

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Иркутский государственный университет путей сообщения»
(ФГБОУ ВО ИРГУПС)

УТВЕРЖДЕНА
приказом ректора
от «29» мая 2026 г. № 49

Б1.О.34 Инженерные методы защиты окружающей среды

рабочая программа дисциплины

Специальность/направление подготовки – 20.03.01 Техносферная безопасность

Специализация/профиль – Безопасность технологических процессов и производств

Квалификация выпускника – Бакалавр

Форма и срок обучения – очная форма 4 года

Кафедра-разработчик программы – Техносферная безопасность

Общая трудоемкость в з.е. – 4

Часов по учебному плану (УП) – 144

В том числе в форме практической подготовки (ПП) – 14

(очная)

Формы промежуточной аттестации

очная форма обучения:

экзамен 7 семестр, курсовая работа 7 семестр

Очная форма обучения

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр	7	Итого
Вид занятий	Часов по УП	Часов по УП
Аудиторная контактная работа по видам учебных занятий/ в т.ч. в форме ПП*	42/14	42/14
– лекции	14	14
– практические (семинарские)	28/14	28/14
– лабораторные		
Самостоятельная работа	66	66
Экзамен	36	36
Итого	144/14	144/14

* В форме ПП – в форме практической подготовки.

ИРКУТСК

Электронный документ выгружен из ЕИС ФГБОУ ВО ИРГУПС и соответствует оригиналу

Подписант ФГБОУ ВО ИРГУПС Трофимов Ю.А.

0x00F585A1671E22C14CEA47AE86A14054D5 с 27 февраля 2026 г. по 23 мая 2027 г. Подпись соответствует файлу документа



Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность, утвержденным Приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 25.05.2020 № 680.

Программу составил(и):
д.т.н., профессор, профессор, Е.А. Руш

Рабочая программа рассмотрена и одобрена для использования в учебном процессе на заседании кафедры «Техносферная безопасность», протокол от «20» мая 2026 г. № 9

Зав. кафедрой, д. т. н., профессор

Е.А. Руш

1 ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ	
1.1 Цель дисциплины	
1	формирование системных представлений об основных закономерностях физико-химических процессов защиты окружающей среды, существующих методах и технологических подходах к очистке сточных вод, пылегазовых выбросов, утилизации и переработки твердых отходов
1.2 Задачи дисциплины	
1	получение базовых знаний о физико-химических процессах, лежащих в основе очистки отходящих газов, сточных вод и утилизации твердых отходов
2	изучение методов очистки сточных вод, промышленных выбросов
3	получение практических навыков разработки технологических схем обезвреживания промышленных отходов (газовых выбросов, сточных вод)
1.3 Цель воспитания и задачи воспитательной работы в рамках дисциплины	
Научно-образовательное воспитание обучающихся	
Цель научно-образовательного воспитания – создание условий для реализации научно-образовательного потенциала обучающихся в форме наставничества, тьюторства, научного творчества. Цель достигается по мере решения в единстве следующих задач: – формирование системного и критического мышления, мотивации к обучению, развитие интереса к творческой научной деятельности; – создание в студенческой среде атмосферы взаимной требовательности к овладению знаниями, умениями и навыками; – популяризация научных знаний среди обучающихся; – содействие повышению привлекательности науки, поддержка научно-технического творчества; – создание условий для получения обучающимися достоверной информации о передовых достижениях и открытиях мировой и отечественной науки, повышения заинтересованности в научных познаниях об устройстве мира и общества; – совершенствование организации и планирования самостоятельной работы обучающихся как образовательной технологии формирования будущего специалиста путем индивидуальной познавательной и исследовательской деятельности	
Профессионально-трудовое воспитание обучающихся	
Цель профессионально-трудового – формирование у обучающихся осознанной профессиональной ориентации, понимания общественного смысла труда и значимости его для себя лично, ответственного, сознательного и творческого отношения к будущей деятельности, профессиональной этики, способности предвидеть изменения, которые могут возникнуть в профессиональной деятельности, и умению работать в изменённых, вновь созданных условиях труда. Цель воспитания достигается по мере решения в единстве следующих задач: – формирование сознательного отношения к выбранной профессии; – воспитание чести, гордости, любви к профессии, сознательного отношения к профессиональному долгу, понимаемому как личная ответственность и обязанность; – формирование психологии профессионала; – формирование профессиональной культуры, этики профессионального общения; – формирование социальной компетентности и другие задачи, связанные с имиджем профессии и авторитетом транспортной отрасли	

2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП	
Блок/часть ОПОП	Блок 1. Дисциплины / Обязательная часть
2.1 Дисциплины и практики, на которых основывается изучение данной дисциплины	
1	Б1.О.22 Экология
2	Б1.О.25 Теория горения и взрыва
3	Б1.О.26 Теплофизика
4	Б1.О.27 Метрология, стандартизация и сертификация
5	Б1.О.28 Надежность технических систем и техногенный риск
6	Б1.О.36 Экологический мониторинг
7	Б1.О.44 Аналитическая химия и физико-химические методы анализа
8	Б2.О.02(Н) Учебная - научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы)
9	ФТД.01 Информационные технологии в сфере безопасности
2.2 Дисциплины и практики, для которых изучение данной дисциплины необходимо как предшествующее	
1	Б1.О.29 Эргономика и психофизиологические основы безопасности труда
2	Б1.О.37 Расчет и проектирование систем безопасности
3	Б1.О.39 Защита окружающей среды в чрезвычайных ситуациях
4	Б1.В.ДВ.03.01 Экономика природопользования
5	Б2.О.03(П) Производственная - эксплуатационная практика
6	Б2.О.04(Пд) Производственная - преддипломная практика

7	Б3.01(Д) Подготовка к процедуре защиты выпускной квалификационной работы
8	Б3.02(Д) Защита выпускной квалификационной работы

3 ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ТРЕБОВАНИЯМИ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ		
Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения
ОПК-1 Способен учитывать современные тенденции развития техники и технологий в области техносферной безопасности, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий при решении типовых задач в области профессиональной деятельности, связанной с защитой окружающей среды и обеспечением безопасности человека;	ОПК-1.1 Учитывает современные тенденции развития техники и технологий в области техносферной безопасности	Знать: основные цели, задачи и принципы обеспечения экологической безопасности; экологические требования, предъявляемые к хозяйствующим объектам при осуществлении хозяйственной деятельности
		Уметь: пользоваться нормативными документами и законодательными актами по охране окружающей среды; прогнозировать и оценивать уровни экологической безопасности
ПК-1 Способен разрабатывать в организации мероприятия по охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности и документально оформлять отчетность в соответствии с установленными требованиями	ПК-1.1 Проводит экологический анализ, предусматривающий расширение и реконструкцию действующих производств, а также создаваемых новых технологий и оборудования	Знать: правила, процедуры, критерии и нормативы, установленные государственными нормативными требованиями в области экологической безопасности
		Уметь: обосновывать мероприятия по снижению (предотвращению) негативного воздействия на окружающую среду при введении в эксплуатацию в организации конкретного вида оборудования
		Владеть: навыками поиска информации об опыте применения наилучших доступных технологий
	ПК-1.2 Разрабатывает технические решения по снижению негативного воздействия на окружающую среду различных производств и объектов транспорта	Знать: устройство и принцип действия очистных установок и сооружений
		Уметь: использовать приборы и оборудование для контроля соблюдения нормативов допустимого воздействия на окружающую среду при осуществлении производственной деятельности организации
ПК-1.3 Проводит производственный экологический контроль и формирует отчетность о выполнении мероприятий по охране окружающей среды; ведет учет данных экологического мониторинга	ПК-1.3 Проводит производственный экологический контроль и формирует отчетность о выполнении мероприятий по охране окружающей среды; ведет учет данных экологического мониторинга	Владеть: методиками проведения контроля соблюдения нормативов допустимого воздействия на окружающую среду при осуществлении производственной деятельности организации
		Знать: государственные стандарты, стандарты организации, регламентирующие требования к методам производственного контроля в области охраны атмосферного воздуха и водных объектов
		Уметь: определять нормативные уровни допустимого негативного воздействия на окружающую среду
ПК-1.4 Разрабатывает и внедряет мероприятия,	ПК-1.4 Разрабатывает и внедряет мероприятия,	Владеть: навыками поиска данных о ПДК загрязняющих веществ и о нормативных размерах санитарно-защитной зоны в электронных справочных системах и библиотеках
		Знать: методы реагирования на соответствующую чрезвычайную ситуацию

	направленные на предупреждение возникновения ЧС природного и техногенного характера	Уметь: : оценивать потенциальную возможность возникновения чрезвычайных ситуаций на близко расположенных объектах
		Владеть: : навыками подготавливать предложения по корректировке локальных нормативных актов на основе результатов контроля и анализа информации

4 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Код	Наименование разделов, тем и видов работ	Семестр	Очная форма				*Код индикатора достижения компетенции
			Часы				
			Лек	Пр	Лаб	СР	
1.0	Раздел 1. Инженерные методы и средства защиты атмосферы.						
1.1	Инженерные методы и средства защиты атмосферы	7	4				ОПК-1.1 ПК-1.1
1.2	Укрупненная оценка ущербов от загрязнения атмосферы котельными предприятий железнодорожного транспорта. Расчет выбросов вредных веществ котельной	7		2/2			ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-1.4
1.3	Определение платежей за загрязнение атмосферы передвижными источниками	7		4/4			ПК-1.2 ПК-1.3 ПК-1.4
1.4	Состав и характеристики атмосферы. Показатели количественной оценки загрязнения атмосферы. Рассеивание загрязняющих веществ в атмосфере, ПДВ. Санитарно-защитные зоны (СЗЗ). Основные направления атмосферноохранных мероприятий	7				16	ПК-1.1 ПК-1.3 ПК-1.4
2.0	Раздел 2. Современные требования к очистке, обеззараживанию и отведению сточных вод.						
2.1	Технологические схемы очистки сточных вод	7	4				ОПК-1.1 ПК-1.1
2.2	Механические методы очистки сточных вод и оборудование для них	7		2			ПК-1.2 ПК-1.3
2.3	Физико-химические методы очистки сточных вод и оборудование для них	7		4/4			ПК-1.1 ПК-1.4
2.4	Биологические методы очистки сточных вод и оборудование для них	7		2			ПК-1.1 ПК-1.3
2.5	Сорбенты для доочистки сточных вод и аппаратурное оформление процесса	7		4/2			ПК-1.1 ПК-1.2
2.6	Обеззараживание сточных вод	7				8	ПК-1.3 ПК-1.4
2.7	Системы отведения сточных вод	7				14	ПК-1.1 ПК-1.2
3.0	Раздел 3. Обеспечение экологической безопасности при обращении с отходами.						
3.1	Законодательная база по обеспечению экологической безопасности при обращении с отходами.	7	4				ОПК-1.1 ПК-1.1
3.2	Классы опасности отходов, виды отходов, Федеральный классификационный каталог отходов	7	2				ОПК-1.1 ПК-1.1
3.3	Процедуры обращения с отходами и способы	7				14	ПК-1.2 ПК-1.3
3.4	Способы утилизации отходов	7		2/2			ПК-1.2 ПК-1.3
3.5	Установки для утилизации, обезвреживанию, вторичной переработке отходов	7		4			ПК-1.2 ПК-1.4
3.6	Вторичные энергетические ресурсы и их дальнейшее использование	7				14	ОПК-1.1 ПК-1.1 ПК-1.3
3.7	Расчет полигона ТКО	7		4			ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-1.3 ПК-1.4
	Форма промежуточной аттестации – экзамен	7				36	ОПК-1.1 ПК-1.1 ПК-1.2

4 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Код	Наименование разделов, тем и видов работ	Очная форма				*Код индикатора достижения компетенции
		Семестр	Часы			
			Лек	Пр	Лаб	
						ПК-1.3 ПК-1.4
	Итого часов (без учёта часов на промежуточную аттестацию)		14	28/14		66

5 ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине оформлен в виде приложения № 1 к рабочей программе дисциплины и размещен в электронной информационно-образовательной среде Университета, доступной обучающемуся через его личный кабинет

6 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1 Учебная литература 6.1.1 Основная литература

	Библиографическое описание	Кол-во экз. в библиотеке/ онлайн
6.1.1.1	Инженерная защита окружающей среды в примерах и задачах : учеб. пособие / ред. О. Г. Воробьев. — СПб. : Лань, 2002. — 287 с. — Текст : непосредственный.	1
6.1.1.2	Батракова, Г. М. Экологический мониторинг : учебно-методическое пособие / Г. М. Батракова, Я. И. Вайсман, Л. В. Рудакова. — Пермь : ПНИПУ, 2007. — 218 с. — URL: https://e.lanbook.com/book/161021 (дата обращения: 18.03.2026). — Текст : электронный.	Онлайн
6.1.1.3	Аполлонский, С. М. Экологическая безопасность в окружающей среде : учебное пособие для вузов / С. М. Аполлонский. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2025. — 468 с. — URL: https://e.lanbook.com/book/485096 (дата обращения: 18.03.2026). — Текст : электронный.	Онлайн
6.1.1.4	Василенков, С. В. Инженерная защита окружающей среды. Краткий курс лекций : учебно-методический комплекс / С. В. Василенков, В. Ф. Василенков. — Брянск : Брянский ГАУ, 2021. — 58 с. — URL: https://e.lanbook.com/book/304181 (дата обращения: 18.03.2026). — Текст : электронный.	Онлайн
6.1.1.5	Учебно-методическое пособие к выполнению курсовой работы по дисциплине "Инженерная защита окружающей среды" / Ю. А. Финиченко, В. К. Гаак. — Омск : ОмГУПС, 2020. — Ч. 1. — 42 с. — URL: https://e.lanbook.com/book/165713 (дата обращения: 18.03.2026). — Текст : электронный.	Онлайн
6.1.1.6	Немущенко, Д. А. Физико-химические методы очистки сточных вод : учебное пособие / Д. А. Немущенко, Ф. К. Горбунов, А. С. Милюшина. — Новосибирск : НГТУ, 2023. — 108 с. — URL: https://e.lanbook.com/book/404246 (дата обращения: 18.03.2026). — Текст : электронный.	Онлайн
6.1.1.7	Барабаш, Н. В. Биохимические методы очистки сточных вод : учебное пособие. направление подготовки 280700.62 – техносферная безопасность. профиль подготовки «инженерная защита окружающей среды». бакалавриат / Н. В. Барабаш. — Ставрополь : СКФУ, 2015. — 98 с. — URL: https://e.lanbook.com/book/155516 (дата обращения: 18.03.2026). — Текст : электронный.	Онлайн
6.1.1.8	Липаев, А. А. Обращение с отходами производства и потребления : учебное пособие / А. А. Липаев, С. А. Липаев. — Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. — 408 с. — URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=618249 (дата обращения: 19.03.2026). — Текст : электронный.	Онлайн
6.1.1.9	Осипова, Н. А. Обращение с отходами: экологические и технологические аспекты : учебное пособие / Н. А. Осипова. — Томск : ТПУ, 2021. — 136 с. —	Онлайн

	URL: https://e.lanbook.com/book/246212 (дата обращения: 18.03.2026). — Текст : электронный.	
6.1.1.10	Булекова, А. А. Защита атмосферного воздуха : учебное пособие / А. А. Булекова. — Уральск : ЗКАТУ им. Жангир хана, 2022. — 99 с. — URL: https://e.lanbook.com/book/318092 (дата обращения: 18.03.2026). — Текст : электронный.	Онлайн
6.1.2 Дополнительная литература		
	Библиографическое описание	Кол-во экз. в библиотеке/ онлайн
6.1.2.1	Никулин, В. Б. Инженерная экология : учебное пособие / В. Б. Никулин. — Рязань : РГРТУ, 2020. — 64 с. — URL: https://e.lanbook.com/book/168294 (дата обращения: 18.03.2026). — Текст : электронный.	Онлайн
6.1.2.2	Быков, А. П. Инженерная экология : учебное пособие / А. П. Быков. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2011. — 156 с. — URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=228952 (дата обращения: 19.03.2026). — Текст : электронный.	Онлайн
6.1.2.3	Лукашевич, О. Д. Инженерная экология (в строительстве) : учебно-методическое пособие / О. Д. Лукашевич, С. А. Филичев ; Томский государственный архитектурно-строительный университет. — Томск : Томский государственный архитектурно-строительный университет (ТГАСУ), 2020. — 94 с. — URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=694049 (дата обращения: 19.03.2026). — Текст : электронный.	Онлайн
6.1.3 Учебно-методические разработки (в т. ч. для самостоятельной работы обучающихся)		
	Библиографическое описание	Кол-во экз. в библиотеке/ онлайн
6.1.3.1	Руш Е.А. Методические указания по изучению дисциплины Б1.О.34 Инженерные методы защиты окружающей среды по направлению подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность, профиль Безопасность технологических процессов и производств/ Е.А. Руш; ИрГУПС. – Иркутск: ИрГУПС, 2025. – 15 с. - Текст: электронный. - URL: https://www.irgups.ru/eis/for_site/umkd_files/mu_71358_1486_2026_1_signed.pdf	Онлайн
6.2 Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»		
6.2.1	Электронно-библиотечная система «Издательство Лань», https://e.lanbook.com/	
6.2.2	Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн», https://biblioclub.ru/	
6.2.3	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU — https://elibrary.ru/	
6.3 Программное обеспечение и информационные справочные системы		
6.3.1 Базовое программное обеспечение		
6.3.1.1	Microsoft Windows Professional 10, государственный контракт от 20.07.2021 № 0334100010021000013-01	
6.3.1.2	Microsoft Office Russian 2010, государственный контракт от 20.07.2021 № 0334100010021000013-01	
6.3.1.3	FoxitReader, свободно распространяемое программное обеспечение http://free-software.com.ua/pdf-viewer/foxit-reader/	
6.3.1.4	Adobe Acrobat Reader DC свободно распространяемое программное обеспечение https://get.adobe.com/ru/reader/enterprise/	
6.3.1.5	Яндекс. Браузер. Прикладное программное обеспечение общего назначения, Офисные приложения, лицензия – свободно распространяемое программное обеспечение по лицензии BSD License	
6.3.2 Специализированное программное обеспечение		
6.3.2.1	Не предусмотрено	
6.3.3 Информационные справочные системы		
6.3.3.1	Не предусмотрены	
6.4 Правовые и нормативные документы		
6.4.1	Не предусмотрены	

7 ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1	Корпуса А, Б, В, Г, Д, Е ИрГУПС находятся по адресу г. Иркутск, ул. Чернышевского, д. 15; корпус Л ИрГУПС находится – по адресу г. Иркутск, ул. Лермонтова, д.80
2	Учебная аудитория Д-313 для проведения лекционных и практических занятий, лабораторных работ, групповых и индивидуальных консультаций, курсового проектирования (выполнения курсовых

	работ), текущего контроля и промежуточной аттестации. Основное оборудование: специализированная мебель, мультимедиапроектор, экран, (ноутбук переносной). Для проведения занятий имеются учебно-наглядные пособия (презентации, плакаты).
3	Учебная аудитория Д-317 для проведения лекционных и практических занятий, лабораторных работ, групповых и индивидуальных консультаций, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), текущего контроля и промежуточной аттестации. Основное оборудование: специализированная мебель
4	Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой, подключенной к информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду ИрГУПС. Помещения для самостоятельной работы обучающихся: – читальные залы; – учебные залы вычислительной техники А-401, А-509, А-513, А-516, Д-501, Д-503, Д-505, Д-507; – помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования – А-521

8 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Вид учебной деятельности	Организация учебной деятельности обучающегося
Лекция	<p>Лекция (от латинского «lectio» – чтение) – вид аудиторных учебных занятий. Лекция: закладывает основы научных знаний в систематизированной, последовательной, обобщенной форме; раскрывает состояние и перспективы развития соответствующей области науки и техники; концентрирует внимание обучающихся на наиболее сложных, узловых вопросах; стимулирует познавательную активность обучающихся.</p> <p>Во время лекционных занятий обучающийся должен уметь сконцентрировать внимание на изучаемых проблемах и включить в работу все виды памяти: словесную, образную и моторно-двигательную. Для этого весь материал, излагаемый преподавателем, обучающемуся необходимо конспектировать. На полях конспекта следует пометить вопросы, выделенные обучающимся для консультации с преподавателем. Выводы, полученные в виде формул, рекомендуется в конспекте подчеркивать или обводить рамкой, чтобы лучше запоминались. Полезно составить краткий справочник, содержащий определения важнейших понятий лекции. К каждому занятию следует разобрать материал предыдущей лекции. Изучая материал по учебнику или конспекту лекций, следует переходить к следующему вопросу только в том случае, когда хорошо усвоен предыдущий вопрос. Ряд вопросов дисциплины может быть вынесен на самостоятельное изучение. Такое задание требует оперативного выполнения. В конспекте лекций необходимо оставить место для освещения упомянутых вопросов. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, то необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практическом занятии</p>
Практическое занятие	<p>Практическое занятие – вид аудиторных учебных занятий, целенаправленная форма организации учебного процесса, при реализации которой обучающиеся по заданию и под руководством преподавателя выполняют практические задания. Практические задания направлены на углубление научно-теоретических знаний и овладение определенными методами работы, в процессе которых вырабатываются умения и навыки выполнения тех или иных учебных действий в данной сфере науки. Практические занятия развивают научное мышление и речь, позволяют проверить знания обучающихся, выступают как средства оперативной обратной связи; цель практических занятий – углублять, расширять, детализировать знания, полученные на лекции, в обобщенной форме и содействовать выработке навыков профессиональной деятельности.</p> <p>На практических занятиях подробно рассматриваются основные вопросы дисциплины, разбираются основные типы задач. К каждому практическому занятию следует заранее самостоятельно выполнить домашнее задание и выучить лекционный материал к следующей теме. Систематическое выполнение домашних заданий обязательно и является важным фактором, способствующим успешному усвоению дисциплины</p>
Самостоятельная работа	<p>Обучение по дисциплине «Инженерные методы защиты окружающей среды» предусматривает активную самостоятельную работу обучающегося. В разделе 4 рабочей программы, который называется «Структура и содержание дисциплины», все часы самостоятельной работы расписаны по темам и вопросам, а также указана необходимая учебная литература: обучающийся изучает учебный материал, разбирает примеры и решает разноуровневые задачи в рамках выполнения как общих домашних заданий, так и индивидуальных домашних заданий (ИДЗ) и других видов работ, предусмотренных рабочей программой дисциплины. При выполнении домашних заданий обучающемуся</p>

следует обратиться к задачам, решенным на предыдущих практических занятиях, решенным домашним работам, а также к примерам, приводимым лектором. Если этого будет недостаточно для выполнения всей работы можно дополнительно воспользоваться учебными пособиями, приведенными в разделе 6.1 «Учебная литература». Если, несмотря на изученный материал, задание выполнить не удастся, то в обязательном порядке необходимо посетить консультацию преподавателя, ведущего практические занятия, и/или консультацию лектора.

Домашние задания, индивидуальные домашние задания и другие работы, предусмотренные рабочей программой дисциплины должны быть выполнены обучающимся в установленные преподавателем сроки в соответствии с требованиями к оформлению текстовой и графической документации, сформулированным в Положении «Требования к оформлению текстовой и графической документации. Нормоконтроль»

Комплекс учебно-методических материалов по всем видам учебной деятельности, предусмотренным рабочей программой дисциплины (модуля), размещен в электронной информационно-образовательной среде ИрГУПС, доступной обучающемуся через его личный кабинет

Приложение № 1 к рабочей программе

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

**для проведения текущего контроля успеваемости
и промежуточной аттестации**

1. Общие положения

Фонд оценочных средств (ФОС) является составной частью нормативно-методического обеспечения системы оценки качества освоения обучающимися образовательной программы.

Фонд оценочных средств предназначен для использования обучающимися, преподавателями, администрацией ИрГУПС, а также сторонними образовательными организациями для оценивания качества освоения образовательной программы и уровня сформированности компетенций у обучающихся.

Задачами ФОС являются:

- оценка достижений обучающихся в процессе изучения дисциплины;
- обеспечение соответствия результатов обучения задачам будущей профессиональной деятельности через совершенствование традиционных и внедрение инновационных методов обучения в образовательный процесс;
- самоподготовка и самоконтроль обучающихся в процессе обучения.

Фонд оценочных средств сформирован на основе ключевых принципов оценивания: валидность, надежность, объективность, эффективность.

Для оценки уровня сформированности компетенций используется трехуровневая система:

- минимальный уровень освоения, обязательный для всех обучающихся по завершению освоения образовательной программы; дает общее представление о виде деятельности, основных закономерностях функционирования объектов профессиональной деятельности, методов и алгоритмов решения практических задач;

- базовый уровень освоения, превышение минимальных характеристик сформированности компетенций; позволяет решать типовые задачи, принимать профессиональные и управленческие решения по известным алгоритмам, правилам и методикам;

- высокий уровень освоения, максимально возможная выраженность характеристик компетенций; предполагает готовность решать практические задачи повышенной сложности, нетиповые задачи, принимать профессиональные и управленческие решения в условиях неполной определенности, при недостаточном документальном, нормативном и методическом обеспечении.

2. Перечень компетенций, в формировании которых участвует дисциплина.

Программа контрольно-оценочных мероприятий. Показатели оценивания компетенций, критерии оценки

Дисциплина «Инженерные методы защиты окружающей среды» участвует в формировании компетенций:

ОПК-1. Способен учитывать современные тенденции развития техники и технологий в области техносферной безопасности, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий при решении типовых задач в области профессиональной деятельности, связанной с защитой окружающей среды и обеспечением безопасности человека;

ПК-1. Способен разрабатывать в организации мероприятия по охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности и документально оформлять отчетность в соответствии с установленными требованиями

Программа контрольно-оценочных мероприятий очная форма обучения

Наименование оценочного средства (форма проведения*)	Код индикатора достижения компетенции	Объект контроля	Наименование контрольно-оценочного мероприятия	№
7 семестр				
Раздел 1. Инженерные методы и средства защиты атмосферы				1.0
Собеседование (устно)	ОПК-1.1 ПК-1.1	Инженерные методы и средства защиты атмосферы	Текущий контроль	1.1
Собеседование (устно) В рамках ПП**: Задания репродуктивного уровня к текстам (устно/письменно)	ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-1.4	Укрупненная оценка ущербов от загрязнения атмосферы котельными предприятий железнодорожного транспорта. Расчет выбросов вредных веществ котельной	Текущий контроль	1.2
Собеседование (устно) В рамках ПП**: Задания репродуктивного уровня к текстам (устно/письменно)	ПК-1.2 ПК-1.3 ПК-1.4	Определение платежей за загрязнение атмосферы передвижными источниками	Текущий контроль	1.3
Собеседование (устно)	ПК-1.1 ПК-1.3 ПК-1.4	Состав и характеристики атмосферы. Показатели количественной оценки загрязнения атмосферы. Рассеивание загрязняющих веществ в атмосфере, ПДВ. Санитарно-защитные зоны (СЗЗ). Основные направления атмосфероохранных мероприятий	Текущий контроль	1.4
Раздел 2. Современные требования к очистке, обеззараживанию и отведению сточных вод				2.0
Собеседование (устно)	ОПК-1.1 ПК-1.1	Технологические схемы очистки сточных вод	Текущий контроль	2.1
Собеседование (устно)	ПК-1.2 ПК-1.3	Механические методы очистки сточных вод и оборудование для них	Текущий контроль	2.2
Собеседование (устно) В рамках ПП**: Задания репродуктивного уровня к текстам (устно/письменно)	ПК-1.1 ПК-1.4	Физико-химические методы очистки сточных вод и оборудование для них	Текущий контроль	2.3
Собеседование (устно)	ПК-1.1 ПК-1.3	Биологические методы очистки сточных вод и оборудование для них	Текущий контроль	2.4
Собеседование (устно) В рамках ПП**:	ПК-1.1 ПК-1.2	Сорбенты для доочистки сточных вод и аппаратурное	Текущий контроль	2.5

Задания репродуктивного уровня к текстам (устно/письменно)		оформление процесса		
Собеседование (устно)	ПК-1.3 ПК-1.4	Обеззараживание сточных вод	Текущий контроль	2.6
Собеседование (устно)	ПК-1.1 ПК-1.2	Системы отведения сточных вод	Текущий контроль	2.7
Раздел 3. Обеспечение экологической безопасности при обращении с отходами				3.0
Собеседование (устно)	ОПК-1.1 ПК-1.1	Законодательная база по обеспечению экологической безопасности при обращении с отходами.	Текущий контроль	3.1
Собеседование (устно)	ОПК-1.1 ПК-1.1	Классы опасности отходов, виды отходов, Федеральный классификационный каталог отходов	Текущий контроль	3.2
Собеседование (устно)	ПК-1.2 ПК-1.3	Процедуры обращения с отходами и способы	Текущий контроль	3.3
Собеседование (устно) В рамках ПП**: Задания репродуктивного уровня к текстам (устно/письменно)	ПК-1.2 ПК-1.3	Способы утилизации отходов	Текущий контроль	3.4
Собеседование (устно)	ПК-1.2 ПК-1.4	Установки для утилизации, обезвреживания, вторичной переработке отходов	Текущий контроль	3.5
Собеседование (устно)	ОПК-1.1 ПК-1.1 ПК-1.3	Вторичные энергетические ресурсы и их дальнейшее использование	Текущий контроль	3.6
Собеседование (устно)	ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-1.3 ПК-1.4	Расчет полигона ТКО	Текущий контроль	3.7
Экзамен (собеседование) Экзамен - тестирование (компьютерные технологии)	ОПК-1.1 ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-1.3 ПК-1.4		Промежуточная аттестация	

*Форма проведения контрольно-оценочного мероприятия: устно, письменно, компьютерные технологии.

**ПП – практическая подготовка

Описание показателей и критериев оценивания компетенций.

Описание шкал оценивания

Контроль качества освоения дисциплины включает в себя текущий контроль успеваемости и промежуточную аттестацию. Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация обучающихся проводятся в целях установления соответствия достижений обучающихся поэтапным требованиям образовательной программы к результатам обучения и формирования компетенций.

Текущий контроль успеваемости – основной вид систематической проверки знаний, умений, навыков обучающихся. Задача текущего контроля – оперативное и регулярное управление учебной деятельностью обучающихся на основе обратной связи и корректировки. Результаты оценивания учитываются в виде средней оценки при проведении промежуточной аттестации.

Для оценивания результатов обучения используется четырехбалльная шкала: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно» и двухбалльная шкала: «зачтено», «не зачтено».

Перечень оценочных средств, используемых для оценивания компетенций, а также

краткая характеристика этих средств приведены в таблице.

Текущий контроль

Представление оценочного средства в ФОС	Краткая характеристика оценочного средства	Наименование оценочного средства	№
Вопросы для собеседования по темам/разделам дисциплины	Средство контроля на практическом занятии, организованное как специальная беседа преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п. Может быть использовано для оценки знаний обучающихся	Собеседование	1
Учебные адаптированные и оригинальные неадаптированные тексты с заданиями	Средство, позволяющее оценивать и диагностировать знания и умения правильно использовать языковой (грамматические структуры, лексические единицы) и речевой (обусловленные контекстом образцы высказываний различного уровня сложности) текстовый материал, а также стратегии и навыки различных видов чтения (поискового, изучающего, просмотрового) для решения смоделированных задач в рамках определенной темы (раздела) дисциплины. Может быть использовано для оценки знаний и умений обучающихся	Задания репродуктивного уровня к текстам	2

Промежуточная аттестация

Представление оценочного средства в ФОС	Краткая характеристика оценочного средства	Наименование оценочного средства	№
Перечень теоретических вопросов и практических заданий (образец экзаменационного билета) к экзамену	Средство, позволяющее оценить знания, умения, навыков и (или) опыта деятельности обучающегося по дисциплине. Может быть использовано для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности обучающихся	Экзамен	1
Фонд тестовых заданий	Система автоматизированного контроля освоения компетенций (части компетенций) обучающимся по дисциплине (модулю) с использованием информационно-коммуникационных технологий. Может быть использовано для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности обучающихся	Тест – промежуточная аттестация в форме экзамена	2

Критерии и шкалы оценивания компетенций в результате изучения дисциплины при проведении промежуточной аттестации в форме экзамена. Шкала оценивания уровня освоения компетенций

Шкала оценивания	Критерии оценивания	Уровень освоения компетенции
«отлично»	Обучающийся правильно ответил на теоретические вопросы. Показал отличные знания в рамках учебного материала. Правильно выполнил практические задания. Показал отличные умения и владения навыками применения полученных знаний и умений при решении задач в рамках учебного материала. Ответил на все дополнительные вопросы	Высокий

«хорошо»	Обучающийся с небольшими неточностями ответил на теоретические вопросы. Показал хорошие знания в рамках учебного материала. С небольшими неточностями выполнил практические задания. Показал хорошие умения и владения навыками применения полученных знаний и умений при решении задач в рамках учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов	Базовый
«удовлетворительно»	Обучающийся с существенными неточностями ответил на теоретические вопросы. Показал удовлетворительные знания в рамках учебного материала. С существенными неточностями выполнил практические задания. Показал удовлетворительные умения и владения навыками применения полученных знаний и умений при решении задач в рамках учебного материала. Допустил много неточностей при ответе на дополнительные вопросы	Минимальный
«неудовлетворительно»	Обучающийся при ответе на теоретические вопросы и при выполнении практических заданий продемонстрировал недостаточный уровень знаний и умений при решении задач в рамках учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов	Компетенция не сформирована

Тест – промежуточная аттестация в форме экзамена

Критерии оценивания	Шкала оценивания
Обучающийся верно ответил на 90 – 100 % тестовых заданий при прохождении тестирования	«отлично»
Обучающийся верно ответил на 80 – 89 % тестовых заданий при прохождении тестирования	«хорошо»
Обучающийся верно ответил на 70 – 79 % тестовых заданий при прохождении тестирования	«удовлетворительно»
Обучающийся верно ответил на 69 % и менее тестовых заданий при прохождении тестирования	«неудовлетворительно»

Критерии и шкалы оценивания результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости

Собеседование

Шкалы оценивания	Критерии оценивания
«отлично»	«зачтено» Глубокое и прочное усвоение программного материала. Полные, последовательные, грамотные и логически излагаемые ответы при видоизменении задания. Обучающийся свободно справляется с поставленными задачами, может обосновать принятые решения, демонстрирует владение разносторонними навыками и приемами выполнения практических работ
«хорошо»	
«удовлетворительно»	
«неудовлетворительно»	«не зачтено» Обучающийся демонстрирует усвоение основного материала, при ответе допускаются неточности, при ответе недостаточно правильные формулировки, нарушение последовательности в изложении программного материала, затруднения в выполнении практических заданий Слабое знание программного материала, при ответе возникают ошибки, затруднения при выполнении практических работ Не было попытки выполнить задание

Задания репродуктивного уровня к текстам

Шкалы оценивания		Критерий оценки
«отлично»	«зачтено»	При проверке умений поискового чтения обучающийся понял основное содержание оригинального текста, может выделить основную мысль, определить отдельные факты, умеет догадываться о значении незнакомых слов из контекста, либо по словообразовательным элементам, либо по сходству с родным языком. При проверке умений изучающего чтения обучающийся полностью понял текст. При просмотрном чтении обучающийся может достаточно быстро просмотреть текст и выбрать правильно запрашиваемую информацию. Задания к тексту выполнены полностью, все ответы верны
«хорошо»		При проверке умений поискового чтения обучающийся понял основное содержание оригинального текста, может выделить основную мысль, определить отдельные факты, однако выявлено недостаточное развитие языковой догадки, что затрудняет понимание обучающимся некоторых незнакомых слов и вынуждает его часто обращаться к словарю. При проверке умений изучающего чтения обучающийся полностью понял текст, но многократно обращался к словарю. При просмотрном чтении обучающийся находит примерно 2/3 заданной информации при быстром просмотре текста. Задания к тексту выполнены с небольшими неточностями
«удовлетворительно»		При проверке умений поискового чтения обучающийся не совсем точно понял основное содержание прочитанного, умеет выделить в тексте только небольшое количество фактов, совсем не развита языковая догадка. Темп чтения текста низкий. При проверке умений изучающего чтения обучающийся понял текст не полностью, не владеет приемами его смысловой переработки. При просмотрном чтении обучающийся находит примерно 1/3 заданной информации. Задания к тексту выполнены с существенными неточностями
«неудовлетворительно»	«не зачтено»	При проверке умений поискового чтения обучающийся практически не понял содержание текста или понял неправильно, не ориентируется в тексте при поиске определенных фактов, не умеет семантизировать тематическую лексику. При проверке изучающего чтения выявлено, что текст обучающимся не понят. Незнакомые слова может найти в словаре с трудом. При просмотрном чтении обучающийся практически не ориентируется в тексте. Задания к тексту не выполнены

3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

3.1 Типовые контрольные задания для проведения собеседования

Контрольные варианты заданий выложены в электронной информационно-образовательной среде ИрГУПС, доступной обучающемуся через его личный кабинет.

Ниже приведен образец типовых вариантов заданий для проведения собеседований.

Образец типового варианта вопросов для проведения собеседования

«Укрупненная оценка ущербов от загрязнения атмосферы котельными предприятий железнодорожного транспорта. Расчет выбросов вредных веществ котельной»

1. Расчет валового выброса твердых частиц (золы)
2. Расчет валового выброса оксида углерода
3. Расчет валового выброса оксида азота
4. Расчет валового выброса оксидов серы

5. Расчет валового выброса пятиоксида ванадия
6. Расчет ставки платы за нормативный выброс i -го загрязняющего вещества
7. Расчет платежей предприятия за нормативный выброс загрязняющих веществ в атмосферу

Образец типового варианта вопросов для проведения собеседования
«Определение платежей за загрязнение атмосферы передвижными источниками»

1. Методики расчета платежей за выбросы от передвижных источников
2. Общая нормативная плата за выбросы загрязняющих веществ от передвижных источников в зависимости от количества израсходованного топлива
3. Общая нормативная плата за выбросы загрязняющих веществ в зависимости от количества транспортных средств
4. Общая нормативная плата за выбросы загрязняющих веществ в зависимости от режима работы двигателя
5. ПЭК – пункт экологического контроля

Образец типового варианта вопросов для проведения собеседования
«Состав и характеристики атмосферы. Показатели количественной оценки загрязнения атмосферы. Рассеивание загрязняющих веществ в атмосфере, ПДВ. Санитарно-защитные зоны (СЗЗ). Основные направления атмосфероохранных мероприятий»

1. Газовый состав атмосферы.
2. Слои атмосферы
3. Характеристика атмосферы
4. Показатели количественной оценки загрязнения атмосферы.
5. Рассеивание загрязняющих веществ в атмосфере,
6. ПДВ.
7. Санитарно-защитные зоны (СЗЗ).
8. Основные направления атмосфероохранных мероприятий

Образец типового варианта вопросов для проведения собеседования
«Механические методы очистки сточных вод и оборудование для них»

1. Фильтры грубой очистки
2. Фильтры тонкой очистки
3. Сетки
4. Отстойники
5. Нефтеловушки

Образец типового варианта вопросов для проведения собеседования
«Физико-химические методы очистки сточных вод и оборудование для них»

1. Коагулянты
2. Флокулянты
3. Флотатор
4. Катиониты
5. Аниониты

Образец типового варианта вопросов для проведения собеседования
«Биологические методы очистки сточных вод и оборудование для них»

1. Виды штаммов бактерий
2. Реакции окисления и разложения
3. Биологические пруды
4. Биологические фильтры
5. Аэротенки

Образец типового варианта вопросов для проведения собеседования
«Сорбенты для доочистки сточных вод и аппаратурное оформление процесса»

1. Активированные угли
2. Цеолиты
3. Сорбенты из различных отходов
4. Сорбенты на основе природных материалов
5. Сорбенты на основе синтетических материалов

Образец типового варианта вопросов для проведения собеседования
«Вторичные энергетические ресурсы и их дальнейшее использование»

1. Топливные вторичные ресурсы
2. Энергетические ресурсы
3. Давление как ВЭР
4. Тепловые ВЭР
5. Газовое отопление цехов как способ утилизации тепловых ВЭР

3.2 Типовые контрольные задания репродуктивного уровня к текстам

Контрольные варианты заданий выложены в электронной информационно-образовательной среде ИрГУПС, доступной обучающемуся через его личный кабинет.

Ниже приведен образец типовых вариантов заданий репродуктивного уровня к текстам.

Образец задания репродуктивного уровня к тексту
«Укрупненная оценка ущербов от загрязнения атмосферы котельными предприятий железнодорожного транспорта. Расчет выбросов вредных веществ котельной»

Таблица 1- Исходные данные по вариантам:

№	Вид топлива	Расход топлива, т/год
1	Уголь Азейский	10 000
2	Мазут высокосернистый	2 400
3	Уголь Черемховский	12 000
4	Мазут сернистый	2 700
5	Уголь Канско-Ачинский	15 000
6	Мазут малосернистый	3 000
7	Уголь Бурятский	13 000
8	Уголь Минусинский	12 500
9	Мазут высокосернистый	2 300
10	Мазут малосернистый	3 600
11	Мазут малосернистый	3 800
12	Мазут высокосернистый	2 000
13	Уголь Черемховский	14 000
14	Мазут сернистый	2 500
15	Уголь Канско-Ачинский	18 000
16	Мазут малосернистый	3 500
17	Уголь Бурятский	11 000
18	Уголь Минусинский	15 000
19	Мазут сернистый	2 600
20	Уголь Азейский	10 500
21	Мазут высокосернистый	2 100
22	Уголь Черемховский	13 500
23	Мазут сернистый	2 200
24	Уголь Канско-Ачинский	14 500
25	Мазут малосернистый	3 200
26	Уголь Бурятский	16 500
27	Уголь Минусинский	15 500

28	Мазут высокосернистый	3 100
29	Мазут малосернистый	3 300
30	Мазут малосернистый	3 400

Котлы без промежуточных паронагревателей, очистка поверхностей нагрева которых производится в остановленном состоянии;

Производительность котлоагрегата 25 т/ч.

Золоуловители сухого типа.

Результаты расчетов сводятся в таблицу 2.

Таблица 2

i	Ингредиенты загрязнения	m _i , т/год.	Нбл.i, руб/т		П _{уд.н.i} , руб/год	П _{н.i} , руб/год
			уголь	мазут		
1	Зола		170	8 250		
2	Оксид углерода (CO)		5	5		
3	Оксид азота (NO ₂)		420	420		
4	Оксид серы (SO ₂)		330	330		
5	Пятиокись ванадия (V ₂ O ₅)		-	8 250		
	Итого					Σ

Приложение 1

Вид топлива	q, %	S ^r , %	Q _i ^r , МДж/кг
Мазут:			
малосернистый	0,1	0,5	40,3
сернистый	0,1	1,9	39,85
высокосернистый	0,1	4,1	38,89
Уголь:			
Черемховский	27	1	17,93
Азеский	14,2	0,4	16,96
Канско-Ачинский	6,7	0,2	15,54
Бурятский	16,9	0,7	16,88
Минусинский	17,2	0,5	20,16

Валовый выброс твердых частиц (золы) в дымовых газах котельных определяется по формуле:

$$m_{ТВ} = q_T * V * f * (1 - L_T)$$

Где: q_T - зольность топлива, % (прил. 1).

V – количество израсходованного топлива за год, т;

f – безразмерный коэффициент, зависящий от типа топки и топлива; для котельных, работающих на мазуте, принять f = 0,01; на угле f = 0,0023;

L_T - эффективность золоуловителей; при использовании циклона для очистки отходящих выбросов котельной L_T = 0,85.

Валовый выброс оксида углерода рассчитывается по формуле:

$$m_{CO} = C_{CO} * V * (1 - 0,01 q_1) * 10^{-3};$$

Где: q₁ - потери теплоты вследствие механической неполноты сгорания топлива, %; для мазута q₁ = 0,5, для угля q₁ = 5,5.

C_{CO} - выход оксида углерода при сжигании топлива, кг/т;

$$C_{CO} = q_2 * R * Q_i^r.$$

Где: q₂ - потери теплоты вследствие химической неполноты сгорания, %; для котельных предприятий железнодорожного транспорта принимается q₂ = 0,5;

R – коэффициент, учитывающий долю потери теплоты вследствие химической неполноты сгорания: R = 1 для твердого топлива; R = 0,5 для газа; R = 0,65 для мазута.

Q_i^r - низшая теплота сгорания натурального топлива, МДж/кг (прил. 1).

Валовый выброс оксидов азота, т/год, определяется по формуле:

$$m_{NO_2} = B * Q_i^r * K_{NO_2} (1 - \beta) * 10^{-3};$$

где: K_{NO_2} - параметр, характеризующий количество окислов азота, образующихся на 1 ГДж тепла, кг/ГДж для различных видов топлива в зависимости от производительности котлоагрегата; для мазута $K_{NO_2} = 0,11$; для угля $K_{NO_2} = 0,23$.

β – коэффициент, зависящий от степени снижения выбросов оксида азота в результате применения технических решений. Для котлов производительностью до 30 т/час $\beta = 0$.

Валовый выброс оксида серы, т/год, определяется только для твердого и жидкого топлива по формуле:

$$m_{SO_2} = 0,02 B * S^r * (1 - \eta'_{SO_2}) * (1 - \eta''_{SO_2});$$

Где: S^r - содержание серы в топливе, % (прил.1);

η'_{SO_2} - доля оксидов серы, связываемых летучей золой топлива. Для углей Канско-Ачинского бассейна принимается равной 0,2; экибастузских – 0,02; прочих углей – 0,1; мазута – 0,2.

η''_{SO_2} - доля оксидов серы, улавливаемая в золоуловителе. Для сухих золоуловителей принимается равно 0.

Расчет выбросов пятиоксида ванадия, поступающей в атмосферу с дымовыми газами при сжигании жидкого топлива (мазута), выполняется по формуле:

$$m_{V_2O_5} = C_{V_2O_5} * B * (1 - \eta_{OC}) * (1 - \eta_T) * 10^{-3};$$

Где: B- количество израсходованного мазута за год, т;

$C_{V_2O_5}$ - содержание пятиоксида ванадия в жидком топливе, г/т (при отсутствии результатов анализа топлива для мазута с 0,4% определяется по формуле:

$$C_{V_2O_5} = 95,4 * S^r - 31,6;$$

η_{OC} - коэффициент оседания пятиоксида ванадия на поверхности нагрева котлов: 0,07 – для котлов с промежуточными паронагревателями, очистка поверхностей нагрева которых производится в остановленном состоянии;

0,05 – для котлов без промежуточных паронагревателей при тех же условиях очистки (принять при расчетах);

0 – для остальных случаев;

η_T - доля твердых частиц в продуктах сгорания жидкого топлива, улавливаемых в устройствах для очистки газов мазутных котлов (оценивается по средним показателям работы улавливающих устройств за год). В работе принимается $\eta_T = 0,85$.

Платежи предприятия за нормативный выброс загрязняющих веществ в атмосферу, руб./год, определяются зависимостью:

$$P_n = \sum_{i=1}^n P_{уд.н.i} * m_i \quad \text{при } m_i \leq m_{ПДВ_i}$$

Где: $P_{уд.н.i}$ - ставка платы за выброс 1 тонны i-го загрязняющего вещества в пределах ПДВ, руб/год;

m_i - фактическая масса выброса i-го загрязняющего вещества, т/год;

$m_{ПДВ_i}$ - масса предельно-допустимого выброса i-го загрязняющего вещества, т/год;

Ставка платы, руб/т, за нормативный выброс i-го загрязняющего вещества определяется по формуле:

$$P_{уд.н.i} = Нбл.i * K_{э.атм} * K_n$$

где $Нбл.i$ - базовый норматив платы за сброс i-го загрязняющего вещества, руб/т;

$K_{э.атм}$ - коэффициент экологической ситуации и экологической значимости атмосферы; для Восточно-Сибирского экономического региона. $K_{э.атм} = 1,4$;

K_n – коэффициент индексации (утверждается по каждому году Минприроды России по согласованию с Минфином и Минэкономики России). В практической работе принимается $K_n = 1,3$.

При отсутствии нормативов ПДВ для источника выбросов в атмосферу плата за загрязнение считается сверхнормативной и взимается в пятикратном размере. В практической работе принимается, что масса выбросов котельной не превышает имеющихся значений ПДВ во всех вариантах заданий.

Образец задания репродуктивного уровня к тексту

«Определение платежей за загрязнение атмосферы передвижными источниками»

В данной практической работе требуется определить:

1. нормативные платежи за загрязнение атмосферы передвижными источниками при наличии данных о количестве топлива, израсходованного за прошедший квартал на предприятии (в депо), руб /квартал.

2. планируемые платежи (нормативные) за загрязнение атмосферы в течение года передвижными источниками, работающими в подразделении данного предприятия (на ПТО), руб/год.

3. годовые нормативные платежи за загрязнение атмосферы заданным типом подвижного состава по данным о фактических массах выбросов, руб. /год.

Следует отметить, что исходные данные для расчетов по всем трем методикам не взаимосвязаны, поэтому результаты не сравниваются между собой.

Исходные данные (и.д.)

№ вар.	Потребление топлива в депо, т/квартал			Количество передвижных источников на ПТО					Тип ПС* (из прил 5.)
	АИ-92 (неэт)	А-76 (неэт)	ДТ	Легк. а/м	Груз. а/м (бенз)	Груз. а/м (диз)	Груз. тепловоз	Маневр. тепловоз	
Пр.	5	10	250	-	1	2	-	5	1

Методика 1.

Общая нормативная плата за выбросы загрязняющих веществ от передвижных источников в зависимости от количества израсходованного топлива:

$$P_{н,транс} = \sum_{e=1}^n V_e * T_e * K_{э.атм} * K_{и} ,$$

где: e – вид топлива; V_e - удельная плата за допустимые выбросы загрязняющих веществ, образующихся при использовании e-го вида топлива (прил. 2); T_e - количество e-го вида топлива, израсходованного передвижными источниками за отчетный период, т. $K_{э.атм}$ - коэффициент экологической ситуации и экологической значимости атмосферы в данной регионе. Для восточно-Сибирского экономического региона $K_{э.атм} = 1,4$. $K_{и}$ – коэффициент индексации (утверждается по каждому году Минприроды России по согласованию с Минфином и Минэкономики России). Примем в расчете $K_{и} = 1,5$.

Вид топлива	V_e , руб./т, руб./м ³	T_e , т/квартал	$P_{н,транс}$, руб./ квартал
Бензин неэтилированный АИ-92	10	5	$10*5* 1,4* 1,5 = 105$
Бензин неэтилированный А-76	11	10	231
Дизельное топливо (ДТ)	21	250	11 025
За квартал			$\Sigma 11 361$
За год (4 квартала)			45 444

Методика 2

При отсутствии данных о количестве израсходованного топлива плата за выбросы загрязняющих веществ от передвижных источников определяется в зависимости от количества транспортных средств:

$$P_{транс} = P_{н,транс} + P_{сн,транс}$$

Где: $P_{н,транс}$ – плата за выбросы загрязняющих веществ от транспортных средств;

$P_{сн,транс}$ – плата за выбросы загрязняющих веществ от транспортных средств, не соответствующих требованиям стандартов;

$$P_{н,транс} = \sum_{i=1}^n P_{общ,i} * P_{пн,i} K_{э.атм} * K_{и} ,$$

где: $P_{пн,i}$ - годовая плата за передвижной источник i-го типа, руб (прил. 3).

$P_{общ}$ - общее количество источников (и.д.).

Плата за превышение допустимых выбросов загрязняющих веществ от передвижных источников определяется по формуле:

$$P_{\text{сн, транс}} = 5 \sum_{j=1}^n P_{\text{пи, i}} \alpha_j,$$

Где: α_j – доля транспортных средств j-типа, не соответствующих стандартам.

$$\alpha_{j \text{ д}} = n_{\text{нест}} / n_{\text{общ}}$$

где: $n_{\text{нест}}$ - количество источников, не соответствующих стандартам (прил. 6);

Передвижной источник	$P_{\text{пи, i}}$, руб./ год	$n_{\text{нест}}$	$n_{\text{общ}}$	$\alpha_{j \text{ д}}$
Легк а/м (бенз)	2 700	-	-	-
Груз. а/м (бенз)	4 000	-	1	-
Груз. а/м (диз)	2 500	1	2	1/2 = 0,5
Груз. тепловоз	21 400	-	-	-
Маневр. тепловоз	2 500	1	5	1/5 = 0,2

$$P_{\text{н, транс}} = 1,4 * 1,5 * (1 * 4000 + 2 * 2500 + 5 * 2500) = 45 150 \text{ руб./год}$$

$$P_{\text{сн, транс}} = 5 (0,5 * 2500 + 0,2 * 2500) = 8 750 \text{ руб. /год}$$

$$P_{\text{транс}} = 45 150 + 8 750 = 53 900 \text{ руб./год}$$

Плата за превышение допустимых выбросов начисляется территориальными органами Минприроды России по результатам контроля соответствия транспортных средств требованиям стандартов, регламентирующих содержание загрязняющих веществ в отработавших газах в условиях эксплуатации

Методика 3

При проведении расчетов по третьей методике прежде всего необходимо провести замеры выбросов с отработанными газами дизелей тепловозов и рефрижераторного подвижного состава (РПС) на ПЭК. Замеры проводятся на 5 режимах (холостой ход – ХХ, 25%, 50%, 75%, 100% от максимальной мощности). Данные замеров (удельные выбросы кг/ч) для некоторых типов подвижного состава приведены в приложении 5.

Тип ПС	ЗВ	Режим работы двигателя / g_{ik} - удельный выброс i-го загрязняющего вещества при работе двигателя в k-ом режиме, кг/ч				
		ХХ	25%	50%	75%	100%
Тепловоз ТЭЗ	СО	0,44	1,94	4,46	17,2	98,3
	NO ₂	1,36	15,71	40,17	44,8	50,76
	SO ₂	0,01	0,151	0,739	0,73	0,715
τ_k - доля времени работы двигателя на k-ом режиме		67,31 %	1,5 %	1,5 %	2,9 %	26,79 %

Расчет величин фактических выбросов производится по формуле:

$$m_{i, \text{атм}} = \sum_{k=1}^n g_{ik} * \tau_k * T * K_f * K_B, \text{ т /год}$$

Где g_{ik} – удельный выброс i-го загрязняющего вещества при работе двигателя в k-ом режиме, кг/ч (прил. 5),

n - число режимов работы двигателя, n=5.

τ_k - доля времени работы двигателя на k-ом режиме (прил. 4).

T – суммарное время работы дизеля подвижного состава; принимается

$$T = 1000 \text{ ч/год.}$$

K_f - коэффициент влияния технического состояния дизелей на величину выбросов в атмосферу. Принимается равным 1 для дизелей со сроком службы до 2-х лет и 1,2 – свыше 2-х лет (последнее принять при расчетах).

K_B – коэффициент, учитывающий реальное время работ дизелей подвижного состава; для тепловозов и РПС соответственно 8,5 и 1,3.

Оценка ущерба от загрязнения атмосферы i-той примесью, руб./год, определяется по формуле:

$$P_n = \sum_{i=1}^n P_{уд.н.i} * m_i \text{ при } m_i \leq m_{ПДВi}$$

Где: $P_{уд.н.i}$ - ставка платы за выброс 1 тонны i-го загрязняющего вещества в пределах ПДВ, руб;

m_i - фактическая масса выброса i-го загрязняющего вещества, т/год;

$m_{ПДВi}$ - масса предельно-допустимого выброса i-го загрязняющего вещества, т/год;

Ставка платы, руб/т, за нормативный выброс i-го загрязняющего вещества определяется по формуле:

$$P_{уд.н.i} = N_{бл.i} * K_{э.атм} * K_n$$

где $N_{бл.i}$ - базовый норматив платы за сброс i-го загрязняющего вещества, руб/т;

$N_{бл.i}$ для $CO = 5$ руб. /т,

$N_{бл.i}$ для $NO_2 = 420$ руб. /т,

$N_{бл.i}$ для $SO_2 = 330$ руб. /т,

При отсутствии нормативов ПДВ для источника выбросов в атмосферу плата за загрязнение считается сверхнормативной и взимается в пятикратном размере. В практической работе принимается, что масса выбросов котельной не превышает имеющихся значений ПДВ во всех вариантах заданий, поэтому эти нормативы не приводятся.

Тип ПС	ЗВ	$m_{i, атм}$ - величины фактических выбросов т /год					$\sum m_{i, атм}$ т /год	$P_{уд.н.i}$ руб/т	$P_{н i,}$ руб/год
		XX	25%	50%	75%	100%			
Тепловоз ТЭЗ	CO	=0,44*0,6731 *1000*1,2 *8,5* 10 ⁻³ = 3 т /год	1,94* 0,015*1000* 1,2 *8,5* 10 ⁻³ = 0,3 т /год	0,7	5,1	268,6	277,7	5*1,4 * 1,5 = 10,5	277,7*10,5 = 2 916 руб/год
	NO ₂	=1,36*0,673 *1000*1,2 *8,5* 10 ⁻³ = 9,3 т /год	2,4	6,2	13,3	138,7	169,8	882	149 764
	SO ₂	0,1	0,02	0,1	0,2	1,95	2,4	693	1 663

Σ 154 343

Образец задания репродуктивного уровня к тексту
«Способы утилизации отходов»

Проектирование обустройства полигона ТКО

Необходимая площадь для отвода земельного участка определяется исходя из **проектной вместимости полигона** и проектной высоты складирования отходов.

Размер полигона устанавливают, исходя из расчета эксплуатации на 15-20 лет, рекомендуется квадратная форма.

Расчет производится с учетом удельной обобщенной годовой нормы накопления ТКО на одного жителя (включая ТКО из организаций).

Требуемая для отвода площадь земельного участка складирования ТКО определяется отношением проектируемой вместимости полигона (м³) на принимаемую в проекте высоту полигона (в метрах.)

Предполагается организация сбора ТКО с 4-х населенных пунктов. Участок, предназначенный для размещения полигона, расположен от самого дальнего пункта (пункт № 3) на расстоянии 22,5 км; от самого близкого – 11,2 км. В данном случае имеется ситуационный план с нанесением на карту всех пунктов относительно дороги и водного объекта. Сбор в населенных пунктах предполагается вести в установленные мусоросборные емкости (бункеры) вместимостью до 0,75 м³. Транспортирование ТКО до мест их накопления до полигона предполагается мусоровозами КО-415А с объемом кузова до 23 м³.

В качестве примера возьмем следующие данные для четырех населенных пунктов:

$N_1 = 80000$ чел.; $N_2 = 25000$ чел.;

$N_3 = 30000$ чел.; $N_4 = 35000$ чел.

$\Sigma N = 170000$ чел.

1. Расчет годовой нормы накопления ТКО

Расчет накопления ТКО за один год проводится в соответствии с удельными нормами их накопления на одного жителя. Их рассчитывают от двух источников образования: жилого сектора и общественных зданий, учреждений. С учетом того, что ТКО имеют различные морфологический состав и плотность, их удельное накопление учитывают как по массе, так и по объему. Нормы накопления ТКО для различных источников определяют специальными научными организациями (не реже 1 раза в 5 лет). Результаты исследований утверждают администрации населенных пунктов. В таблице 1 приводится расчет объемов накопления ТКО, рассчитываемых путем умножения нормы накопления ТКО на количество источников образования отходов.

Таблица 1

Расчет объемов накопления ТКО

Объект образования отходов	Расчетная единица	Норма накопления ТКО, кг/год	Количество источников образования отходов	Всего кг/год
Жилые дома благоустроенного типа	1 чел	200	$0,6 \cdot \Sigma N$	20 400 000
Жилые дома неблагоустроенного типа	1 чел	400	$0,4 \cdot \Sigma N$	27 200 000
Гостиницы	1 место	120	$0,07 \cdot \Sigma N$	1 428 000
Детсады, ясли	1 место	95	$0,05 \cdot \Sigma N$	810 000
Учебные заведения	1 ученик	24	$0,03 \cdot \Sigma N$	120 000
Театры, кинотеатры	1 место	30	1000 мест	30 000
Учреждения, офисы	1 сотрудник	40	$0,3 \cdot \Sigma N$	2 040 000
Магазины: продовольственные	1 кв.м.	200	5000	1 000 000
промтоварные		100		500 000
Рынок	1 кв.м.	100	10 000	1 000 000
Автовокзалы	1 кв.м.	125	800	1 00 000
Больница	1 койка	230	$0,05 \cdot \Sigma N$	1 955 000
Поликлиники	1 посещение	30	$0,9 \cdot \Sigma N$	4 590 000
			$\Sigma P = 61\,172\,900$	

Суточная величина накопления ТКО рассчитывается по формуле:

$$P_{сут} = \frac{\sum P}{\sum T_{год}} \quad (1)$$

где: ΣP – суммарный объем накопления (см. таблицу 1);

$\Sigma T_{год} = 365$ – количество дней в году.

В результате расчета получаем:

$$P_{сут} = \frac{61172900}{365} \approx 167597 \text{ (кг / сут)} \approx 167,6 \text{ (т / сут)}$$

Удельная норма накопления ТКО по массе определяется по формуле:

$$V = \frac{\sum P}{\sum H} \quad (2)$$

В результате расчета получаем:

$$Y = \frac{61172900}{170000} \approx 360(\text{кг} / \text{чел} \cdot \text{год})$$

Удельная норма накопления по объему рассчитывается по формуле:

$$Y^* = \frac{Y}{\gamma} \quad (3)$$

При плотности отходов $\gamma = 210$ (кг/м³) удельная норма накопления по объему составит:

$$Y = \frac{360}{210} \approx 1,71(\text{м}^3 / \text{чел} \cdot \text{год})$$

2. Определение проектной вместимости полигона

Проектная вместимость полигона определяется на расчетный период его эксплуатации по формуле:

$$E_m = \frac{(Y^* + Y^{**}) \cdot (H^* + H^{**}) \cdot T \cdot k_2}{4 \cdot k_1} \quad (4)$$

где: T – принимаемый срок эксплуатации полигона (в расчете принимаем T = 20 лет);

Y* – удельная норма накопления ТКО по объему на первый год эксплуатации полигона, определяется как удельная обобщенная годовая норма накопления ТКО на одного жителя;

Y** – удельная норма накопления ТКО по объему на последний год эксплуатации полигона;

H* и H** – соответственно количество обслуживаемого полигоном населения на первый и последний годы эксплуатации полигона;

k₁ – коэффициент, учитывающий уплотнение ТКО в процессе эксплуатации полигона за срок T;

k₂ – коэффициент, учитывающий объем изолирующих слоев грунта (промежуточных и окончательных).

Удельная норма накопления ТКО по объему на последний год эксплуатации полигона определяется из условия ежегодного прироста ее по объему на 3% по формуле:

$$Y^{**} = Y^* \cdot (1,03)^{T-1} \quad (5)$$

В результате расчета получаем:

$$Y^{**} = 1,71 \cdot (1,03)^{19} \approx 2,99(\text{м}^3 / \text{чел} \cdot \text{год})$$

Количество обслуживаемого полигоном населения на первый годы эксплуатации полигона составляет: H* = Σ H = 170 000 (чел.)

Количество обслуживаемого полигоном населения на последний годы эксплуатации полигона определяется исходя из генерального плана застройки, ожидается прирост населения 2% по формуле:

$$H^{**} = H^* \cdot (1,02)^{T-1} \quad (6)$$

В результате расчета получаем:

$$H^{**} = 170000 \cdot (1,02)^{19} \approx 247658(\text{чел})$$

Коэффициент, учитывающий уплотнение ТКО в процессе эксплуатации полигона за срок T (см. таблицу 2) зависит от полной проектной высоты полигона (см. рис. 1), которая, в свою очередь, зависит от численности населения, обслуживаемого полигоном. Коэффициент, учитывающий объем изолирующих слоев грунта принимается равным k₂ = 1,2.

Таблица 2. Зависимость коэффициента уплотнения ТКО (k₁) от высоты полигона (H_{пл}).

Полная проектная высота полигона (H _{пл}), м	k ₁
до 10	3
от 11 до 20	3,7
от 21 до 50	4
от 51 и более	4,5

Проектная высота полигона определяется по графику на последний год его эксплуатации. Для численности населения 247658 чел. (на последний год эксплуатации полигона) примерная высота полигона $H_{пл}$ составляет 24 м, следовательно $k_1 \rightarrow 4$.

Тогда согласно формуле (4.2.4) проектная вместимость полигона составит:

$$E_m = \frac{(1,71 + 2,99) \cdot (170000 + 247658) \cdot 20 \cdot 1,2}{4 \cdot 4} = 2944489 (м^3)$$

Откосы котлована из условий работы бульдозера принимают с коэффициентом заложения $m \geq 2,5$. Полигон ТКО разбивается на 5 очередей эксплуатации. При этом сам котлован для складирования ТКО будет разбит на четыре части.

3. Расчет требуемой площади земельного участка для размещения полигона

Горизонтальная планировка (рис 2.1.) выполняется на отдельном листе А4 с использованием топографического плана.

Требуемая площадь полигона определяется по формуле:

$$\Phi = k_3 \cdot \Phi_{yc} + \Phi_{доп} \quad (4.2.7)$$

где: k_3 -коэффициент, учитывающий полосу вокруг участка складирования ($k_3=1,1$); Φ_{yc} – площадь участка складирования, (га); $\Phi_{доп}$ – площадь участка административно-хозяйственной зоны, (га). Площадь участка складирования определяется по формуле объема пирамиды

$$\Phi_{yc} = \frac{3E_m}{H_{пл} + \Delta h} = \frac{3k_4 \cdot E_m}{H_{пл}} \quad (8)$$

где: k_4 - коэффициент, учитывающий снижение высоты пирамиды до заданной $H_{пл}$. $k_4 = 0,5$.

В результате расчета по формуле (8) получаем:

$$\Phi_{yc} = \frac{3 \cdot 0,5 \cdot 2944489}{24} \approx 184031 (м^2) \approx 18,4 (га)$$

Размер участка административно-хозяйственной зоны рассчитывается по формуле:

$$\Phi_{доп} = 0,1 \cdot \Phi_{yc} \quad (9)$$

Тогда требуемая площадь полигона составит:

$$\Phi = k_3 \cdot \Phi_{yc} + \Phi_{доп} = \Phi_{yc} \cdot (k_3 + 0,1) = 18,4 \cdot (1,1 + 0,1) = 22,08 (га)$$

Размещается полигон на фактически плоском рельефе. При этом фактически отведенная площадь рассчитывается по формуле:

$$\Phi_{отв} = \Phi + D \quad (10)$$

где: D – отвод территории для размещения подъездной дороги от автомагистрали до полигона, рассчитывается по формуле:

$$D = L_{дор} \cdot B_{дор} \quad (11)$$

где: $L_{дор}$ – длина дороги ($L_{дор} = 4000$ м); $B_{дор}$ – ширина дороги ($B_{дор} = 6,5$ м).

В результате расчета получаем:

$$D = 4000 \cdot 6,5 = 26000 м^2 = 2,6 (га)$$

$$\Phi_{отв} = 22,8 + 2,6 = 24,68 (га).$$

4. Расчет вместимости полигона

Грунт в основании полигона представлен легким суглинком. Грунтовые воды расположены на глубине $H_{угв} = 4,8$ м. Принимаем решение полностью удовлетворить потребность в грунте для промежуточной и окончательной изоляции за счет сооружения котлована в основании полигона.

Реальный участок складирования ТКО, площадью $\Phi_{yc} \approx 184031 (м^2)$ в плане, имеет форму квадрата со сторонами:

$$L_{yc} = B_{yc} = \sqrt{184031} \approx 429 (м)$$

После заполнения полигона отходами до проектных отметок, участок складирования будет иметь форму усеченной пирамиды, а в поперечном сечении – трапеции.

Размеры верхней площадки полигона захоронения отходов рассчитываются по формуле:

$$B_{\Pi} = L_{\Pi} = B_{yc} - (2 \cdot m \cdot H_{\Pi}) \quad (12)$$

где: B_{Π} и L_{Π} –соответственно, ширина и длина верхней площадки участка складирования, м; m - коэффициент заложения откосов, $m=3$.

Коэффициент заложения (характеристика крутизны **откоса**) - отношение высоты **откоса** к его горизонтальной проекции - **заложению**.

В результате расчета получаем:

$$B_{\Pi} = 429 - (2 \cdot 3 \cdot 24) = 285(м)$$

Площадь верхней площадки участка складирования определяется по формуле:

$$\Phi_n = B_n^2 \quad (4.2.13)$$

В результате расчета получаем:

$$\Phi_n = 285^2 = 81225 м^2 \approx 8,1(га)$$

Максимально допустимая высота полигона определяется из условия заложения внешних откосов не менее чем $m = 3$ и необходимости создания верхней площадки с размером, обеспечивающим безаварийную работу мусоровозов и бульдозера.

Минимальная ширина верхней площадки определяется возможностью разворота мусоровоза $R_{раз}$ и соблюдением условия его движения не ближе $v = 10$ (м) от края откоса.

Минимальная ширина участка складирования рассчитывается по формуле:

$$B_n^{\min} = 2 \cdot R_{раз} + 2 \cdot v \quad (14)$$

В результате расчета получаем:

$$B_n^{\min} = 2 \cdot 9 + 2 \cdot 10 = 38(м)$$

Минимальная площадь верхней площадки рассчитывается по формуле:

$$\Phi_n^{\min} = (B_n^{\min})^2 \quad (15)$$

В результате расчета получаем:

$$\Phi_n^{\min} = 38^2 = 1444(м^2) \approx 0,14(га)$$

Т.е. минимальная площадь значительно меньше принятой в проекте $\Phi_n = 8,1$ (га).

Максимально возможная высота полигона рассчитывается по формуле:

$$H_{nl}^{\max} = \frac{B_{yc} - B_n^{\min}}{2 \cdot m} \quad (16)$$

где: B_{yc} – ширина участка складирования, м.

В результате расчета получаем:

$$H_{nl}^{\max} = \frac{429 - 38}{2 \cdot 3} = 65(м)$$

С целью получения грунта для послойной и окончательной изоляции ТКО, укладываемых в тело полигона, в его основании проектируется котлован. Средняя его глубина рассчитывается из условия баланса земляных работ с учетом положения уровня грунтовых вод. Дно котлована размещается выше уровня грунтовых вод не менее чем на $H_{ж} = 2$ метра. Участок складирования разбивается на очереди эксплуатации с учетом приема ТКО на каждой очереди в течение 3-5 лет.

Фактическая вместимость полигона с учетом уплотнения ТКО рассчитывается по формуле для определения усеченной пирамиды:

$$E_{\phi} = \frac{H_{нл}}{3} \cdot [\Phi_{yc} + \Phi_n + \sqrt{\Phi_{yc} + \Phi_n}] \quad (17)$$

где: Φ_{yc} и Φ_n – площади нижнего и верхнего оснований свалочного тела, (m^2).

Вместимость котлована в основании полигона не учитывается, так как грунт, вынимаемый из него, расходуется на изоляцию ТКО. В этом случае фактическая вместимость будет равна объему ТКО в уплотненном состоянии, которая составит:

$$E_{\phi} = \frac{24}{3} \cdot [184031 + 81225 + \sqrt{184031 + 81225}] \approx 2126168 (m^3)$$

Потребность в минеральном грунте определяется по формуле:

$$V_r = E_{\phi} \cdot \left(1 - \frac{1}{k_2}\right) \quad (18)$$

где: k_2 – коэффициент, учитывающий объем изолирующих слоев грунта (промежуточных и окончательных). $k_2 = 1,2$.

Для изоляции 2126168 (m^3) ТКО после их уплотнения потребуется грунт в объеме:

$$V_r = 2126168 \cdot \left(1 - \frac{1}{1,2}\right) \approx 361448 (m^3)$$

В рассматриваемом случае весь грунт, вынимаемый из котлована, расходуется на изоляцию ТКО, поэтому потребность в изолирующем материале равна вместимости котлована.

Средняя проектная глубина котлована в основании полигона определяется по формуле:

$$H_k = \frac{1,1 \cdot V_r}{\Phi_{yc}} \quad (19)$$

где: 1,1 – коэффициент, учитывающий откосы и картовую схему заполнения котлована.

В результате расчета получаем:

$$H_k = \frac{1,1 \cdot 361448}{184031} \approx 2,16 (m)$$

В результате принимаем $H_k = 2$ (м).

Проверяем условие размещения полигона по формуле:

$$H_{угв} - H_k + H_{эк} \geq 2 (m) \quad (20)$$

где: $H_{угв}$ – глубина залегания грунтовых вод (и.д.) $H_{угв} = 4,8$ м,;

$H_{эк}$ – толщина защитного экрана основания полигона.

В результате расчета получаем:

$$4,8 - 2 + 2 = 4,8 \text{ м} > 2 (m)$$

С учетом того, что минеральная мощность природного геохимического барьера должна быть не менее 1–3 м, можно сделать вывод, что принятая глубина котлована удовлетворяет требуемым условиям.

Каждую очередь эксплуатации полигона рассчитывают из условия обеспечения приема ТКО в течение времени, рассчитываемого по формуле:

$$T_{от} = \frac{T}{5} \quad (21)$$

В результате расчета получаем:

$$T_{от} = \frac{20}{5} = 4 \text{ года}$$

Площадь участка складирования каждой из четырех очередей эксплуатации в пределах первого яруса рассчитывается по формуле:

$$\Phi_{оч(I-IV)} = \frac{\Phi_{yc}}{4} \quad (4.2.22)$$

В результате расчета получаем:

$$\Phi_{\text{оч(I-IV)}} = \frac{184031}{4} = 46007(\text{м}^2)$$

Объем отходов, складываемых в каждой очереди эксплуатации полигона рассчитывается по формуле:

$$V_{\text{оч(I-V)}} = \frac{E_{\phi}}{5} \quad (23)$$

В результате расчета получаем:

$$V_{\text{оч(I-V)}} = \frac{2126168}{5} = 425233,6(\text{м}^3)$$

Высота первого яруса (с I по IV очереди) определяется по формуле:

$$H_{\text{оч(I-IV)}} = \frac{1,1 \cdot (V_{\text{оч(I-V)}} \cdot 4)}{\Phi_{\text{ус}}} \quad (24)$$

В результате расчета получаем:

$$H_{\text{оч(I-IV)}} = \frac{1,1 \cdot (425233,6 \cdot 4)}{184031} = 10,16(\text{м})$$

Полигон заполняется отходами послойно. Каждый слой состоит из двух частей:

(1,8 – 2,0) м отводится на отходы и

0,2 м – на минеральный грунт.

Количество укладываемых слоев с I по IV очереди 1 яруса рассчитывается по формуле:

$$n_{\text{сл(I-IV)}} = \frac{H_{\text{оч(I-IV)}}}{h_c} \quad (25)$$

где: h_c – высота слоя (принимается $h_c = 2$ м).

В результате расчета получаем:

$$n_{\text{сл(I-IV)}} = \frac{10,16}{2,0} \approx 5(\text{слоев})$$

Принимаем по 5 слоев укладки ТКО в каждую очередь 1-го яруса. Тогда высота 1-го яруса над уровнем поверхности земли составит:

$$H^{1\text{яру}} = 2,0 \cdot 5 = 10(\text{м})$$

Наращивание высоты полигона 2-го яруса с отметки 10 м до проектной 24 м будет проводиться заполнение V-ой очереди полигона.

После заполнения 2-го яруса будет выполнено окончательное его перекрытие.

Количество слоев V-й очереди рассчитывается по формуле:

$$n_{\text{сл(V)}} = \frac{H_{\text{пл}} - H^{1\text{ярус}}}{h_c} \quad (26)$$

В результате расчета получаем:

$$n_{\text{сл(V)}} = \frac{24 - 10}{2,0} = 7(\text{слоев})$$

Общее количество слоев ТКО, укладываемых в тело полигона рассчитывается по формуле:

$$N = n_{\text{сл(I-IV)}} + n_{\text{сл(V)}} \quad (27)$$

В результате расчета получаем:

$$N = 5 + 7 = 12(\text{слоев})$$

Перед проведением работ снимают плодородный слой почвы со всей площади участка складирования ТКО, который отсыпают в кавальеры, размещаемые в стороне от участка складирования. Впоследствии этот грунт используют для рекультивации полигона.

3.3 Типовые контрольные задания для проведения тестирования

Фонд тестовых заданий по дисциплине содержит тестовые задания, распределенные по разделам и темам, с указанием их количества и типа.

Структура фонда тестовых заданий по дисциплине

Количество тестовых заданий, типы ТЗ	Характеристика ТЗ	Тема в соответствии с РПД	Индикатор достижения компетенции
2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ	Знание	Инженерные методы и средства защиты атмосферы	ОПК-1.1 ПК-1.1
2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ	Умение		
2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ	Навык и (или) опыт деятельности/ действие		
2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ	Знание	Укрупненная оценка ущербов от загрязнения атмосферы котельными предприятиями железнодорожного транспорта. Расчет выбросов вредных веществ котельной	ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-1.4
2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ	Умение		
2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ	Навык и (или) опыт деятельности/ действие		
2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ	Знание	Определение платежей за загрязнение атмосферы передвижными источниками	ПК-1.2 ПК-1.3 ПК-1.4
2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ	Умение		
2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ	Навык и (или) опыт деятельности/ действие		
2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ	Знание	Состав и характеристики атмосферы. Показатели количественной оценки загрязнения атмосферы. Рассеивание загрязняющих веществ в атмосфере, ПДВ. Санитарно-защитные зоны (СЗЗ). Основные направления атмосферноохранных мероприятий	ПК-1.1 ПК-1.3 ПК-1.4
2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ	Умение		
2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ	Навык и (или) опыт деятельности/ действие		
2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ	Знание	Технологические схемы очистки сточных вод	ОПК-1.1 ПК-1.1
2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ	Умение		
2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ	Навык и (или) опыт деятельности/ действие		
2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ	Знание	Механические методы очистки сточных вод и оборудование для них	ПК-1.2 ПК-1.3
2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ	Умение		
2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ	Навык и (или) опыт деятельности/ действие		
2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ	Знание	Физико-химические методы очистки сточных вод и оборудование для них	ПК-1.1 ПК-1.4
2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ	Умение		
2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ	Навык и (или) опыт деятельности/ действие		
2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ	Знание	Биологические методы очистки сточных вод и оборудование для них	ПК-1.1 ПК-1.3
2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ	Умение		
2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ	Навык и (или) опыт деятельности/ действие		
2 – ОТЗ	Знание	Сорбенты для доочистки сточных	ПК-1.1

2 – ЗТЗ		вод и аппаратурное оформление процесса	ПК-1.2
2 – ОТЗ	Умение		
2 – ЗТЗ	Навык и (или) опыт деятельности/ действие		
2 – ОТЗ	Знание	Обеззараживание сточных вод	ПК-1.3 ПК-1.4
2 – ЗТЗ	Умение		
2 – ОТЗ	Навык и (или) опыт деятельности/ действие		
2 – ОТЗ	Знание	Системы отведения сточных вод	ПК-1.1 ПК-1.2
2 – ЗТЗ	Умение		
2 – ОТЗ	Навык и (или) опыт деятельности/ действие		
2 – ОТЗ	Знание	Законодательная база по обеспечению экологической безопасности при обращении с отходами.	ОПК-1.1 ПК-1.1
2 – ЗТЗ	Умение		
2 – ОТЗ	Навык и (или) опыт деятельности/ действие		
2 – ОТЗ	Знание	Классы опасности отходов, виды отходов, Федеральный классификационный каталог отходов	ОПК-1.1 ПК-1.1
2 – ЗТЗ	Умение		
2 – ОТЗ	Навык и (или) опыт деятельности/ действие		
2 – ОТЗ	Знание	Процедуры обращения с отходами и способы	ПК-1.2 ПК-1.3
2 – ЗТЗ	Умение		
2 – ОТЗ	Навык и (или) опыт деятельности/ действие		
2 – ОТЗ	Знание	Способы утилизации отходов	ПК-1.2 ПК-1.3
2 – ЗТЗ	Умение		
2 – ОТЗ	Навык и (или) опыт деятельности/ действие		
2 – ОТЗ	Знание	Установки для утилизации, обезвреживанию, вторичной переработке отходов	ПК-1.2 ПК-1.4
2 – ЗТЗ	Умение		
2 – ОТЗ	Навык и (или) опыт деятельности/ действие		
2 – ОТЗ	Знание	Вторичные энергетические ресурсы и их дальнейшее использование	ОПК-1.1 ПК-1.1 ПК-1.3
2 – ЗТЗ	Умение		
2 – ОТЗ	Навык и (или) опыт деятельности/ действие		
2 – ОТЗ	Знание	Расчет полигона ТКО	ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-1.3 ПК-1.4
2 – ЗТЗ	Умение		
2 – ОТЗ	Навык и (или) опыт деятельности/ действие		
108 – ОТЗ 108 – ЗТЗ	Итого		

Полный комплект ФТЗ хранится в электронной информационно-образовательной среде ИрГУПС и обучающийся имеет возможность ознакомиться с демонстрационным вариантом ФТЗ.

Ниже приведен образец типового варианта итогового теста, предусмотренного рабочей программой дисциплины.

3.4 Перечень теоретических вопросов к экзамену (для оценки знаний)

Раздел 1. Инженерные методы и средства защиты атмосферы

1. Инженерные методы и средства защиты атмосферы
2. Укрупненная оценка ущербов от загрязнения атмосферы котельными предприятий железнодорожного транспорта. Расчет выбросов вредных веществ котельной
3. Определение платежей за загрязнение атмосферы передвижными источниками
4. Состав и характеристики атмосферы. Показатели количественной оценки загрязнения атмосферы. Рассеивание загрязняющих веществ в атмосфере, ПДВ. Санитарно-защитные зоны (СЗЗ). Основные направления атмосфероохранных мероприятий

Раздел 2. Современные требования к очистке, обеззараживанию и отведению сточных вод

5. Технологические схемы очистки сточных вод
6. Механические методы очистки сточных вод и оборудование для них
7. Физико-химические методы очистки сточных вод и оборудование для них
8. Биологические методы очистки сточных вод и оборудование для них
9. Сорбенты для доочистки сточных вод и аппаратурное оформление процесса
10. Обеззараживание сточных вод
11. Системы отведения сточных вод

Раздел 3. Обеспечение экологической безопасности при обращении с отходами

12. Законодательная база по обеспечению экологической безопасности при обращении с отходами.
13. Классы опасности отходов, виды отходов, Федеральный классификационный каталог отходов
14. Процедуры обращения с отходами и способы
15. Способы утилизации отходов
16. Установки для утилизации, обезвреживанию, вторичной переработке отходов
17. Вторичные энергетические ресурсы и их дальнейшее использование
18. Расчет полигона ТКО

3.5. Перечень типовых простых практических заданий к экзамену (для оценки умений)

Задача 1. В деревоотделочном цехе № 17 АО «Янтарь» фактическая общая заболеваемость на одного работника за год составила 12,89 дней при отраслевой норме 9,76. В цехе - 205 рабочих. Действительный годовой фонд времени $P = 1780$ час, длительность смены $H = 8,2$ час, среднемесячная зарплата рабочего $Z_{ср} = 20$ тыс. руб. Затраты (ЗТ) составили 40 тыс. руб. Рассчитать:

- Коэффициент уплотнения рабочего дня,
- Рост производительности труда,
- Годовой экономический эффект.

Задача 2. Установка звукопоглощающей облицовки в компрессорном цехе позволила улучшить следующие гигиенические параметры - уровень шума снизился со 100 дБА до 75дБА. До внедрения рекомендаций оператору при повышенном уровне шума, согласно нормам требуется компенсирующий отдых - в рабочем режиме 4 % отработанного времени. После внедрения рекомендаций повышенные значения уровня шума снизились до допустимых значений, и оператору на компенсирующий отдых выделяется - в рабочем режиме 1 % отработанного времени. Действительный месячный фонд рабочего

времени $F_d = 177$ час, длительность смены $H = 12$ час, среднемесячная зарплата рабочего $Z_{cp} = 20$ тыс. руб., оптовая цена звукопоглощающей облицовки составила $C_o = 16$ тыс. руб., в компрессорном цехе работает 4 оператора ($R=4$). Компенсирующий отдых по базе составит 4 %. Компенсирующий отдых по проекту составит 1 %. Рассчитать:

- Время на компенсирующий отдых по базе (за месяц),
- Время на компенсирующий отдых по проекту,
- Экономия рабочего времени за месяц,
- Коэффициент уплотнения рабочего дня оператора,
- Рост производительности труда оператора,
- Годовой экономический результат, тыс. руб.

3.6. Перечень типовых комплексных практических заданий к экзамену (для оценки навыков и (или) опыта деятельности)

Задача 1.

Необходимо сравнить 2 варианта системы электрофильтров на ТЭС, рассчитав показатели общей экономической эффективности и чистого экономического эффекта. ТЭС работает на донецком угле, расположена в населенном пункте, принадлежащем Центральному экономическому району. В настоящее время ТЭС выбрасывает 4,4 тыс.т пыли/год. Значение коэффициента, учитывающего характер рассеивания пыли в атмосфере для пыли (f) 2,4, коэффициент относительной эколого-экономической опасности пыли $A=2.7$ (справочные данные).

По варианту 1. на ТЭС будут установлены трехпольные ЭФ (электрофильтры) и выброс пыли сократится до 0.55 тыс. т/год, по варианту 2. – четырехпольные, сокращение до 0.06 тыс.т/год.

Кап. вложения 1. – 2.5 млн. руб., годовые текущие затраты – 300 тыс.руб./год. Кап. вложения 2. – 3.0 млн. руб., годовые текущие затраты – 180 тыс.руб./год.

Вся уловленная пыль будет реализовываться и использоваться для производства строительных конструкций, причем чистый доход от её реализации составит 200 руб./тонну, т.е. будет дополнительный доход в результате установки ЭФ.

Задача 2 .

Определить уровень природоёмкости продукции 2-х предлагаемых вариантов предприятий (завод Б и завод В), выбрать наиболее эффективный вариант по сравнению с базовым (завод А).

Таблица 1 - Исходные данные к задаче 2

Показатели	Завод А	Завод Б	Завод В
Объем производимой продукции (Q_i), тыс. т.	140	150	100
Себестоимость продукции, млн. руб. (С)	108	114	120
Капитальные вложения (К) в производственные фонды, млн. руб.	1080	1285	1490
Экологически опасные отходы (Q_o), тыс. т.	5,3	4,2	3,2
Стоимость экологически безопасных отходов (C_o), руб./т	180		
Экологически безопасные отходы (Q_b),тыс.т	53,0	42,0	32,0
Водопотребление:			
-оборотная вода, тыс. м ³ (Q_{vo})	420	400	380
-свежая вода, тыс. м ³ (Q_{tv})	20	15	5
Отвод сельскохозяйственных земель (V_z), га	1250	1001	900
Стоимость сырья (C_c), руб./т	1560		
Цена потребляемой воды:			
-свежая, тыс.руб/м ³ (C_{tv})	55		

-оборотная, тыс.руб/м ³ (Цво)	12,5
Плата за землю (Цз), тыс.руб./га	107

Задача 3. Определить эффективность инвестиций на рекультивацию земель в хозяйстве. Рекультивируемые земли использовались для выращивания сельскохозяйственных культур: А, Б, В.

Таблица 2 - Исходные данные к задаче 3

Показатели	Выращиваемые с/х культуры		
	А	Б	В
Занимаемая площадь (S), га	14	7	5
Урожайность (У), ц/га	21	23	77
Инвестиции на рекультивацию (Iр), млн.руб./га	2,37	3,01	1,75
Затраты на производство продукции (Зед), тыс.руб./ц	7,5	7,8	9,6
Цена продукции (Цед), тыс.руб./ц	24	13	12,6

Задача 4. По данным таблицы дать экономическую оценку природных ресурсов затратным методом и на основе дифференциальной ренты. Исходя из полученных результатов обосновать целесообразность отвода земель для нужд промышленного, гражданского строительства и других несельскохозяйственных целей. Общие исходные данные:

- замыкающие затраты на производство картофеля на 1 га угодий составляют $Z = 1420$ усл. ед.;
- средняя стоимость освоения 1 га земли по стране $K = 177$ усл. ед.
- ставка банковского процента $r = 0,08$

Регион	Урожайность (у), ц/га	Затраты (m) на 1га посева (т), усл. ед.
1 область	220	306
2 область	126	452
3 область	194	204
4 область	191	383
5 область	188	254
6 область	179	356
РФ	186	318

4. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

В таблице приведены описания процедур проведения контрольно-оценочных мероприятий и процедур оценивания результатов обучения с помощью оценочных средств в соответствии с рабочей программой дисциплины.

Описания процедуры проведения контрольно-оценочного мероприятия и процедуры оценивания результатов обучения	Наименование оценочного средства
Собеседование, предусмотренное рабочей программой дисциплины, проводится на практическом занятии. Преподаватель на практическом занятии, предшествующем занятию проведения контроля, доводит до обучающихся тему, вопросы для подготовки к собеседованию. Результаты собеседования преподаватель доводит до обучающихся сразу после завершения собеседования	Собеседование
Выполнение заданий репродуктивного уровня к текстам, предусмотренных рабочей программой дисциплины, осуществляется на практических занятиях или в часы, выделенные на самостоятельную работу. Во время выполнения заданий допускается использование словарей, справочных материалов, записей в рабочих тетрадях. Виды заданий и время их выполнения сообщаются преподавателем во время занятия,	Задания репродуктивного уровня к текстам

Для организации и проведения промежуточной аттестации составляются типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы.

Перечень теоретических вопросов и типовые практические задания разного уровня сложности для проведения промежуточной аттестации обучающиеся получают в начале семестра через электронную информационно-образовательную среду ИрГУПС (личный кабинет обучающегося).

Описание процедур проведения промежуточной аттестации в форме экзамена и оценивания результатов обучения

Промежуточная аттестация в форме экзамена проводится путем устного собеседования по билетам или в форме компьютерного тестирования.

При проведении промежуточной аттестации в форме собеседования билеты составляются таким образом, чтобы каждый из них включал в себя теоретические вопросы и практические задания.

Билет содержит: два теоретических вопроса для оценки знаний. Теоретические вопросы выбираются из перечня вопросов к экзамену; два практических задания: одно из них для оценки умений (выбирается из перечня типовых простых практических заданий к экзамену); другое практическое задание для оценки навыков и (или) опыта деятельности (выбираются из перечня типовых практических заданий к экзамену).


Распределение теоретических вопросов и практических заданий по экзаменационным билетам находится в закрытом для обучающихся доступе. Разработанный комплект билетов (25-30 билетов) не выставляется в электронную информационно-образовательную среду ИрГУПС, а хранится на кафедре-разработчике фондов оценочных средств.

На экзамене обучающийся берет билет, для подготовки ответа на экзаменационный билет обучающемуся отводится время в пределах 45 минут. В процессе ответа обучающегося на вопросы и задания билета, преподаватель может задавать дополнительные вопросы.

Каждый вопрос/задание билета оценивается по четырехбалльной системе, а далее вычисляется среднее арифметическое оценок, полученных за каждый вопрос/задание. Среднее арифметическое оценок округляется до целого по правилам округления

При проведении промежуточной аттестации в форме компьютерного тестирования вариант тестового задания формируется из фонда тестовых заданий по дисциплине случайным образом, но с условием: 50 % заданий должны быть заданиями открытого типа и 50 % заданий – закрытого типа.

Образец экзаменационного билета

	<p align="center">Экзаменационный билет № 1 по дисциплине «Инженерные методы защиты окружающей среды»</p>	<p align="center">Утверждаю: Заведующий кафедрой «_____» ИрГУПС _____</p>
<ol style="list-style-type: none"> 1. Технологические схемы очистки сточных вод 2. . Способы утилизации отходов 3. В деревоотделочном цехе № 17 АО «Янтарь» фактическая общая заболеваемость на одного работника за год составила 12,89 дней при отраслевой норме 9,76. В цехе - 205 рабочих. Действительный годовой фонд времени $P = 1780$ час, длительность смены $H = 8,2$ час, среднемесячная зарплата рабочего $Z_{ср} = 20$ тыс. руб. Затраты (ЗТ) составили 40 		

тыс. руб. Рассчитать:

- Коэффициент уплотнения рабочего дня,
- Рост производительности труда,
- Годовой экономический эффект.

4. Необходимо сравнить 2 варианта системы электрофильтров на ТЭС, рассчитав показатели общей экономической эффективности и чистого экономического эффекта. ТЭС работает на донецком угле, расположена в населенном пункте, принадлежащем Центральному экономическому району. В настоящее время ТЭС выбрасывает 4,4 тыс.т пыли/год. Значение коэффициента, учитывающего характер рассеивания пыли в атмосфере для пыли (f) 2,4, коэффициент относительной эколого-экономической опасности пыли $A=2.7$ (справочные данные).

По варианту 1. на ТЭС будут установлены трехпольные ЭФ (электрофильтры) и выброс пыли сократится до 0.55 тыс. т/год, по варианту 2. – четырехпольные, сокращение до 0.06 тыс.т/год.

Кап. вложения 1. – 2.5 млн. руб., годовые текущие затраты – 300 тыс.руб./год. Кап. вложения 2. – 3.0 млн. руб., годовые текущие затраты – 180 тыс.руб./год.

Вся уловленная пыль будет реализовываться и использоваться для производства строительных конструкций, причем чистый доход от её реализации составит 200 руб./тонну, т.е. будет дополнительный доход в результате установки ЭФ.