



**«Московский государственный технический
университет
имени Н.Э. Баумана»
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)**

УТВЕРЖДАЮ
Первый проректор —
проректор по научной работе

МГТУ им. Н.Э.Баумана
_____ В.Н. Зимин
«__» _____ 2014 г.

Регистрационный номер

Программа учебной дисциплины

Очистка воздуха в системах вентиляции и кондиционирования

Программа учебной дисциплины составлена в соответствии с основной образовательной программой послевузовского профессионального образования МГТУ им. Н.Э. Баумана для аспирантов, обучающихся по специальности:

| Наименование специальности | Шифр специальности |
|-------------------------------|--------------------|
| Охрана труда (машиностроение) | 05.26.01 |

| | |
|---|--|
| Обсуждено на заседании кафедры Э9 «__» _____ 2014 г. Протокол № _____ Зав. кафедрой _____ А.А. Александров | Автор программы: к.т.н., доцент _____ В.С. Спиридонов |
|---|--|

1. Общая характеристика дисциплины

1.1. Цель преподавания дисциплины состоит в содействии формированию знаний, умений и навыков для реализации следующих областей исследований:

- разработка научных основ создания современных методов очистки воздуха в системах вентиляции и кондиционирования;
- теоретический анализ и экспериментальное исследование процессов, машин и аппаратов очистки воздуха с целью улучшения их технико-экономических и эксплуатационных характеристик.

1.2. Задачей преподавания дисциплины является формирование у аспирантов необходимой теоретической базы в области проектирования систем очистки воздуха, позволяющей получать решения новых научно-технических проблем, обладающие научной новизной и практической значимостью.

Направлениями преподавания дисциплины являются:

- изучение промышленных аэрозолей и их свойств;
- овладение методами описания движения аэрозольных частиц в газах;
- изучение сухих и мокрых методов очистки воздуха;
- овладение технологическим процессом моделирования систем очистки воздуха;
- изучение методов организации промышленных систем комплексной очистки воздуха.

1.3. Компетенции, приобретаемые аспирантами в результате изучения дисциплины.

1.3.1. Универсальные компетенции (УК):

- УК-1 - способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях;
- УК-3 - готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач;
- УК-5 - способность следовать этическим нормам в профессиональной деятельности;
- УК-6 - способностью планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития.

1.3.2. Общепрофессиональные компетенции (ОПК):

- ОПК-1 - владением методологией теоретических и экспериментальных исследований в сфере и по проблемам обеспечения экологической и промышленной безопасности, мониторинга и контроля среды обитания человека
- ОПК-4 - готовность организовать работу исследовательского коллектива в сфере обеспечения экологической и промышленной безопасности, безопасности труда, защиты в чрезвычайных ситуациях, по проблемам прогнозирования рисков и новых технологий мониторинга техногенных опасностей
- ОПК-5 - готовностью к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования.

1.3.3. Профессиональные компетенции (ПК):

- ПК-1 - готовностью применять перспективные методы исследования и решения профессиональных задач с учетом мировых тенденций развития в области охраны труда в машиностроении;
- ПК-3 - умением проводить разработку и исследование методик анализа, синтеза, оптимизации и прогнозирования качества функционирования объектов профессиональной деятельности;
- ПК-4 - способностью выбирать и преобразовывать математические модели явлений, процессов и систем в области профессиональной деятельности с целью их исследования и реализации средствами вычислительной техники.
- ПК-5 - способностью разрабатывать математические модели, методы, применять компьютерные технологии и системы поддержки принятия решений в научных исследованиях, проектно-конструкторской деятельности, управлении технологическими, экономическими, социальными системами и в гуманитарных областях деятельности человека.

2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной программы послевузовского профессионального образования.

Для усвоения дисциплины обучаемый должен обладать базовой естественнонаучной подготовкой и знаниями специалиста или магистра по профильному направлению подготовки.

Рассматриваемая дисциплина тесно связана со следующими разделами дисциплин учебных планов специалиста или магистра профильного направления подготовки:

- Математический анализ;
- Физика;
- Газодинамика;
- Термодинамика;
- Химия.

Освоение данной дисциплины аспирантом призвано помочь ему в приобретении знаний и навыков, необходимых для выполнения НИР и диссертационной работы, подготовки и сдачи кандидатского экзамена по специальности.

3. Структура и содержание дисциплины

| Модули | Трудоемкость в зачетн. ед. | Часы общ./ауд. | Контрольные мероприятия |
|----------|----------------------------|----------------|--------------------------------------|
| Модуль 1 | 2 | 72/18 | Аналитическая справка/тезисы доклада |
| Модуль 2 | 2 | 72/18 | Аналитическая справка/тезисы доклада |
| Модуль 3 | 3 | 108/36 | Аналитическая справка/тезисы доклада |

3.1. Виды учебной работы

| Виды учебной работы | Объем в часах | | |
|---|---------------|---------------|--------------|
| | Всего | III-й семестр | IV-й семестр |
| Лекции | - | | |
| Семинары | 36 | 18 | 18 |
| Лабораторные работы | - | - | - |
| Другие виды занятий | 36 | 18 | 18 |
| Самостоятельная работа | 180 | 108 | 72 |
| Итого в часах | 252 | 144 | 108 |
| Итого в зачетных единицах ^{*)} : | 7 | 4 | 3 |
| Проверка знаний: | Зачет | | Зачет |

Модуль 1. Промышленные загрязнения воздуха

Источники образований промышленных загрязнений. Дисперсные системы и их классификация. Гомогенные и гетерогенные системы.

Характеристики газообразных загрязняющих веществ. Свойства газообразных загрязняющих веществ и механизмы их образования. Соединения серы, азота, хлора, углерода и углеводороды. Химические соединения газообразных загрязняющих веществ. Особо опасные загрязняющие вещества.

Методы определения и контроля гомогенных загрязнений воздуха.

Влажный воздух. Характеристика влажных сред и анализ их влияния на эффективность протекающих процессов. Абсолютная и относительная влажность воздуха. Способы определения влажности воздуха.

Характеристики аэрозольных загрязнений. Аэрозольные частицы дезинтеграции и конденсации. Классификация промышленных аэрозолей.

Свойства индивидуальных частиц: геометрическая форма, размер, дисперсность, шероховатость поверхности. Способы определения размеров аэрозольных частиц. Коэффициенты формы частиц. Физико-химические свойства веществ конденсированной фазы: плотность, твердость, смачиваемость, растворимость, удельное электрическое сопротивление.

Свойства аэрозолей как совокупности частиц конденсированной фазы. Дисперсный состав частиц конденсированной фазы. Способы определения дисперсного состава частиц. Интегральная и дифференциальная кривые распределения частиц по размерам. Параметры распределения. Средний размер частиц и способы его определения. Величина удельной поверхности частиц.

Свойства пылевого слоя: пористость, насыпная плотность, угол естественного откоса, угол обрушения, гигроскопичность, прочность, сжимаемость. Морфология промышленных аэрозолей. Горючесть и взрываемость пыли.

Закономерности движения аэрозольных частиц в газах. Аэродинамическое сопротивление частиц сферической формы. Закон Стокса. Коэффициент лобового сопротивления частиц сферической формы в переходной области обтекания и в области Ньютона. Аэродинамическое сопротивление частиц неправильной формы. Особенности движения капель жидкости. Устойчивость капель в потоке газа. Движение аэрозольных частиц в дискретных средах. Модифицированное уравнение Стокса.

Модуль 2. Методы очистки воздуха от гомогенных загрязнений

Применимость рассматриваемых методов очистки, их преимущества и недостатки. Химические методы очистки воздуха.

Водные и неводные системы. Однократная абсорбция и регенерация. Конструкция абсорбционного оборудования. Теоретические основы абсорбционных процессов и методы их расчета. Абсорбция на твердых материалах.

Адсорбционные методы очистки воздуха и области их применения. Основные виды адсорбентов. Принципы разработки адсорбционных систем. Десорбция и удаление адсорбируемых продуктов. Типы оборудования для адсорбции.

Теоретические основы адсорбционных процессов и методы их расчета. Механизмы адсорбции. Адсорбционное равновесие и пористая структура адсорбентов. Уравнения изотерм адсорбции. Кинетика адсорбции. Кинетическая кривая. Коэффициент диффузии. Виды переноса в пористом теле. Кинетика десорбции. Изотермическая десорбция. Выбор температурного режима десорбции. Динамика адсорбции. Уравнение материального баланса. Уравнение кинетики адсорбции. Уравнение теплового баланса. Уравнение передачи тепла. Начальные и граничные условия. Математические модели динамики адсорбции. Равновесие и динамика адсорбции.

Технологические циклы работы адсорберов. Эксплуатационные характеристики адсорберов. Режимы эксплуатации адсорберов. Конструктивные схемы адсорберов.

Очистка воздуха активными углями. Комплексная очистка воздуха цеолитами. Осушка воздуха силикагелями. Осушка воздуха в статических и динамических условиях. Осушка воздуха с небольшим содержанием влаги. Выбор условий регенерации силикагеля. Деактивация силикагеля.

Конденсация. Типы используемого оборудования. Теория и проектирование. Некоторые проблемы – образование тумана.

Модуль 3. Методы очистки воздуха от гетерогенных загрязнений

Улавливание пыли механическими осадителями. Принципы и объекты механического улавливания. Область применения, преимущества и недостатки механических методов очистки воздуха. Осадительные камеры, инерционные осадители, циклонные осадители. Физические основы процессов очистки механическими осадителями. Закономерности движения аэрозолей в механических осадителях. Механизмы процессов диффузии и инерции. Расчет и конструирование механических осадителей. Оценка эффективности работы механических осадителей.

Улавливание аэрозолей фильтрованием. Принципиальная схема фильтра. Фильтровальные перегородки и их структурные характеристики. Фильтровальные перегородки из волокон и частиц. Закономерности движения газов в пористых средах. Физические основы процесса фильтрования. Фильтры поверхностного действия и глубинные фильтры. Фильтрование с образованием осадка. Силы адгезии. Аэродинамический захват частиц. Механизмы диффузии, инерции и касания. Диапазоны размеров частиц, улавливаемых за счет диффузии и инерции. Совместное действие различных механизмов улавливания. Влияние режима фильтрования на механизм улавливания частиц в пористой перегородке. Изменение гидравлического сопротивления фильтровальной перегородки в процессе фильтрования. Регенерация фильтровальных перегородок.

Материалы, применяемые для изготовления фильтровальных перегородок. Фильтровальные ткани, войлоки, фетры. Виды волокон, применяемых для изготовления фильтровальных материалов. Эксплуатационные характеристики волокнистых материалов. Улавливание пыли волокнистыми фильтрами. Режимы эксплуатации волокнистых фильтров. Конструктивные схемы волокнистых фильтров.

Очистка газов от механических примесей в электрическом поле. Преимущества и недостатки электрофильтров. Область их применения. Состав установки для электрической очистки газов. Схема процесса улавливания пыли в электрофильтре. Физические основы работы электрофильтра. Скорость движения ионов в электрофильтре. Подвижность ионов. Ударная ионизация нейтральных молекул газа. Влияние конфигурации электрического поля на характер электрического разряда в газах. Искровой разряд. Коронный разряд. Ток короны. Критическое напряжение

короны. Положительная и отрицательная короны. Механизм зарядки частиц пыли в межэлектродном пространстве. Величина максимального электрического заряда, приобретаемого частицами пыли в электрическом поле. Силы, обуславливающие движение частиц пыли в межэлектродном пространстве. Дрейф частиц к осадительному электроду. Процесс осаждения пыли на осадительный электрод. Влияние характеристик пыли и параметров очищенного газа на процесс осаждения и удерживание пыли на осадительном электроде. Вторичный унос пыли с электрода. Классификация промышленных пылей по величине их удельного электрического сопротивления. Влияние слоя осажденной пыли на напряженность поля в межэлектродном пространстве. Вольтамперная характеристика электрофильтра на участке коронного разряда. Зависимость тока короны от концентрации пыли в очищаемом газе, температуры, влажности, давления и скорости движения газа. Явление запираания электрофильтра. Способы предотвращения запираания электрофильтра. Теоретический расчет эффективности улавливания пыли в электрофильтре. Уравнение Дейча. Элементы конструкции электрофильтра.

Конструктивные схемы корпуса электрофильтра. Устройства, обеспечивающие выравнивание профиля скорости газа в межэлектродном пространстве. Конструкции и геометрические размеры коронирующего и осадительного электродов. Материалы, применяемые для изготовления электродов. Способы удаления пыли с поверхности осадительных электродов. Классификация электрофильтров. Схемы электрического оборудования аппарата. Влияние различных факторов на работу электрофильтров. Выбор и порядок расчета электрофильтров.

Мокрые методы обеспыливания газов. Области применения мокрых пылеулавителей, их преимущества и недостатки. Физические основы улавливания пыли в мокрых пылеулавителях. Захват частиц пыли каплями жидкости. Захват частиц пыли пленкой жидкости. Влияние смачиваемости частиц пыли на характер их взаимодействия с поверхностью жидкости.

Энергетический метод расчета эффективности мокрых пылеулавителей. Суммарная энергия соприкосновения фаз. Различные формы записи уравнения теплового баланса в аппарате. Расчет температуры очищаемого газа на выходе из аппарата. Температура «мокрого» термометра. Определение температуры «мокрого» термометра по диаграмме Рамзина.

Пылеулавляющие аппараты с промывкой газов жидкостью. Устройство и работа форсуночных пылеулавителей. Процесс теплообмена в форсуночных срубберах. Определение средней разности температур между газом и жидкостью. Коэффициент теплопередачи. Расчет необходимого количества воды, подаваемой в аппарат. Теоретический расчет эффективности улавливания пыли в форсуночных скрубберах. Процесс дробления капель жидкости и захват ими пыли. Критическое значение числа Вебера. Формула Нукиямы и Таназавы для расчета размера капель воды. Вспомогательное оборудование мокрых пылеулавителей. Устройства для диспергирования жидкостей. Конструкции форсунок. Размер капель, образующихся при диспергировании жидкостей. Устройства для сепарации капель из потока газа.

3.2. Практические занятия (семинары, упражнения и т.п.)

Модуль 1. Научно-практические семинары

Темы семинаров:

1. Синтез современных систем очистки газовых выбросов - 2 ч.;
2. Конвективная диффузия загрязняющих веществ в газах - 2 ч.;
3. Особенности движения аэрозольных частиц в газах - 2 ч.

Рекомендуемая литература [1-3, 6-7, 11-13].
Трудоемкость: 9 часов.
Максимальный балл: 10.
Минимальный балл: 7.
Сроки проведения: с 11-й по 12-ю неделю 3-го семестра.
Форма отчетности: тезисы научных докладов и сообщений.

Модуль 2. Научно-практические семинары

1. Массообмен на границе раздела фаз - 2 ч;
2. Особенности массообмена в капиллярно-пористых системах - 2 ч;
3. Абсорбция при наличии превращений в жидком поглотителе - 2 ч.;
Рекомендуемая литература [2-4, 6-9, 1-13]
Трудоемкость: 9 часов.
Максимальный балл: 10.
Минимальный балл: 7.
Сроки проведения: с 13-й по 14-ю неделю 3-го семестра.
Форма отчетности: тезисы научных докладов и сообщений.

Модуль 3. Научно-практические семинары.

1. Механизмы коагуляции аэрозольных частиц - 2 ч;
2. Особенности движения аэрозольных систем в пористых средах - 2 ч;
3. Движение аэрозольных частиц во внешней области коронного разряда - 2ч.;
Рекомендуемая литература [2-4, 6-9, 1-13]
Трудоемкость: 18 часов.
Максимальный балл: 15.
Минимальный балл: 11.
Сроки проведения: с 1-й по 4-ю неделю 4-го семестра.
Форма отчетности: тезисы научных докладов и сообщений.

3.3. Другие виды аудиторных занятий

Публичные доклады по теме: "Исследование и анализ диффузионных процессов в потоках газов".

Рекомендуемая литература [1-13].
Трудоемкость: 9 часов, в том числе консультации - 2 часа.
Максимальный балл: 8.
Минимальный балл: 5.

Форма сдачи: публичная защита при участии научного руководителя.
Сроки проведения: 12 - 13-ая неделя 3-го семестра.

Публичные доклады по теме: "Современные технологии нейтрализации газообразных загрязнений".

Рекомендуемая литература [1-13].
Трудоемкость: 9 часов, в том числе консультации - 2 часа.
Максимальный балл: 7.
Минимальный балл: 5.

Форма сдачи: публичная защита при участии научного руководителя.
Сроки проведения: 13-14-ая неделя 3-го семестра.

Публичные доклады по теме: "Методы очистки воздуха от гетерогенных загрязнений».

Рекомендуемая литература [1-13].

Трудоемкость: 18 часов, в том числе консультации - 4 часа.

Максимальный балл: 10.

Минимальный балл: 7.

Форма сдачи: публичная защита при участии научного руководителя.

Сроки проведения: 3 - 4-ая недели 4-го семестра.

3.4. Самостоятельная работа (в том числе под контролем преподавателя на консультациях)

3.4.1 Самостоятельная проработка материала

Модуль 1. Промышленные загрязнения воздуха.

Рекомендуемая литература [2, 3, 7, 9, 11-13].

Трудоемкость: 54 часа, в том числе консультации - 8 часов.

Максимальный балл: 10.

Минимальный балл: 6.

Сроки проведения: 11 - 12-ая неделя 3-го семестра.

Форма отчетности: рефераты, аналитическая справка.

Модуль 2. Методы очистки воздуха от гомогенных загрязнений

Рекомендуемая литература [1-5, 8-10, 13].

Трудоемкость: 54 часа, в том числе консультации - 10 часов.

Максимальный балл: 10.

Минимальный балл: 7.

Сроки проведения: 13 - 14-ая неделя 3-го семестра.

Форма отчетности: рефераты, аналитическая справка.

Модуль 3. Методы очистки воздуха от гетерогенных загрязнений

Рекомендуемая литература [1-5, 8-10, 13].

Трудоемкость: 72 часов, в том числе консультации - 12 часов.

Максимальный балл: 20.

Минимальный балл: 10.

Сроки проведения: 1 - 3-ая неделя 4-го семестра.

Форма отчетности: рефераты, аналитическая справка.

4. Образовательные технологии

В процессе изучения дисциплины аспиранты имеют возможность использовать нижеследующие формы получения и закрепления знаний, а также приобретения опыта их представления:

- изучение промышленных аэрозолей и их свойств на базе имеющегося библиотечного фонда и периодических изданий;
- методы математического моделирования движения аэрозольных частиц в газах с использованием вычислительной техники;
- математическое и физическое моделирование сухих и мокрых способов очистки воздуха;
- методы натурального моделирования процессов очистки воздуха с использованием имеющегося в специализированной лаборатории кафедры оборудования;
- презентации рефератов и выступления с докладами на научно-технических семинарах и конференциях.

Возможно участие аспирантов в проведении научных исследований в профильных организациях.

5. Оценочные средства текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспирантов

Самостоятельная работа аспирантов имеет основную цель – обеспечить качество подготовки выпускаемых специалистов в соответствии с требованиями программы.

В процессе обучения предусмотрены следующие виды самостоятельной работы обучающегося:

- Работа с конспектами лекций;
- Написание рефератов по отдельным разделам дисциплины;
- Текущий мониторинг технической литературы и периодических изданий в области изучаемой с учетом по направления диссертационной работы;
- Изучение обязательной и дополнительной литературы.

Контроль результатов самостоятельной работы осуществляется преподавателем в течение всего семестра. При освоении дисциплины могут быть использованы следующие формы контроля самостоятельной работы:

- контрольные вопросы при проведении аудиторных занятий;
- обсуждение и итоговая (устная) оценка докладов на научно-технических семинарах;
- оценка рефератов.

Примеры контрольных вопросов по разделам дисциплины.

| Разделы дисциплины | Контрольные вопросы |
|---|---|
| Характеристики аэрозольных загрязнений | Коэффициенты формы частиц. Физико-химические свойства веществ конденсированной фазы. |
| Закономерности движения аэрозольных частиц в газах | Закон Стокса. Особенности движения капель жидкости. Устойчивость капель в потоке газа. Движение аэрозольных частиц в дискретных средах. |
| Адсорбционные методы очистки воздуха | Основные виды адсорбентов. Принципы разработки адсорбционных систем. Десорбция и удаление адсорбируемых продуктов. Типы оборудования для адсорбции. |
| Механизмы адсорбции | Уравнения изотерм адсорбции. Кинетика адсорбции. Кинетическая кривая. Коэффициент диффузии. Кинетика десорбции. Изотермическая десорбция. |
| Улавливание пыли механическими осадителями | Физические основы процессов очистки механическими осадителями. Закономерности движения аэрозолей в механических осадителях. |
| Улавливание аэрозолей фильтрованием | Принципиальная схема фильтра. Фильтровальные перегородки и их структурные характеристики. Закономерности движения газов в пористых средах. |
| Очистка газов от механических примесей в электрическом поле | Схема процесса улавливания пыли в электрофильтре. Физические основы работы электрофильтра. Скорость движения ионов в электрофильтре. |
| Мокрые методы обеспыливания газов | Физические основы улавливания пыли в мокрых пылеулавливателях. Энергетический метод расчета эффективности мокрых пылеулавливателей. |

| | |
|---|--|
| Пылеулавливающие аппараты с промывкой газов жидкостью | Теоретический расчет эффективности улавливания пыли в форсуночных скрубберах. Критическое значение числа Вебера. Формула Нукиямы и Таназава для расчета размера капель воды. |
|---|--|

Итоговая отчетность по дисциплине – зачет.

6 Методическое обеспечение дисциплины

6.1. Основная учебная литература

1. Сотников Е.В., Дмитренко В.П., Сотников В.С. Теоретические основы процессов защиты среды обитания: учеб. пособие для вузов / Сотников Е.В., Дмитренко В.П., Сотников В.С. – СПб.: Лань, 2014. – 573 с.

2. Комкин А.И., Ксенофонтов Б.С., Спиридонов В.С. Расчет и проектирование систем защиты окружающей среды: учеб. пособие: в 2 ч. / Комкин А.И., Ксенофонтов Б.С., Спиридонов В.С.; МГТУ им. Н.Э. Баумана. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. Ч.1: Теоретические основы. – 2011. – 97 с.

3. Шумилов Р.Н., Толстова Ю.И., Бояршинова А.Н. Проектирование систем вентиляции и отопления: учеб. пособие / Шумилов Р.Н., Толстова Ю.И., Бояршинова А.Н. – 2-е изд., испр. и доп. – СПб.: Лань, 2014. – 332 с.

6.2. Дополнительная учебная литература.

4. Ветошкин А.Г. Теоретические основы защиты окружающей среды: Учеб. пособие/А.Г.Ветошкин. – М.: Высш.шк., 2008. – 397 с.

5. Ветошкин А.Г. Процессы и аппараты газоочистки: Учеб. пособ. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2006 – 232 с.

6. Ветошкин А.Г. Процессы и аппараты пылеочистки: Учеб. пособ. Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2005 – 244 с.

7. Страус В. Промышленная очистка газов. – М.: Химия, 1981. – 616с.

8. Алиев Г.М.-А. Техника пылеулавливания и очистки промышленных газов. – М.: Металлургия, 1986. –544с.

9. Защита атмосферы от промышленных загрязнений. Ч.1./Под ред. Калверта С., Инглунда Г.М. – М.: Металлургия, 1988. – 760с.

10. Защита атмосферы от промышленных загрязнений. Ч.2./Под ред. Калверта С., Инглунда Г.М. – М.: Металлургия, 1988. – 712с.

11. Пирумов А.И. Обеспыливание воздуха. – М.: Стройиздат, 1981. – 296с.

12. Волокнистые фильтрующие материалы ФП./И.В. Петрянов и др. – М.: Знание, 1968. – 76с.

6.3. Кафедральные издания и методические материалы

13. Сажеуловители / Под ред. Белова С.В. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1995. – 57с.

6.4. Периодические издания

Журнал «Безопасность в техносфере»

Журнал «Безопасность жизнедеятельности»

Автор программы:

_____ В.С. Спиридонов

" _____ " _____ 2014 г.

Заведующий кафедрой "Экология и промышленная безопасность" (Э-9)

_____ А.А. Александров

" _____ " _____ 2014 г.

Ответственный за подготовку направления 20.06.01

_____ В.А. Девисилов

" _____ " _____ 2014 г.

Начальник управления докторантуры и аспирантуры

_____ И.Б. Шавырин

" _____ " _____ 2014 г.