  $L=0,45$ м от коэффициента формы и плотности пылевых частиц



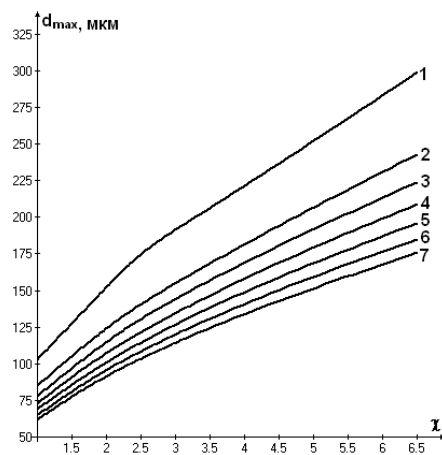


Рис.11. Зависимость величины  $d_{\max}$  при  $H = 0,3\text{м}$  и  $L=0,25\text{м}$  от коэффициента формы и плотности пылевых частиц

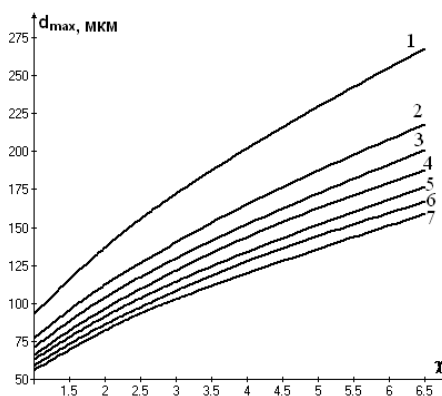


Рис.12. Зависимость величины  $d_{\max}$  при  $H = 0,5\text{м}$  и  $L=0,25\text{м}$  от коэффициента формы и плотности пылевых частиц

## 5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### 5.1. Реализация компетенции

#### 1. Компетенция ОПК-6.

Способен осуществлять исследования объектов и процессов в области строительства и жилищно-коммунального хозяйства

Наименование индикатора (показателя оценивания)	Используемые средства оценивания
ОПК-6. 1 Формулирование целей, постановка задачи исследований	Лабораторные занятия, выполнение и защита ИДЗ, экзамен
ОПК-6. 2 Выбор способов и методик выполнения исследо-	Лабораторные занятия, выполнение и защита ИДЗ, экзамен

ваний	
ОПК-6. 3 Составление программы для проведения исследований, определение потребности в ресурсах	Лабораторные занятия, выполнение и защита ИДЗ, экзамен
ОПК-6. 4 Составление плана исследования с помощью методов факторного анализа	Лабораторные занятия, выполнение и защита ИДЗ, экзамен
ОПК-6. 5 Выполнение и контроль выполнения эмпирических исследований объекта профессиональной деятельности	Лабораторные занятия, выполнение и защита ИДЗ, экзамен
ОПК-6. 6 Обработка результатов эмпирических исследований с помощью методов математической статистики и теории вероятностей	Лабораторные занятия, выполнение и защита ИДЗ, экзамен

### 1. Компетенция ПКО-3.

Способность осуществлять обоснование проектных решений систем теплогазоснабжения, вентиляции

Наименование индикатора (показателя оценивания)	Используемые средства оценивания
ПКО-3.1 Выбор данных для выполнения расчётного обоснования технологических, технических и конструктивных решений систем теплогазоснабжения, вентиляции	Экзамен, собеседование, выполнение и защита ИДЗ
ПКО-3.2 Выбор метода и методики выполнения расчётного обоснования технологических, технических и конструктивных решений систем теплогазоснабжения, вентиляции	Экзамен, собеседование, выполнение и защита ИДЗ
ПКО-3.3 Выполнение и контроль проведения расчетного обоснования технологических, технических и конструктивных решений систем теплогазоснабжения, вентиляции, документирование результатов расчётного обоснования	Экзамен, собеседование, выполнение и защита ИДЗ

### 1. Компетенция ПКР-1.

Способность выполнять и организовывать научные исследования в сфере теплогазоснабжения и вентиляции

Наименование индикатора (показателя оценивания)	Используемые средства оценивания
ПКР-1. 1 Формулирование целей, постановка задач исследования в сфере теплогазоснабжения и вентиляции	Экзамен, собеседование, выполнение и защита ИДЗ, выполнение лабораторных работ
ПКР-1. 2 Выбор метода и/или методики проведения исследований в сфере теплогазоснабжения и вентиляции	Экзамен, собеседование, выполнение и защита ИДЗ, выполнение лабораторных работ
ПКР-1. 3 Составление плана исследований в сфере теплогазоснабжения и вентиляции	Экзамен, собеседование, выполнение и защита ИДЗ, выполнение лабораторных работ
ПКР-1. 4 Определение перечня ресурсов, необходимых для проведения исследования	собеседование, выполнение и защита ИДЗ, выполнение лабораторных работ
ПКР-1. 5 Составление аналитического обзора научно- технической информации в сфере теплогазоснабжения и вентиляции	Экзамен, собеседование, выполнение и защита ИДЗ, выполнение лабораторных работ
ПКР-1. 6 Разработка физических и/или математических моделей исследуемых объектов	Экзамен, собеседование, выполнение и защита ИДЗ, выполнение лабораторных работ
ПКР-1. 7 Проведение математического моделирования в сфере теплогазоснабжения и вентиляции	Экзамен, собеседование, выполнение и защита ИДЗ, выполнение лабораторных работ
ПКР-1. 8 Обработка и систематизация результатов исследования и получение экспериментально-статистических моделей, описывающих поведение исследуемого объекта	Экзамен, собеседование, выполнение и защита ИДЗ, выполнение лабораторных работ

## 5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

### 5.2.1. Перечень контрольных вопросов(типовых заданий) для экзамена

**Промежуточная аттестация** осуществляется в конце семестра после завершения изучения дисциплины в форме **экзамена**. Экзамен состоит в итоговом собеседовании со студентом по выполненным лабораторным работам и лекционным занятиям.

Экзамен включает 2 теоретических вопроса. Для подготовки к ответу на вопросы и задания билета, который студент вытаскивает случайным образом, отводится время в пределах 30 минут. После ответа на теоретические вопросы билета, преподаватель задает дополнительные вопросы.

Распределение вопросов и заданий по билетам находится в закрытом для студентов доступе. Ежегодно по дисциплине на заседании кафедры утверждается комплект билетов для проведения экзамена по дисциплине. Экзамен является наиболее значимым оценочным средством и решающим в итоговой отметке учебных достижений студента.

*Типовой вариант экзаменационного билета*

## **МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ

ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г. ШУХОВА»**

**(БГТУ им. В.Г. Шухова)**

Кафедра теплогазоснабжения и вентиляции

Дисциплина Математическое моделирование процессов ОВК

Направление 08.04.01 «Строительство»

Профиль 08.04.01-06 «Системы обеспечения микроклимата зданий и сооружений»

### **ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1**

1. Основные расчетные соотношения для расчета трехмерных течений без особенностей.
2. Вывод дифференциального уравнения эжектируемого воздуха.

Утверждено на заседании кафедры \_\_\_\_\_,  
протокол № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой

/ Ю.И. Селиверстов

(подпись)

*Перечень вопросов на экзамен.*

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.
7. История разработки метода граничных интегральных уравнений.
8. Дискретизация границы области.
9. Основные расчетные соотношения для расчета плоских течений без особенностей.
10. Основные расчетные соотношения для расчета трехмерных течений без особенностей.
11. Построение траекторий пылевых частиц.
12. Расчет течений в областях с особенностями.
13. Применение двойного слоя для расчета течений в областях с разрезами.
14. Применение вихревого слоя для расчета течений в областях с разрезами.
15. Вычислительный алгоритм определения оптимальной производительности местного вентиляционного отсоса.
16. Вывод основных расчетных соотношений для расчета течений в областях с вращающимися цилиндрами-отсосами.
17. Вычислительный алгоритм построения линий тока и траекторий пылевых частиц.

18. Вывод дифференциального уравнения эжектируемого воздуха.
19. Вывод дифференциального уравнения рециркулируемого воздуха.
20. Способы линеаризации дифференциальных уравнений.
21. 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**

#### **Практические (семинарские) занятия.**

Не предусмотрено учебным планом

### **5.4. Описание критериев оценивания компетенций и шкалы оценивания**

Критерии оценивания индивидуального домашнего задания.

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

## **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

## 6.1. Материально-техническое обеспечение

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

## 6.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

№	Перечень лицензионного программного обеспечения	Реквизиты подтверждающего документа
1		

### Перечень учебных изданий и учебно-методических материалов

1. Волков, Е. А. Численные методы . - 5-е изд., стер.. Учебное пособие Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2008
2. Волков, Е. А. Численные методы. - 3-е изд., испр. Учебное пособие. СПб. : Лань, 2004
3. Аверкова, О. А. Вычислительный эксперимент в аэродинамике вентиляции [Электронный ресурс] : [учеб. пособие] / О. А. Аверкова. - Электрон. текстовые дан. - Белгород : Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2011., <https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2013040917451329503300006246>
4. Аверкова, О. А. Математическое моделирование процессов в системах аспирации [Электронный ресурс] : учеб. пособие. Ч. I ; Ч. II / О. А. Аверкова, К. И. Логачёв. - Электрон. текстовые дан. - Белгород : Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2007. <https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2013040918051481673700006545>
5. 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). - ISBN 5-7038-1435-9
6. Аверченков В.И. Пирумов, У. Г. Численные методы : учеб. пособие / У. Г. Пирумов. - 2-е изд., испр. и доп. - Москва : Дрофа, 2003. - 221 с. - (Высшее образование). - ISBN 5-7107-6074-9
7. Аверченков В.И. Основы математического моделирования технических систем [Электронный ресурс]: учебное пособие/ В.И. Аверченков — Брянск: Брянский государственный технический университет, 2012.— 271с.

8. 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.

9. 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.

10. Интернет ресурсы:

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>



## Утверждение рабочей программы без изменений

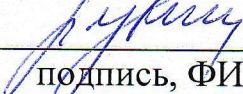
Рабочая программа без изменений утверждена на 2022/2023 учебный год.  
Протокол № 12 заседания кафедры от «12» мая 2022 г.

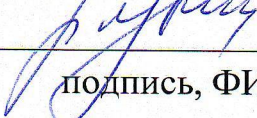
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ В.А. Уваров  
подпись, ФИО

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

## Утверждение рабочей программы без изменений

Рабочая программа без изменений утверждена на 2023/2024 учебный год.  
Протокол № 12 заседания кафедры от «5» мая 2023 г.

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

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