

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



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
**дисциплины (модуля)**

**Экологический контроль загрязнения природной среды в местах  
хранения и захоронения отходов**

направление подготовки (специальность):

18.04.02 – Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической  
технологии, нефтехимии и биотехнологии

Направленность программы (профиль, специализация):  
Энерго- и ресурсосберегающие процессы переработки твердых бытовых и  
промышленных отходов

Квалификация

магистр

Форма обучения

очная


**Институт: Строительного материаловедения и техносферной  
безопасности**

**Кафедра: Промышленной экологии**

Белгород – 2015

Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 18.04.02 – Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии (уровень магистратуры), утвержденного Приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 20.11.2014 г., № 1480.
- плана учебного процесса БГТУ им. В.Г. Шухова, введенного в действие в 2015 году.

Составитель (составители): к.х.н., доц.  (М.М. Латыпова)


Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой  
«Промышленной экологии»

Заведующий кафедрой: д.т.н., проф.  (С.В. Свергузова)

« 23 » марта 2015 г.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры  
«Промышленной экологии»

« 23 » марта 2015 г., протокол № 11

Заведующий кафедрой: д.т.н., проф.  (С.В. Свергузова)

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИСМиТБ

« 15 » апреля 2015 г., протокол № 8

Председатель, к.т.н., доцент  (Л.А. Порожнюк)

## 1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Формируемые компетенции			Требования к результатам обучения
№	Код компетенции	Компетенция	
Профессиональные			
1	ПК-9	Способность к анализу технологических процессов с целью повышения показателей энерго- и ресурсосбережения, к оценке экономической эффективности технологических процессов, их экологической безопасности	В результате освоения дисциплины обучающийся должен <b>Знать:</b> методы контроля качества объектов окружающей среды, нормативные документы в области охраны окружающей среды в местах хранения и захоронения отходов; <b>Уметь:</b> проводить пробоотбор, пробоподготовку и анализ проб воды, почвы и воздуха; <b>Владеть:</b> методами анализа и оценки качества окружающей среды в местах хранения и захоронения отходов.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Содержание дисциплины основывается и является логическим продолжением следующих дисциплин:

№	Наименование дисциплины (модуля)
1	Защита окружающей среды и экологическая безопасность на предприятиях
2	Научно-исследовательская работа в семестре

Содержание дисциплины служит основой для изучения следующих дисциплин:

№	Наименование дисциплины (модуля)
1	Преддипломная практика
2	Государственная итоговая аттестация

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зач. единиц, 216 часов.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 3
Общая трудоемкость дисциплины, час	216	216
<b>Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:</b>	68	68
лекции	17	17
лабораторные	51	51
практические		
<b>Самостоятельная работа студентов, в том числе:</b>	148	148
Курсовой проект		
Курсовая работа	36	36
Расчетно-графическое задания		
Индивидуальное домашнее задание		
<i>Другие виды самостоятельной работы</i>	76	76
Форма промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	36	36 (экзамен)

### 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. Введение в экологический контроль мест хранения и захоронения отходов. Законодательная и нормативная документация.</b>					
1.1	<b>Экологический контроль мест хранения и захоронения отходов.</b> Физико-химические свойства отходов (растворимость, летучесть, реакционная способность, взрыво- и пожароопасность агрегатного состояния). Термины и определения, относящиеся к качеству окружающей среды и их анализу. Основные экотоксиканты, обязательные к определению по Российскому законодательству. Классификация веществ, присутствующих в местах хранения и захоронения отходов по их воздействию на окружающую среду.	2			2
1.2	<b>Законодательная и нормативная документация.</b> Система ГОСТов и СанПинов в области экологический контроль мест	2			2

	хранения и захоронения отходов. Методические рекомендации по организации проведения и объему лабораторных исследований, входящих в комплекс мероприятий по производственному контролю над обращением с отходами производства и потребления (утв. Главным гос. Санитарным врачом РФ 26.06.2003 г. №17ФЦ/3329). СанПиН 2.1.7.1287-03 Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы.				
<b>2.Отбор, пробоподготовка и анализ объектов окружающей среды в местах хранения и захоронения отходов</b>					
2.1	<b>Отбор проб воды, воздуха и почвы.</b> Особенности отбора. Виды проб.	2		4	6
2.2	<b>Пробоподготовка проб воды, воздуха и почвы.</b> Особенности пробоподготовки. Виды пробоподготовки.	2		4	6
2.3	<b>Показатели качества объектов окружающей среды.</b> Стандартный перечень химических показателей объектов окружающей среды, определяемых в местах хранения и захоронения отходов. Анализ почв, воды и воздуха. Интегральные и дифференциальные показатели.	4		36	38
2.4	Устройства и приборы для автоматического стационарного и подвижного контроля мест хранения и захоронения отходов.	2		2	8
<b>3. Радиационный контроль мест хранения и захоронения отходов.</b>					
3.1	Исследование и оценка радиационной обстановки: оценка гамма-фона на территории ; определение радиационных характеристик.	3		5	14
	<b>ВСЕГО</b>	17		51	76

## 4.2. Содержание практических занятий

Не предусмотрены.

## 4.3. Содержание лабораторных занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного занятия	К-во часов	К-во часов СРС
<b>семестр № 3</b>				
1	<b>Отбор проб воды, воздуха и почвы</b>	Особенности отбора.	4	4
2	<b>Пробоподготовка проб воды, воздуха и почвы.</b>	1. Особенности пробоподготовки. Виды пробоподготовки.	4	4
3	<b>Показатели качества объектов окружающей среды.</b>	1. Анализ проб воздуха; 2. Анализ проб грунтовых и поверхностных вод; 3. Анализ почв и растительности	36	36
5	<b>Устройства и приборы для автоматического стационарного и подвижного контроля мест хранения и захоронения отходов.</b>	Устройства и приборы для автоматического стационарного и подвижного контроля мест хранения и захоронения отходов.	2	6
6	<b>Радиационный контроль мест хранения и захоронения отходов</b>	Определение радиационных характеристик	5	15
<b>ВСЕГО:</b>			51	65

## 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	<b>Экологический контроль мест хранения и захоронения отходов.</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Физико-химические свойства отходов (растворимость, летучесть, реакционная способность, взрыво- и пожароопасность агрегатного состояния).</li> <li>2. Термины и определения, относящиеся к качеству окружающей среды и их анализу.</li> <li>3. Основные экотоксиканты, обязательные к определению по Российскому законодательству.</li> <li>4. Классификация веществ, присутствующих в местах хранения и захоронения отходов по их воздействию на окружающую среду.</li> <li>5. Закон РФ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» о качестве окружающей среды в местах хранения и захоронения отходов.</li> </ol>
2	<b>Законодательная и нормативная документация.</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Система ГОСТов и СанПинов в области экологический контроль мест хранения и захоронения отходов.</li> <li>2. Методические рекомендации по организации проведения и объему лабораторных исследований, входящих в комплекс мероприятий по производственному контролю над обращением с отходами производства и потребления (утв. Главным гос. Санитарным врачом РФ 26.06.2003 г. №17ФЦ/3329).</li> <li>3. СанПиН 2.1.7.1287-03 Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы.</li> </ol>
3	<b>Отбор проб воды, воздуха и почвы</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. План наблюдений за качеством сточных и поверхностных вод в зоне мест хранения и захоронения отходов.</li> <li>2. Отбор проб воды.</li> <li>3. Отбор проб воздуха</li> <li>4. Отбор проб почвы</li> <li>5. Какую аппаратуру и устройства применяют при отборе проб?</li> <li>6. Какие существуют методы концентрирования определяемых веществ при пробоотборе?</li> <li>7. Каким образом необходимо проводить отбор проб аэрозолей?</li> <li>8. Как производится отбор проб воздуха при отрицательных температурах?</li> <li>9. Как производится отбор газовых паров?</li> <li>10. Каковы основные требования к методам аналитического контроля воздуха на содержание вредных примесей?</li> <li>11. Какие физико-химические методы контроля воздушной среды на содержание токсичных ингредиентов наиболее распространены?</li> <li>12. Какие используют устройства для отбора проб донных отложений, поверхностных вод, атмосферных осадков?</li> <li>13. Как хранят и транспортируют пробы?</li> <li>14. Как отбираются пробы загрязнённых почв?</li> </ol>
4	<b>Пробоподготовка проб воды, воздуха и почвы.</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Особенности пробоподготовки.</li> <li>2. Виды пробоподготовки.</li> <li>3. Пробоподготовка проб воды.</li> <li>4. Пробоподготовка проб почвы.</li> <li>5. Пробоподготовка проб воздуха.</li> </ol>
	<b>Показатели качества объектов</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Стандартный перечень химических показателей объектов окружающей среды, определяемых в местах хранения и захоронения отходов.</li> </ol>

	<b>окружающей среды.</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>2. Анализ почв.</li> <li>3. Анализ воды.</li> <li>4. Анализ воздуха.</li> <li>5. Интегральные и дифференциальные показатели.</li> <li>6. Оценка качества природной воды по гидрохимическим показателям.</li> <li>7. Перечислите и дайте определение интегральных показателей, характеризующих свойства воды.</li> <li>8. Нормативы качества воды для каких поверхностных водных объектов более жесткие? Ответ обоснуйте.</li> <li>9. Комплексная оценка загрязненности поверхностных вод. Коэффициенты загрязненности воды.</li> <li>10. Индексы загрязненности воды: общесанитарный индекс качества воды; комбинаторный индекс загрязненности воды.</li> <li>11. Охарактеризуйте различные подходы к классификации загрязненности или качества вод.</li> <li>12. Виды определяемых показателей и периодичность отбора проб воды подземных и поверхностных источников питьевого водоснабжения.</li> <li>13. Методы определения железа общего. Мешающие вещества.</li> <li>14. Почему железо является биологически активным элементом?</li> <li>15. Какие виды сточных вод образуются на промышленных предприятиях?</li> <li>16. Основные методы используются для анализа содержания тяжелых металлов.</li> <li>17. Методика определения фосфатов в природных водах. Сущность. Мешающие вещества и способы устранения мешающего влияния.</li> <li>18. Методика определения сульфатов в природных водах. Сущность. Мешающие вещества и способы устранения мешающего влияния.</li> <li>19. Методика определения хлоридов в природных водах. Сущность. Мешающие вещества и способы устранения мешающего влияния.</li> <li>20. Методика определения фенольного индекса в природных водах. Сущность. Мешающие вещества и способы устранения мешающего влияния.</li> <li>21. Методика определения органического углерода в природных водах. Сущность. Мешающие вещества и способы устранения мешающего влияния.</li> <li>22. Методика определения общего фосфора в природных водах. Сущность. Мешающие вещества и способы устранения мешающего влияния.</li> <li>23. Методика определения ПАВ в природных водах. Сущность. Мешающие вещества и способы устранения мешающего влияния.</li> <li>24. Методика определения неионогенных ПАВ в природных водах. Сущность. Мешающие вещества и способы устранения мешающего влияния.</li> <li>25. Методика определения анионоактивных ПАВ в природных водах. Сущность. Мешающие вещества и способы устранения мешающего влияния.</li> <li>26. Методика определения БПК природных вод. Приготовление микробной воды при проведении анализа на БПК.</li> <li>27. Методика определения ПИ природных вод.</li> <li>28. Арбитражная методика определения ХПК сточных вод.</li> </ol>
5	<b>Устройства и приборы для автоматического стационарного и подвижного контроля мест хранения и захоронения отходов.</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Устройства для автоматического стационарного мест хранения и захоронения отходов.</li> <li>2. Устройства для автоматического подвижного контроля мест хранения и захоронения отходов.</li> <li>3. Приборы для автоматического стационарного контроля мест хранения и захоронения отходов.</li> <li>4. Приборы для автоматического подвижного контроля мест хранения и захоронения отходов.</li> </ol>
6	<b>Радиационный контроль мест хранения и захоронения отходов</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Исследование и оценка радиационной обстановки.</li> <li>2. Оценка гамма-фона на территории.</li> <li>3. Определение радиационных характеристик.</li> </ol>

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

Унифицированная тема «Программа анализа объектов окружающей среды места хранения или захоронения отходов»

Студент получает индивидуальное задание по составлению Программы эколого-аналитического контроля объектов окружающей среды места хранения или захоронения отходов. Студент составляет отчет по форме, утвержденной государственными нормативными документами и делает заключение об исследуемой территории.

Выполнение курсовой работы завершается защитой.

## **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. Другов, Ю.С. Пробоподготовка в экологическом анализе [Электронный ресурс] / Ю.С. Другов, А.А. Родин. — Электрон. дан. — Москва : Издательство "Лаборатория знаний", 2015. — 858 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/70708>. — Загл. с экрана.
2. Другов, Ю.С. Анализ загрязненной почвы и опасных отходов [Электронный ресурс] / Ю.С. Другов, А.А. Родин. — Электрон. дан. — Москва : Издательство "Лаборатория знаний", 2015. — 472 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/70699>. — Загл. с экрана.
3. Другов, Ю.С. Мониторинг органических загрязнений природной среды. 500 методик [Электронный ресурс] / Ю.С. Другов, А.А. Родин. — Электрон. дан. — Москва : Издательство "Лаборатория знаний", 2015. — 896 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/70713>. — Загл. с экрана.

### 6.2. Перечень дополнительной литературы

1. Мамин Р.Г. Инновационные механизмы управления отходами [Электронный ресурс] : монография / Р.Г. Мамин, Т.П. Ветрова, Л.А. Шилова. — Электрон. текстовые данные. — М. : Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2013. — 136 с. — 978-5-7264-0729-6. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/20005.html>
2. Безуглова О.С. Почвы территорий полигонов твердых бытовых отходов и их экология [Электронный ресурс] / О.С. Безуглова, Д.Г. Невидомская, И.В. Морозов. — Электрон. текстовые данные. — Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет, 2010. — 232 с. — 978-5-9275-0785-6. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/47079.html>

### *Периодические издания*

1. Реферативные журналы:
2. Экология,
3. Коллоидная химия
4. Научные журналы:
5. Экология и промышленность России;
6. Экологические системы и приборы;
7. Химия и жизнь;
8. Экология и жизнь

### 6.3. Перечень интернет ресурсов

1. Электронная библиотечная система «Научно-электронная библио-тека eLIBRARY.RU». <http://elibrary.ru>.
2. Электронно-библиотечная система издательства «Лань» . <http://e.lanbook.com>.
3. Электронная библиотека диссертаций Российской государственной библиотеки. <http://www.diss.rsl.ru>.
4. Электронно-библиотечная система «Библиотех». <http://www.bibliotech.ru/>.
5. Справочно-поисковая система «Консультант – плюс» [www.consultant.ru/](http://www.consultant.ru/).
6. Информационно-справочная система «Норма CS». <http://normacs.ru>
7. Сборник нормативных документов по строительству, действующих на территории Российской Федерации «СтройКонсультант. Адрес сайта: <http://www.skonline.ru/> .
8. Электронная библиотека БГТУ им. В.Г. Шухова (на базе ЭБС «БиблиоТех»): <http://ntb.bstu.ru>
9. Система поиска природно-ресурсной информации - <http://list.priroda.ru>
10. Открытая справочно-информационная служба «Ecoline» - <http://www.ecoline.ru>
11. «Зелёный шлюз» - путеводитель по экологическим информационным ресурсам - <http://zelenyshluz.narod.ru/>
12. European Environment Agency (EEA) - <http://www.eea.europa.eu/>
13. The Global Environmental Information Exchange Network - <http://www.unep.org/infoterra/> - Актуальным разделам экологии - книги, статьи, учебники, методические материалы - <http://www.ecoline.ru/>
14. Библиотека учебников по экологии - <http://window.edu.ru/window/library>
15. Всероссийский экологический портал - <http://ecoport.ru/>
16. Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов - <http://schoolcollection.edu.ru/catalog/>
17. Международный портал по экологии и окружающей среде- <http://www.greenwaves.com/russian/indexrus.html>
18. Микроорганизмы - <http://microorganizmy.naukadv.ru/>
19. Национальный портал «Природа России» - <http://www.priroda.ru/>
20. Природа и экология - <http://www.priroda.su/>
21. Российские зеленые страницы - <http://rgp.agava.ru/>
22. Официальный сайт журнала «Экология производства» <http://www.ecoindustry.ru>
23. Google Scholar [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://scholar.google.com>, свободный. – Загл. с экрана. (поисковая система, разработанная специально для студентов, ученых и исследователей, предназначена для поиска информации в онлайн-овых академических журналах и материалах, прошедших экспертную оценку).
24. РИБК [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://www.ribk.net>, свободный. – Загл. с экрана. (портал "Российского информационно-библиотечного консорциума" предоставляет 14 возможность расширенного

поиска библиографических данных и полно-текстовых ресурсов в электронных каталогах пяти крупнейших библиотек России: Всероссийской государственной библиотеке иностранной литературы им. М.И. Рудомино, Научной библиотеке МГУ им. Ломоносова, Парламентской библиотеке, Российской государственной библиотеке, Российской национальной библиотеке).

25. SCIRUS [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://www.scirus.com>, свободный. – Загл. с экрана. (поисковая система, нацеленная на поиск исключительно научной информации, позволяет находить информацию в научных журналах, персональных страницах ученых, университетов и исследовательских центров. Доступ к полным текстам статей из журналов возможен только для подписчиков).

26. ScienceResearch.com [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://www.scienceresearch.com>, свободный. – Загл. с экрана. (поисковая система предоставляет возможность одновременного поиска в научных журналах крупнейших издательств, таких как Elsevier, Highwire, IEEE, Nature, Taylor and Francis и др. А также в открытых базах данных: Directory of Open Access Journals, Library of Congress Online Catalog, Science.gov и Scientific News. Поиск в журналах возможен по 12 отдельным предметным рубрикам. Полные тексты статей из журналов доступны только для подписчиков).

27. NIST Chemistry WebBook [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://webbook.nist.gov/chemistry/>, свободный. – Загл. с экрана. (справочная книга Института Стандартов и Технологии США содержит термодинамические, спектральные данные, потенциалы ионизации, сродство к электрону и пр. для свыше 10000 органических и неорганических соединений).

28. Swetsnet Navigator [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://www.swetswise.com/public/login.do>, свободный. – Загл. с экрана. (база данных иностранных журналов по физике, химии, географии, истории, языковедению, философии, религии, науковедению, социальным и другим наукам, полнотекстовый доступ возможен к более чем 2 500 журналам).

29. WORLD SCIENTIFIC Publ [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://www.worldscinet.com>, свободный. – Загл с экрана. (коллекции журналов по нескольким тематикам, в том числе по химии).

30. SCIENCE [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://www.sciencemag.org>, свободный. – Загл. с экрана.

31. Bulletin of the Chemical Society of Japan [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://www.csj.jp/journals/bcsj/index.html>, свободный. – Загл. с экрана.

• Central European Journal of Chemistry [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://www.springerlink.com/content/1644-3624/>, свободный. – Загл. с экрана.

32. Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам (Роспатент) // <http://www.fips>.

## **7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

Специализированные учебные аудитории для проведения лекционных занятий: портативный мультимедийный комплекс. Лабораторные занятия проводятся в учебных лабораториях, которые оснащены необходимым оборудованием. Зал дипломного проектирования и научных исследований: портативный мультимедийный комплекс. Компьютерные классы БГТУ им. В.Г. Шухова с подключением к сети «Интернет» для самостоятельной работы. Основное программное обеспечение, используемое в процессе освоения дисциплины, включает такие программные продукты, как MS Windows, MS Office, GoogleChrome, MozillaFirefox, Kaspersky Endpoint Security, NormaCS, СтройКонсультант.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

**Приложение №1.** Методические указания для обучающегося по освоению дисциплины.

### **Методические рекомендации при выполнении лабораторного практикума**

#### **ОБРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ**

Первичные экспериментальные данные, как правило, не могут быть использованы непосредственно для анализа. В связи с этим появляется необходимость обработки опытных данных, что связано с проблемами интерполирования, дифференцирования и интегрирования функции, значение которой известны с некоторой погрешностью из эксперимента. При этом наиболее "капризной" операцией является нахождение производной функции; это обусловлено тем, что процесс дифференцирования является расходящимся (неустойчивым) и даже небольшие ошибки в исходных данных приводят к существенным погрешностям при вычислении производных. Операция интегрирования опытных данных является менее чувствительной к погрешностям первичной информации. В работах отечественных и зарубежных ученых предложено много разнообразных способов обработки экспериментальных данных, которые можно разделить на следующие виды: графические, аналитические, графоаналитические способы.

При обработке опытных данных важно уметь оценивать погрешность полученного результата. Она может быть обусловлена следующими причинами:

- во-первых, исходные числовые данные, с которыми производятся вычисления, полученные из эксперимента и не всегда точны, так как любые измерения неизбежно сопровождаются погрешностями;
- во-вторых, приближенные исходные данные будут подвергаться не тем операциям, которые требуются для решения задачи, а псевдооперациям, поскольку при вычислении даже на ЭВМ можно использовать ограниченное число разрядов;
- наконец, во многих случаях существующие методы решения задач могут дать точный ответ только после бесконечного числа шагов. Так как на практике приходится ограничиваться конечным числом шагов, то заданная задача фактически заменяется другой и полученное решение будет отличаться от точного решения.

При этом появляется третий вид ошибки – погрешность метода.

#### **Графические способы обработки**

Эти способы обработки заключаются в том, что путем соединения плавной линией точек, образующихся в результате измерения экспериментальных данных получают график. Затем можно выполнить графическое дифференцирование любой функции.

Полученные графические функции стремятся привести к пропорциональной зависимости первого порядка.

Исходя из полученной линии, определяют коэффициенты уравнения, описывающего процесс.

#### **Аналитические способы**

Аналитические способы заключаются в численном анализе экспериментальных значений. Классический подход численного анализа заключается в том, что используют некоторые узлы функций для получения приближенного многочлена. И затем, выполняя аналитические операции над многочленом, выявляют зависимость.

Обычно, окончательный результат стараются описать линейной комбинацией значений функций и/или ее производных в первоначальных узлах. Аналитические методы обработки включают интерполирование многочленами, численное дифференцирование, метод наименьших квадратов и локальную аппроксимацию опытных данных.

## Статистическая обработка результатов измерений

Основными задачами статистической обработки результатов испытаний является определение среднего значения рассматриваемого параметра и оценка точности его вычисления. Пусть в результате испытаний  $n$ -образцов получено среднеарифметическое значение  $x$ . Обозначим через  $\alpha$  вероятность того, что величина  $x$  отличается от истинного значения  $x$  на величину, меньшую, чем  $\Delta x$ , т.е.  $P((x - \Delta x) < x < (x + \Delta x)) = \alpha$ .

Вероятность  $\alpha$  называется доверительной вероятностью, а интервал значений случайной величины от  $(x - \Delta x)$  до  $(x + \Delta x)$  называется доверительным интервалом. Ширина доверительного интервала  $\Delta x$  для математического ожидания определяется числом измерений  $n$ .

Ввиду широкого распространения ЭВМ в настоящий момент большинство операций по обработке экспериментальных данных осуществляется с помощью программных продуктов (в том числе и программ разработанных пользователем самостоятельно). В качестве наиболее используемых программных продуктов можно указать стандартный табличный редактор MS Excel, математические САД системы (MatLAB, MAPLE, MathCAD, Mathematica, SPSS, Statistica и др.) и высокоуровневые языки программирования (Pascal, Delphi, C, C++ и др.). Применение последних для большинства пользователей несколько затруднительно, так как требует знания не только методов математической обработки и статистики, но и хотя бы первичных навыков программирования в одном из указанных языков программирования.

При выполнении лабораторного практикума необходимо знать учитывать характеристики измерительных приборов (ИП).

### Порог чувствительности

Порог чувствительности ИП представляет собой наименьшее изменение измеряемой величины, подаваемой на вход преобразователя, которое обуславливает изменение сигнала на его выходе, удовлетворяющее метрологическим требованиям.

### Градуировочная характеристика

Градуировочная характеристика (функция преобразования) представляет собой зависимость значений выходных сигналов от содержания измеряемого компонента газовой смеси на входе ИП (рис. 1). Она должна быть линейной и стабильной во времени. К сожалению, большинство применяемых в газоанализаторах преобразователей обладают нелинейной функцией преобразования, за исключением немногих, например, хемиллюминесцентных и пламенно-ионизационных. Нелинейность градуировочных характеристик ИП усложняет структуру и технологию изготовления ГА, поскольку требует индивидуальной градуировки приборов или использования в их составе функциональных преобразователей (линеаризаторов).

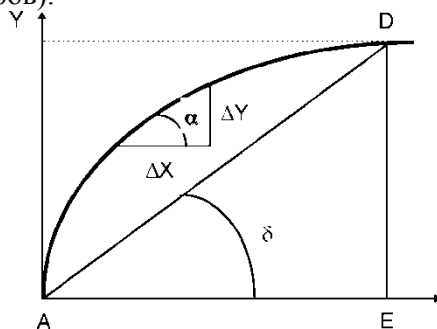


Рис. 1. Градуировочная характеристика ИП

При нелинейной градуировочной характеристике чувствительность ИП в рабочем диапазоне преобразований непостоянна.

Стабильность измерительного преобразователя. Стабильность ИП отражает неизменность во времени его метрологических характеристик. Количественной оценкой стабильности является нестабильность ИП - изменение метрологических характеристик за установленный интервал времени.

Временная стабильность параметров ИП предопределяет постоянство выходного сигнала

во времени при подаче на вход неизменной по значению входной величины. Временная стабильность определяет дрейф нуля, обуславливающий аддитивную погрешность; изменение коэффициента преобразования, вызывающего мультипликативные погрешности; изменение функции преобразования.

Наиболее распространенным методом повышения стабильности ИП является построение ИП по схеме прямого преобразования со стабилизацией коэффициентов преобразования всех (или большинства) ее звеньев и периодической коррекцией аддитивной и мультипликативной погрешностей при подаче на вход поверочных газовых смесей (ПГС). Однако такой подход к решению рассматриваемой задачи нельзя считать оптимальным и перспективным, так как это значительно усложняет аппаратуру, удорожает ее эксплуатацию, поскольку требует большого количества дорогостоящих и дефицитных ПГС.

*Избирательность.* Избирательность ИП представляет собой свойство выдавать сигнал на его выходе, пропорциональный содержанию только определяемого компонента в газовой смеси. С повышением требуемой точности измерений газоаналитической аппаратуры и усложнением анализируемых смесей требования к избирательности ИП резко возрастают, поскольку при низкой избирательности в условиях эксплуатации могут возникать значительные дополнительные погрешности и зачастую ставить под сомнение результаты измерений. Избирательность ИП определяется прежде всего методом преобразований, принципом действия и структурной схемой. Удовлетворительные результаты по избирательности имеют ИП, использующие хемилюминесцентный, флуоресцентный, хроматографический, абсорбционный и другие методы преобразований.

*Надежность.* Надежность - это свойство ИП выполнять заданные функции при сохранении своих эксплуатационных показателей в заданных пределах в течение требуемого промежутка времени. Надежность ИП зависит от принципиальной схемы, числа и качества элементов, качества применяемых материалов и комплектующих элементов конструкций, технологии и культуры изготовления, вспомогательных устройств, влияния окружающей среды, структурной схемы, программы функционирования и др.

*Помехоустойчивость.* Помехоустойчивость - способность ИП сохранять свои характеристики при воздействии различных возмущающих факторов (изменения давления, температуры, влажности, напряжений питания и др.). Условия эксплуатации ИП в настоящее время характеризуются широким диапазоном изменений температуры, давления, влажности, питающих напряжений и т. п.

*Метрологические характеристики.* Метрологические характеристики определяют структуру, конструкцию, технологию производства и характер эксплуатации ИП и газоаналитического устройства в целом. К основным метрологическим характеристикам относятся погрешность и диапазон измерений ИП.

Под погрешностью ИП подразумевается отклонение выходного сигнала ИП от номинального значения, соответствующего истинному значению входной величины.

Погрешности ИП подразделяют на основную и дополнительные, статические и динамические, систематические и случайные.

Основная погрешность определяется в нормальных условиях применения ИП, устанавливаемых в технической документации.

Дополнительные погрешности возникают при эксплуатации ИП в условиях, отличных от нормальных, при которых осуществляются градуировка и поверка. Подавляющее большинство ИП подвержены влиянию изменений температуры, давления, влажности окружающей среды, параметров питающих напряжений и газовых потоков

Статическая погрешность - это погрешность ИП при измерении величины, принимаемой за неизменную.

Динамическая погрешность возникает дополнительно при измерении переменной величины и обусловлена несоответствием реакции ИП на скорость изменения входного сигнала.

Динамические погрешности определяются динамикой процессов в исследуемых газовых смесях, инерционностью чувствительных элементов (фотоприемников и т.п.), динамическими характеристиками измерительных механизмов и промежуточных преобразователей,

инерционностью электронных и других схем.

Систематическая погрешность - это составляющая погрешности ИП, принимаемая постоянной или закономерно изменяющейся..

Случайная погрешность - это составляющая погрешности ИП, изменяющаяся случайным образом.

Суммарная погрешность измерений оценивается как суперпозиция случайной и систематической составляющей.

Источниками погрешности измерений являются несовершенство метода измерений, неидеальность изготовления и функционирования ИП, временная нестабильность параметров ИП, отклонение условий измерения от нормальных, неточности градуировочной зависимости, приготовления ПГС, измерения объема пробы, температуры и давления, индивидуальные особенности оператора.

Диапазон измерений представляет собой область изменения значений измеряемой величины (содержания измеряемого компонента), для которой нормированы допускаемые пределы погрешности ИП.

Отношение верхнего предела диапазона измерений к порогу чувствительности называется полным или динамическим диапазоном ИП.

*Динамические характеристики* К динамическим характеристикам ИП следует отнести время установления показаний  $T$  и время начала реагирования  $t_w$ , которые определяются протеканием переходного процесса в ИП после подачи на него входного сигнала в виде скачка (рис.2).

Ус

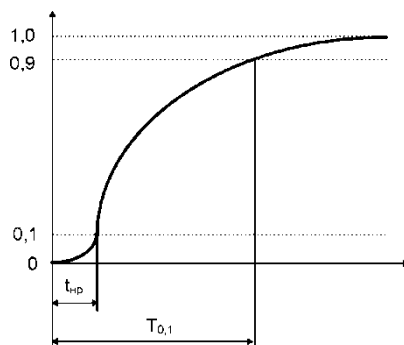


Рис. 2. График переходного процесса

Инерционность ИП характеризуется временем начала реагирования  $t_w$  и временем установления показаний  $T$  по определенному уровню (рис. 2).

Время начала реагирования зависит от времени транспортирования пробы газа, инерционности чувствительных элементов, динамики процессов анализируемых газовых смесей.

Особенности работы устройства обработки информации

Как указывалось выше, ИП осуществляют преобразование параметров, характеризующих состояние газа, в электрический, пневматический или какой-либо другой информационный сигнал.

Наиболее часто встречающимися задачами обработки информационного сигнала являются выделение полезного сигнала на фоне шумов, усиление, осуществление вычислительных операций, позволяющих получать измерительную информацию в требуемой форме, осуществление алгоритмов коррекции погрешностей, согласование с входами ЭВМ, регистрирующих устройств, устройств управления в АСУ ТП.

Задачи осуществления вычислительных операций в процессе обработки измерительной информации обусловлены различными факторами, например, требованием ГОСТ 13320-81 к линейности характеристики преобразования, характером преобразования (интегральным или селективным, одномерным или многомерным) и т. п.

Повышение точности преобразования достигается реализацией алгоритмов коррекции как систематических, так и случайных погрешностей. В связи с этим в газоаналитической технике уделяется большое внимание разработке структурных методов повышения точности.

В связи с развитием производства микроЭВМ целесообразно задачи обработки



измерительной информации осуществлять с их помощью, обеспечив сопряжение выходного сигнала ИП со входом микроЭВМ. Решение указанных задач обработки измерительной информации имеет свои особенности: оптимизацию вычислительных процессов по точности и быстродействию, выбор технических средств в соответствии с реализуемыми алгоритмами (для простых алгоритмов - это функциональные преобразователи, для более сложных - специализированные процессоры и ЭВМ).

Особенности работы выходного прибора газоанализатора

В настоящее время в качестве ВП все шире используются экраны дисплеев, на которых измеряемые параметры представляются в виде графиков, диаграмм и таблиц. При этом, как правило, параллельно происходит запись измерительной информации на соответствующий носитель.

Измерительная информация может передаваться через ВП в систему мониторинга объектов для принятия решений.

При обработке результатов измерений оптических приборов, особенно часто в анализе водных проб, необходимо построение калибровочных графиков. Для обработки результатов анализов целесообразно использовать метод наименьших квадратов.

## 8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Утверждение рабочей программы с изменениями, дополнениями.

1. На титульном листе рабочей программы считать название «Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования» как «Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования».

2. Институт строительного материаловедения и техносферной безопасности был переименован 29.02.2016 приказом №4/53 в Химико-технологический.

Рабочая программа с изменениями, дополнениями утверждена на 2016/2017 учебный год.

Протокол № 13 заседания кафедры от «09» 06 2016 г.

Заведующий кафедрой  Свергузова С.В.  
подпись, ФИО

Директор института  Павленко В.И.  
подпись, ФИО

## 8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Утверждение рабочей программы без изменений, дополнений.

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

Протокол № 17 заседания кафедры от «06» июня 2017 г.

Заведующий кафедрой д.т.н., проф. С.В. Свергузова С.В.  
подпись, ФИО


Директор института д.т.н., проф. В.И. Павленко В.И.  
подпись, ФИО

## 8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Утверждение рабочей программы без изменений, дополнений.

Рабочая программа без изменений, дополнений утверждена на 2018/2019 учебный год.

Протокол № 18 заседания кафедры от «24» мая 2018 г.

Заведующий кафедрой д.т.н., проф.  Свергузова С.В.  
подпись, ФИО

Директор института д.т.н., проф.  Павленко В.И.  
подпись, ФИО

## 8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Утверждение рабочей программы без изменений  
Рабочая программа без изменений утверждена на 2019/2020 учебный  
год.

Протокол №11 заседания кафедры от «11» июня 2019 г.

Заведующий кафедрой  С.В. Свергузова  
подпись, ФИО

Директор института  В.И. Павленко  
подпись, ФИО

## 8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Утверждение рабочей программы без изменений  
Рабочая программа без изменений утверждена на 2020/2021 учебный  
год.

Протокол №11 заседания кафедры от «20» апреля 2020 г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ С.В. Свергузова  
подпись, ФИО

Директор института \_\_\_\_\_ В.И. Павленко  
подпись, ФИО