МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

УТВЕРЖДАЮ
Декан Факультета урбанистики и
городского хозяйства
_____ / Л.А. Марюшин/

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Технологическая безопасность энергетических установок»

Направление подготовки
13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

Квалификация (степень) выпускника
Бакалавр

Форма обучения
Заочная

Москва
2022

1. Цели освоения дисциплины.

К **основным целям** освоения дисциплины «Технологическая безопасность энергетических установок» следует отнести формирование знаний о современных методах:

- предотвращения загрязнения окружающей среды;
- очистки газовых выбросов и сточных вод на предприятиях энергетической отрасли;
- обезвреживания и переработки отходов энергопредприятий.

К **основным задачам** освоения дисциплины «Технологическая безопасность энергетических установок» следует отнести:

- знакомство с основными выбросами и сбросами в окружающую среду на ТЭС, ГЭС и АЭС;
- знакомство с основными твердыми и радиоактивными отходами в окружающую среду на ТЭС, ГЭС и АЭС;
- получение навыков расчета аппаратов, применяемых для защиты окружающей среды;
- научить принимать и обосновывать конкретные технические решения при проектировании аппаратов, применяемых для защиты окружающей среды.

2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата.

Дисциплина «Технологическая безопасность энергетических установок» относится к числу профессиональных учебных дисциплин вариативной части базового цикла образовательной программы бакалавриата.

«Технологическая безопасность энергетических установок» взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами и практиками ООП:

- Математика
- Химия
- Безопасность жизнедеятельности
- Общие вопросы энергетики
- Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнике

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

В результате освоения дисциплины (модуля) у обучающихся формируются следующие компетенции и должны быть достигнуты следующие результаты обучения как этап формирования соответствующих компетенций:

Код компетенции	В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
УК-8	способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций	**знать:** • Основные нормативные и правовые документы, используемые при защите окружающей среды **уметь:** • Использовать нормативные и правовые документы при подборе методов очистки **владеть:** • Методами подбора необходимого оборудования для очистки выбросов в атмосферу, сбросов в гидросферу и для переработки твердых и радиоактивных отходов

4. Структура и содержание дисциплины.

Общая трудоемкость дисциплины составляет **2** зачетных единицы, т.е. **72** академических часов (из них 56 часов – самостоятельная работа студентов).

Разделы дисциплины «Технологическая безопасность энергетических установок» изучаются на третьем курсе.

Шестой семестр: лекции – 8 часов, практические и семинарские работы – 8 часов, форма контроля – зачет.

Структура и содержание дисциплины «Технологическая безопасность энергетических установок» по срокам и видам работы отражены в Приложении 1.

Содержание разделов дисциплины.

1. Основные загрязнители и нормирования содержание вредных веществ в окружающей среды

Экологическая безопасность. Пределы экологической безопасности. Расчет ущерба окружающей среде. Основные показатели нормирования качества окружающей среды и вредных веществ в выбросах предприятий энергетической отрасли. Характеристики основных источников выбросов загрязняющих веществ.

2. Методы очистка газовых выбросов от взвешенных частиц

Основные характеристики взвешенных частиц и механизмы их осаждения. Конструкции аппаратов-пылеуловителей, области их применения и эффективность улавливания (пылеосадительные камеры, циклоны, электрофильтры и тканевые фильтры, аппараты мокрой очистки газовых выбросов).

3. Методы термической и термокаталитической очистки газовых

выбросов

Физико-химическая сущность процессов термической и термокаталитической очистки (обезвреживания) газовых выбросов, содержащих вредные органические вещества. Основные режимные параметры процессов, обеспечивающие высокую эффективность очистки (обезвреживания). Основные требования к газовым выбросам. Области применения методов.

4. Методы подавления образования оксидов азота. Очистка отходящих газов от оксидов

Основные методы подавления образования термических и топливных оксидов азота. Оптимальные режимные параметры и факторы, влияющие на эффективность методов подавления образовании оксидов азота. Методы очистки отходящих газов от: оксидов азота, оксидов серы, оксидов углерода, сероводорода (термические и термокаталитические). Оптимальные режимные параметры и эффективность методов очистки.

5. Оборотные системы водоснабжения

Водное хозяйство, оборотные системы водоснабжения. Баланс водопотребления и водоотведения промпредприятий. Основные качественные показатели воды оборотных систем водоснабжения.

6. Очистка сточных вод от взвешенных частиц

Механизмы очистки сточных вод методами отстаивания, фильтрования и флотации. Конструктивные особенности аппаратов и их эффективность.

7. Физико-химические методы очистки сточных вод

Физико-химическая сущность процессов коагуляции, экстракции и ионообменного метода очистки. Область применения и эффективность методов. Способы регенерации экстрагентов и ионообменных смол.

8. Мембранные и адсорбционные метода очистки сточных вод

Принципы работы мембранных и адсорбционных установок. Область применения и эффективность данных методов. Типы мембранных процессов и установок. Типы адсорбентов и установок их эффективность и способы регенерации адсорбентов.

9. Химические и биологические методы очистки сточных вод

Сущность химических методов очистки сточных вод. Реагенты, используемые для окислительных и восстановительных методов очистки. Преимущества и недостатки химических методов очистки, область применения. Механизмы биологического окисления вредных веществ в сточных водах. Область применения, эффективность и преимущество биологических методов очистки вод. Факторы влияющие на эффективность работы биологических очистных сооружений.

10. Методы переработки осадков сточных вод

Методы предварительной обработки осадков сточных вод, их физическая сущность и назначение: стабилизация, кондиционирование, обезвоживание. Основные направления переработки нефтешламов.

11. Огневое обезвреживание промышленных отходов

Сущность метода огневого обезвреживания отходов. Особенности обезвреживания органических веществ различных классов. Факторы, оказывающие влияние на эффективность метода. Область применения. Тепловые и технологические схемы установок (с регенеративного и внешнего теплоиспользования). Материальные балансы процессов огневого обезвреживания. Основные типы аппаратов их преимущества, недостатки и области применения.

12. Методы защиты от шума

Шумовое воздействие ТЭС на окружающую среду. Основные характеристики шума. Основные методы защиты от шума. Глушители шума.

5. Образовательные технологии.

Методика преподавания дисциплины «Технологическая безопасность энергетических установок» и реализация компетентностного подхода в изложении и восприятии материала предусматривает использование следующих активных и интерактивных форм проведения групповых, индивидуальных, аудиторных занятий в очетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся:

- проведение мультимедийных лекций;
- выполнение расчетно-графических работ;
- обсуждение и защита рефератов по дисциплине;
- подготовка, представление и обсуждение презентаций на семинарских занятиях;
- проведение мастер-классов экспертов и специалистов по методам и средствам измерений и контроля на территории ТЭЦ.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, определен главной целью образовательной программы, особенностью контингента обучающихся и содержанием дисциплины «Технологическая безопасность энергетических установок» и в целом по дисциплине составляет 50% аудиторных занятий. Занятия лекционного типа составляют 66,7% от объема аудиторных занятий.

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

В процессе обучения используются следующие оценочные формы самостоятельной работы студентов, оценочные средства текущего контроля успеваемости и промежуточных аттестаций:

- дискуссия в конце лекции;
- выполнение РГР;
- круглый стол;
- реферат по теме: «Технологическая безопасность энергетических установок» (индивидуально для каждого обучающегося);
- подготовка и выступление на семинарском занятии с презентацией и обсуждением на тему «Технологическая безопасность энергетических установок» (индивидуально для каждого обучающегося);

Оценочные средства текущего контроля успеваемости включают контрольные вопросы и задания, для контроля освоения обучающимися разделов дисциплины, защита рефератов, доклады с презентациями, сдача РГР, круглый стол и дискуссия на лекции.

Образцы тестовых заданий, контрольных вопросов и заданий для проведения текущего контроля, экзаменационных билетов, приведены в приложении 2.

6.1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю).

6.1.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

В результате освоения дисциплины (модуля) формируются следующие компетенции:

Код компетенции	В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать
УК-8	способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций

В процессе освоения образовательной программы данные компетенции, в том числе их отдельные компоненты, формируются поэтапно в ходе освоения обучающимися дисциплин (модулей), практик в соответствии с учебным планом и календарным графиком учебного процесса.

6.1.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, формируемых по итогам освоения дисциплины (модуля), описание шкал оценивания.

Показателем оценивания компетенций на различных этапах их формирования является достижение обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю).

УК-8 – способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций				
Показатель	**Критерии оценивания**			
	2	**3**	**4**	**5**
знать: основные нормативные и правовые документы используемые при защите окружающей среды	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: Основных нормативных и правовых документов используемых при защите окружающей среды.	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: Основных нормативных и правовых документов используемых при защите окружающей среды. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих знаний: Основных нормативных и правовых документов используемых при защите окружающей среды, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний: Основных нормативных и правовых документов используемых при защите окружающей среды, свободно оперирует приобре-тенными знаниями.
уметь: использовать нормативные и правовые документы при подборе методов очистки	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет подбирать методы очистки	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: подбирать методы очистки. Допускаются	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений: подбирать методы очистки. Умения	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: подбирать методы очистки. Свободно

		значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании умениями при их переносе на новые ситуации.	освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
владеть: методами подбора необходимого оборудования для очистки выбросов в атмосферу, сбросов в гидросферу и для переработки твердых и радиоактивных отходов	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет методами подбора необходимого оборудования для очистки выбросов в атмосферу, сбросов в гидросферу и для переработки твердых и радиоактивных отходов	Обучающийся владеет методами подбора необходимого оборудования для очистки выбросов в атмосферу, сбросов в гидросферу и для переработки твердых и радиоактивных отходов в неполном объеме, допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность владения навыками по ряду показателей, Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях.	Обучающийся частично владеет методами подбора необходимого оборудования для очистки выбросов в атмосферу, сбросов в гидросферу и для переработки твердых и радиоактивных отходов, навыки освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Обучающийся в полном объеме владеет методами подбора необходимого оборудования для очистки выбросов в атмосферу, сбросов в гидросферу и для переработки твердых и радиоактивных отходов, свободно применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности.

Шкалы оценивания результатов промежуточной аттестации и их описание:

Форма промежуточной аттестации: зачет

Шкала оценивания	Описание
Зачтено	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Не зачтено	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

Промежуточная аттестация обучающихся в форме зачёта проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине (модулю) методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) выставляется оценка «зачтено» или «не зачтено».

К промежуточной аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине «Организация мероприятий по экологической безопасности» (промежуточный контроль, выполнили расчетно-графисеские работы, выступили с докладом и на круглом столе, защитили реферат и т.д.)

Фонды оценочных средств представлены в приложении 2 к рабочей программе.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.

а) основная литература:

1. Кудинов А.А., Зиганшина С.К. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях. – М.: Машиностроение, 2011. – 374 с.
2. Дубровская О.Г., Приймак Л.В., Андруняк И.В. Ресурсосберегающие технологии обезвреживания и утилизации отходов предприятий

теплоэнергетического комплекса Красноярского края: монография. Сибирский федеральный университет 2014 г. – 164 с.
3. Котельные установки. Т. IV-18 / Ю.А. Рундыгин, Е.Э. Гильде, А.В. Судаков и др.; под ред. Ю.С. Васильева, Г.П. Поршнева. – М.: Машиностроение, 2009. – 400 с.
4. Острейковский В.А., Швыряев Ю.В.Безопасность атомных станций. М.: ФИЗМАЛЛИТ, 2008. – 352 с.
5. Щинников П.А., Ноздренко Г.В. Комплексный эксергетический анализ энергоблоков ТЭС с новыми технологиями: монография НГТУ 2009 г. – 190 с.

б) дополнительная литература:

1. Технологические системы производства деталей наукоемкой техники: Учебное пособие для вузов М.: Машиностроение, 2006. – 559 с.
2. Ларичкин В.В., Немущенко Д. А. Экология энергетических объектов. Практикум: учебное пособие. НГТУ 2011 г. – 136 с.
3. Пучков Л.А., Воробьев Б.М., Васючков Ю.Ф. Углеэнергетические комплексы будущего Московский государственный горный университет 2007 г. – 245 с.
4. Адамов Е.О., Драгунов Ю.Г., Орлов В.В., Абагян Л.П. Машиностроение ядерной техники. Том IV-25. В двух книгах. Книга 1. М.: Машиностроение, 2005. – 960 с.
5. Депп Г.Ф. Сжигание угольной пыли в топках паровых котлов: доклад в заседании II (механического) отдела Императорского русского технического общества 21 февраля 1896 г. Тип. Императ. акад. Наук 1896 г. – 54 с.
6. Морозова О.Г., Пен Р.З., Фоменко Ю.П. Принципы оптимизации качества воды водоема-охладителя Березовской ГРЭС-1 для технологических целей и аквакультуры. Сибирский федеральный университет 2011 г. – 185 с.
7. Мархоцкий Я.Л. Основы радиационной безопасности населения: учебное пособие Вышэйшая школа 2011 г. – 224 с.

в) программное обеспечение и интернет-ресурсы:

Программное обеспечение Windows.

1. Библиотека теплоэнергетика (http://teplolib.ucoz.ru/load/vodopodgotovka/15)
2. Газета «Энергетика и промышленность России» (http://www.eprussia.ru/epr/)

3. https://m.cyberleninka.ru
4. Международный научный журнал “Альтернативная энергетика и экология.” (http://www.isjaee.com/jour/issue/archive)
5. Журнал “Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение.” (vvv.id-orion.ru)
6. Журнал “Энергосбережение и водоподготовка.” (https://enivpress.jimdo.com)
7. Журнал “Теплоэнергетика.” (http://www.tepen.ru)
8. Журнал “Водоочистка.” (panor.ru/maqazines/vodoochistka.html)

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины.

– Мультимедийные аудитории АВ 2415, оснащенная оргтехникой и мультимедиа средствами (проектор, ПК и др.)
– Раздаточный материал для проведения расчетов по заданной методике на практических занятиях

9. Методические рекомендации для самостоятельной работы студентов

Раздел дисциплины (тема)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля
Семестр 6		
Темы 2-12	Реферат	Представление и защита реферата
Тема 1	*Самостоятельное изучение.* Характеристики основных источников выбросов загрязняющих веществ.	Дискуссия на лекции, проверка уровня готовности студента
Тема 2	*Самостоятельное изучение.* Основные характеристики взвешенных частиц и механизмы их осаждения.	Дискуссия на лекции, проверка уровня готовности студента
Тема 3	*Самостоятельное изучение.* Основные требования к газовым выбросам.	Дискуссия на лекции, проверка уровня готовности студента
Тема 4	*Самостоятельное изучение.* Методы очистки отходящих газов от: оксидов азота, оксидов серы, оксидов углерода, сероводорода (термические и термокаталитические).	Дискуссия на лекции, проверка уровня готовности студента
Тема 5	*Самостоятельное изучение.* Основные качественные показатели воды оборотных систем водоснабжения.	Дискуссия на лекции, проверка уровня готовности студента
Тема 6	*Самостоятельное изучение.* Конструктивные особенности аппаратов и их	Дискуссия на лекции, проверка

	эффективность.	уровня готовности студента
Тема 7	*Самостоятельное изучение.* Способы регенерации экстрагентов и ионообменных смол.	Дискуссия на лекции, проверка уровня готовности студента
Тема 8	*Самостоятельное изучение.* Типы мембранных процессов и установок.	Дискуссия на лекции, проверка уровня готовности студента
Тема 9	*Самостоятельное изучение.* Преимущества и недостатки химических методов очистки, область применения.	Дискуссия на лекции, проверка уровня готовности студента
Тема 10	*Самостоятельное изучение.* Основные направления переработки нефтешламов.	Дискуссия на лекции, проверка уровня готовности студента
Тема 11	*Самостоятельное изучение.* Особенности обезвреживания органических веществ различных классов.	Дискуссия на лекции, проверка уровня готовности студента
Тема 12	*Самостоятельное изучение.* Шумовое воздействие ТЭС на окружающую среду. Основные характеристики шума.	Дискуссия на лекции, проверка уровня готовности студента
Тема 1-12	Круглый стол	Оценка умений аргументировать собственную точку зрения
Тема 1-12	Докладов с презентацией	Оценка умений аргументировать собственную точку зрения

10. Методические рекомендации для преподавателя

Тема занятий	Виды учебных занятий	Средства обучения	Методы обучения	Формы текущего контроля
Тема 1	Лекции	Чтение лекции с использованием демонстрационных материалов и презентациии.	Информационная лекция. Содержание непосредственно передается преподавателем в готовом виде через монолог.	Устный опрос
		Проведение дискуссии.	Свободный обмен мнениями	Оценка умений аргументировать собственную точку зрения
Тема 1	Практическое занятие	Педагогический рассказ, показ, предъявление алгоритма решения задач, выполнения методик и др.	Разделение студенческой группы на подгруппы по вариантам. Межгрупповой диалог.	Выполнение РГР, устный опрос
Тема 2	Лекции	Чтение лекции с использованием демонстрационных материалов и презентациии.	Информационная лекция. Содержание непосредственно передается преподавателем в готовом виде через монолог.	Устный опрос
		Проведение дискуссии.	Свободный обмен мнениями	Оценка умений аргументировать собственную точку зрения
Тема 2	Практическое занятие	Педагогический рассказ, показ, предъявление алгоритма решения задач, выполнения методик и др.	Разделение студенческой группы на подгруппы по вариантам. Межгрупповой диалог.	Выполнение РГР, устный опрос
Тема 3	Лекции	Чтение лекции с использованием демонстрационных материалов и презентациии.	Информационная лекция. Содержание непосредственно передается преподавателем в готовом виде через монолог.	Устный опрос
		Проведение дискуссии.	Свободный обмен мнениями	Оценка умений аргументировать собственную точку зрения

Тема 4	Лекции	Чтение лекции с использованием демонстрационных материалов и презентациии.	Информационная лекция. Содержание непосредственно передается преподавателем в готовом виде через монолог.	Устный опрос
		Проведение дискуссии.	Свободный обмен мнениями	Оценка умений аргументировать собственную точку зрения
Тема 4	Практическое занятие	Педагогический рассказ, показ, предъявление алгоритма решения задач, выполнения методик и др.	Разделение студенческой группы на подгруппы по вариантам. Межгрупповой диалог.	Устный опрос
Тема 5	Лекции	Чтение лекции с использованием демонстрационных материалов и презентациии.	Информационная лекция. Содержание непосредственно передается преподавателем в готовом виде через монолог.	Устный опрос
		Проведение дискуссии.	Свободный обмен мнениями	Оценка умений аргументировать собственную точку зрения
Тема 6	Лекции	Чтение лекции с использованием демонстрационных материалов и презентациии.	Информационная лекция. Содержание непосредственно передается преподавателем в готовом виде через монолог.	Устный опрос
		Проведение дискуссии.	Свободный обмен мнениями	Оценка умений аргументировать собственную точку зрения
Тема 6	Практическое занятие	Педагогический рассказ, показ, предъявление алгоритма решения задач, выполнения методик и др.	Разделение студенческой группы на подгруппы по вариантам. Межгрупповой диалог.	Устный опрос.
Тема 7	Лекции	Чтение лекции с использованием демонстрационных материалов и презентациии.	Информационная лекция. Содержание непосредственно передается преподавателем в готовом виде через монолог.	Устный опрос

		Проведение дискуссии.	Свободный обмен мнениями	Оценка умений аргументировать собственную точку зрения
Тема 7	Практическое занятие	Педагогический рассказ, показ, предъявление алгоритма решения задач, выполнения методик и др.	Разделение студенческой группы на подгруппы по вариантам. Межгрупповой диалог.	Выполнение РГР, устный опрос
Тема 8	Лекции	Чтение лекции с использованием демонстрационных материалов и презентациии.	Информационная лекция. Содержание непосредственно передается преподавателем в готовом виде через монолог.	Устный опрос
		Проведение дискуссии.	Свободный обмен мнениями	Оценка умений аргументировать собственную точку зрения
Тема 8	Практическое занятие	Педагогический рассказ, показ, предъявление алгоритма решения задач, выполнения методик и др.	Разделение студенческой группы на подгруппы по вариантам. Межгрупповой диалог.	Выполнение РГР, устный опрос
Тема 9	Лекции	Чтение лекции с использованием демонстрационных материалов и презентациии.	Информационная лекция. Содержание непосредственно передается преподавателем в готовом виде через монолог.	Устный опрос
		Проведение дискуссии.	Свободный обмен мнениями	Оценка умений аргументировать собственную точку зрения
Тема 9	Практическое занятие	Педагогический рассказ, показ, предъявление алгоритма решения задач, выполнения методик и др.	Разделение студенческой группы на подгруппы по вариантам. Межгрупповой диалог.	Выполнение РГР, устный опрос
Тема 10	Лекции	Чтение лекции с использованием демонстрационных материалов и презентациии.	Информационная лекция. Содержание непосредственно передается преподавателем в готовом виде через монолог.	Устный опрос
		Проведение	Свободный обмен	Оценка умений

		дискуссии.	мнениями	аргументировать собственную точку зрения
Тема 11	Лекции	Чтение лекции с использованием демонстрационных материалов и презентациии.	Информационная лекция. Содержание непосредственно передается преподавателем в готовом виде через монолог.	Устный опрос
		Проведение дискуссии.	Свободный обмен мнениями	Оценка умений аргументировать собственную точку зрения
Тема 12	Лекции	Чтение лекции с использованием демонстрационных материалов и презентациии.	Информационная лекция. Содержание непосредственно передается преподавателем в готовом виде через монолог.	Устный опрос
		Проведение дискуссии.	Свободный обмен мнениями	Оценка умений аргументировать собственную точку зрения
Тема 12	Практическое занятие	Педагогический рассказ, показ, предъявление алгоритма решения задач, выполнения методик и др.	Разделение студенческой группы на подгруппы по вариантам. Межгрупповой диалог.	Выполнение РГР, устный опрос
Тема 1-12	Семенарское занятие	Круглый стол	Свободный обмен мнениями, позволяющий находить точки соприкосновения для поиска общих выводов.	Оценка умений аргументировать собственную точку зрения
Тема 1-12	Семенарское занятие	Докладов с презентацией	Общедоступный доклад с участием слушателей в обмене мнениями. Проводится для включения обучающихся в процесс обсуждения и организации интенсивной обратной связи (Студент-Аудитория).	Оценка умений аргументировать собственную точку зрения

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО с учетом рекомендаций ПрООП ВО по направлению подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» и профилю «Энергообеспечение предприятий

Программу составил:

Доцент кафедры «Промышленная теплоэнергетика»
к.т.н., доцент А.В. Рязанцева

Программа обсуждена на заседании кафедры «Промышленная теплоэнергетика». Протокол от 326 мая 2022 г. № 11.

Согласовано:

Заведующий кафедрой «Промышленная теплоэнергетика»
к.т.н., доцент Л.А. Марюшин

Руководитель ООП Е.А. Чугаев

Приложение 1

Структура и содержание дисциплины «Технологическая безопасность энергетических установок» по направлению подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» (бакалавр)

n/n	Раздел	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов, и трудоемкость в часах					Виды самостоятельной работы студентов				Формы аттестации	
			Л	П/С	Лаб	СРС	КСР	К.П.	РГР	Реферат	През. с докл.	Э	З
1.1	**Экологическая безопасность. Пределы экологической безопасности. Расчет ущерба окружающей среде.**						+			+			
1.2	**Основные показатели нормирования качества окружающей среды и вредных веществ в выбросах предприятий энергетической отрасли.** Характеристики основных источников выбросов загрязняющих веществ.						+			+			
1.3	Семинарское занятие – круглый стол						+						
1.4	**Основные характеристики взвешенных частиц и механизмы их осаждения.**						+			+			
1.5	**Конструкции аппаратов-пылеуловителей, области их применения и эффективность улавливания (пылеосадительные камеры, циклоны, электрофильтры и тканевые фильтры, аппараты мокрой очистки газовых выбросов).**						+			+	+		
1.6	Расчет ущерба окружающей среде.						+		+		+		
1.7	**Физико-химическая сущность процессов термической и термокаталитической**						+			+	+		

	очистки (обезвреживания) газовых выбросов, содержащих вредные органические вещества.												
1.8	**Основные режимные параметры процессов, обеспечивающие высокую эффективность очистки (обезвреживания).** Основные требования к газовым выбросам. **Области применения методов.**						+			+			
1.9	Расчет пылеосадительных камер и ячейковых фильтров						+		+		+		
1.10	**Основные методы подавления образования термических и топливных оксидов азота. Оптимальные режимные параметры и факторы влияющие на эффективность методов подавления образовании оксидов азота.**						+			+	+		
1.11	**Методы очистки отходящих газов от: оксидов азота, оксидов серы, оксидов углерода, сероводорода (термические и термокаталитические). Оптимальные режимные параметры и эффективность методов очистки.**						+			+	+		
1.12	Расчет циклонов						+		+		+		
1.13	**Водное хозяйство, оборотные системы водоснабжения. Баланс водопотребления и водоотведения промпредприятий.** Основные качественные показатели воды оборотных систем водоснабжения.						+			+	+		
1.14	**Механизмы очистки сточных вод методами отстаивания, фильтрования и флотации.** Конструктивные особенности аппаратов и их эффективность.						+			+	+		
1.15	Расчет скуббера Вентури						+		+		+		

1.16	**Физико-химическая сущность процессов коагуляции, экстракции и ионообменного метода очистки. Область применения и эффективность методов.** Способы регенерации экстрагентов и ионообменных смол.						+			+	+		
1.17	**Принципы работы мембранных и адсорбционных установок. Область применения и эффективность данных методов.** Типы мембранных процессов и установок. **Типы адсорбентов и установок их эффективность и способы регенерации адсорбентов.**						+			+	+		
1.18	Расчет флотационной установки						+		+		+		
1.19	**Сущность химических методов очистки сточных вод. Реагенты, используемые для окислительных и восстановительных методов очистки.** Преимущества и недостатки химических методов очистки, область применения.						+			+	+		
1.20	**Механизмы биологического окисления вредных веществ в сточных водах. Область применения, эффективность и преимущество биологических методов очистки вод. Факторы влияющие на эффективность работы биологических очистных сооружений.**						+			+	+		
1.21	Расчет аэротенков						+		+		+		
1.22	**Методы предварительной обработки осадков сточных вод, их физическая сущность и назначение: стабилизация, кондиционирование, обезвоживание.** Основные направления переработки нефтешламов.						+			+	+		

1.23	**Сущность метода огневого обезвреживания отходов.** Особенности обезвреживания органических веществ различных классов. **Факторы, оказывающие влияние на эффективность метода. Область применения.**						+			+			
1.24	Оценка опасности жидких радиоактивных отходов						+		+		+		
1.25	**Тепловые и технологические схемы установок (с регенеративным и внешнем теплоиспользовании). Материальные балансы процессов огневого обезвреживания. Основные типы аппаратов их преимущества, недостатки и области применения.**						+			+			
1.26	Шумовое воздействие ТЭС на окружающую среду. Основные характеристики шума. **Основные методы защиты от шума. Глушители шума.**						+			+	+		
1.27	Обзорное семинарское занятие						+						
	Форма аттестации												**З**
	Всего часов по дисциплине в шестом семестре	72	8	8		56	+		+	Один реферат			

Приложение 2

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Направление подготовки: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника
ОП (профиль): «Энергообеспечение предприятий»
Форма обучения: заочная

Кафедра: «Промышленная теплоэнергетика»

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

«**Технологическая безопасность энергетических установок**»

1. Паспорт фонда оценочных средств
2. Перечень расчетно-графических работ
3. Перечень тем для дискуссии на лекции
4. Темы для круглого стола
5. Перечень тем для презентации
6. Перечень тем для промежуточной аттестации
7. Перечень тем для реферата
8. Примеры задач

Москва
2022

Таблица 1
к приложению 2

1. Паспорт фонда оценочных средств

Технологическая безопасность энергетических установок					
ФГОС ВО **13.03.01 Теплотехника и теплоэнергетика**					
КОМПЕТЕНЦИИ		**Перечень компонентов**	**Технология формирования**	**Форма оценочного средства**	**Степени уровней освоения компетенций**
ИНДЕКС	**ФОРМУЛИРОВКА**				
УК-8	способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций	**знать:** основные нормативные и правовые документы, используемые при защите окружающей среды **уметь:** использовать нормативные и правовые документы при подборе методов очистки **владеть:** методами подбора необходимого оборудования для очистки выбросов в атмосферу, сбросов в	Мультимедийные лекции, дискуссия на лекции, выполнение расчетно-графических работ, обсуждение и защита рефератов по дисциплине, подготовка, представление и обсуждение презентаций на семинарских занятиях, организация и проведение текущего контроля знаний студентов, проведение мастер-классов экспертов и специалистов по методам и средствам измерений и контроля на территории ТЭЦ.	Дискуссия на лекции, выполнение РГР, работа на круглом столе, защита реферата, выступление на семинарском занятии с презентацией.	Базовый уровень: способен использовать нормативные и правовые документы при подборе методов очистки и при подборе оборудования в стандартных производственных ситуациях Повышенный уровень: способен использовать нормативные и правовые документы при подборе методов очистки и при подборе оборудования в нестандартных производственных ситуациях с их последующим анализом

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 в рамках учебной дисциплины

Таблица 2
к приложению 2

2. Перечень расчетно-графическая работ по дисциплине

№ п/п	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонд
1	Расчет ущерба окружающей среде.	Практические работы направлена на формирование умений и навыков по расчету оборудования для экологической безопасности.	На одну работу отводится одно занятие. Студенту предлагаются варианты заданий для решение задачи по зарание определенной методике. Работа оценивается по шкале от 2 до 5 баллов. Освоение компетенций зависит от результата решения задачи: 5 баллов - компетенции считаются освоенными на продвинутом уровне; 4 балла - компетенции считаются освоенными на базовом уровне; 3 балла - компетенции считаются освоенными на удовлетворительном уровне; 2 балла - компетенции считаются не освоенными.
2	Расчет пылеосадительных камер.		
3	Расчет циклонов.		
4	Расчет ячейковых фольтров.		
5	Расчет скуббера Вентури.		
6	Расчет флотационной установки.		
7	Расчет аэротенков.		
8	Оценка опасности жидких радиоактивных отходов		

Таблица 3
к приложению 2

3. Перечень тем для дискуссии на лекции по дисциплине

№ п/п	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонд
1	Характеристики основных источников выбросов загрязняющих веществ	Дискуссия представляет собой свободный обмен мнениями. Проводится для включения обучающихся в процесс	На дискуссию отводится не более 15 минут. Студенту предлагается одна
2	Механизм осаждения взвешенных частиц		
3	Основные проблемы, связанные с оксидами азота, оксидами серы,		

	оксидами углерода, сероводородом	обсуждения и организации интенсивной обратной связи (Преподаватель-Студент и Студент-Преподаватель и Студент-Студент). А также для оценки их умений аргументировать собственную точку зрения.	из тем. Для оценки результатов используется двухуровневая шкала: компетенции освоены и компетенции не освоены.
4	Оборотные системы водоснабжения		
5	Механизмы очистки сточных вод методами отстаивания, фильтрования		
6	Сущность химических методов очистки сточных вод		
7	Факторы влияющие на эффективность работы биологических очистных сооружений		
8	Шумовое воздействие ТЭС на окружающую среду. Основные характеристики шума		

Таблица 4
к приложению 2

4. Тема для круглого стола по дисциплине

№ п/п	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонд
1	Влияние на окружающую среду ТЭЦ, работающей на угле.	Свободный обмен мнениями, позволяющий находить точки соприкосновения для поиска общих выводов. Проводится для включения обучающихся в процесс обсуждения и организации интенсивной обратной связи (Преподаватель-Студент и Студент-Преподаватель и Студент-Студент). А также для оценки их умений аргументировать собственную точку зрения.	На круглый стол отводится 90 минут. Студенты заранее деляться на 7 групп (каждой группе своя тема) и самостоятельно готовяться. По другим темам каждый студент должен участвовать в обсуждении. Для оценки результатов используется двухуровневая шкала: компетенции освоены и компетенции не освоены.
2	Влияние на окружающую среду ТЭЦ, работающей на мазуте.		
3	Влияние на окружающую среду ТЭЦ, работающей на торфе.		
4	Влияние на окружающую среду ТЭЦ, работающей на газе.		
5	Влияние на окружающую среду ТЭЦ, работающей на горючих сланцах.		
6	Влияние на окружающую среду АЭС.		
7	Влияние на окружающую среду ГЭС.		

Обсуждение влияния на окружающую среду ТЭЦ, на которой прошла экскурсия.		

Таблица 5
к приложению 2

5. Перечень тем для презентации по дисциплине

№ п/п	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонд
1	Очистка сточных вод от взвешенных частиц (отстаивание)	Докладов с презентацией представляет собой общедоступный доклад с участием слушателей в обмене мнениями. Проводится для включения обучающихся в процесс обсуждения и организации интенсивной обратной связи (Студент-Аудитория). А также для оценки их умений аргументировать собственную точку зрения	На докладов с презентацией отводится не более 15 минут. Студенту предлагается одна из тем. Для оценки результатов используется двухуровневая шкала: компетенции освоены и компетенции не освоены.
2	Очистка сточных вод от взвешенных частиц (фильтрование)		
3	Очистка сточных вод от взвешенных частиц (флотация)		
4	Физико-химические методы очистки сточных вод (коагуляция)		
5	Физико-химические методы очистки сточных вод (экстракция)		
6	Физико-химические методы очистки сточных вод (ионообменный метод)		
7	Мембранные метода очистки сточных вод		
8	Адсорбционные метода очистки сточных вод		
9	Химические методы очистки сточных вод		
10	Биологические методы очистки сточных вод		
11	Методы очистка газовых выбросов от взвешенных частиц (пылеосадительные камеры)		
12	Методы очистка газовых выбросов от взвешенных частиц (циклоны)		
13	Методы очистка газовых выбросов от взвешенных частиц (электрофильтры)		
14	Методы очистка газовых выбросов от взвешенных частиц (тканевые фильтры)		
15	Методы очистка газовых выбросов от взвешенных частиц (аппараты мокрой очистки газовых выбросов)		
16	Методы термической очистки газовых выбросов		

17	Методы термокаталитической очистки газовых выбросов		
18	Методы очистки отходящих газов от оксидов азота		
19	Методы очистки отходящих газов от оксидов серы		
20	Методы очистки отходящих газов от оксидов углерода		
21	Методы очистки отходящих газов от сероводорода		
22	Водное хозяйство промпредприятий, оборотные системы водоснабжения		
23	Методы предварительной обработки осадков сточных вод		
24	Основные направления переработки нефтешламов		
25	Основные методы защиты от шума		

Таблица 6
к приложению 2

6. Перечень тем для промежуточной аттестации по дисциплине

№ п/п	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонд
1	Характеристики основных промышленных источников выбросов загрязняющих веществ	Проведение зачета	На написание отводится 45 минут. Студенту предлагается 2 вопроса (из 54). Для оценки результатов используется двухуровневая шкала: компетенции освоены и
2	Основные показатели нормирования качества окружающей среды и вредных веществ в промышленных выбросах		
3	Требования к экологической среде. Понятия и определения		
4	Предельно допустимые концентрации вредных веществ		
5	Топливный цикл и его техногенное воздействие на среду обитания		
6	Характеры воздействия технологических процессов на окружающую среду		
7	Влияние вредных выбросов электростанций на природу и человека		
8	Показатели вредности продуктов сгорания		
9	Преобразование вредных выбросов ТЭС в атмосферном воздухе		

10	Конструкции аппаратов-пылеуловителей, области их применения и эффективность улавливания (пылеосадительные камеры)		компетенции не освоены.
11	Конструкции аппаратов-пылеуловителей, области их применения и эффективность улавливания (циклоны)		
12	Конструкции аппаратов-пылеуловителей, области их применения и эффективность улавливания (электрофильтры и тканевые фильтры)		
13	Конструкции аппаратов-пылеуловителей, области их применения и эффективность улавливания (аппараты мокрой очистки газовых выбросов)		
14	Основные требования к газовым выбросам		
15	Механизмы образования оксидов азота. Основные методы подавления образования термических и топливных оксидов азота		
16	Оптимальные режимные параметры и факторы влияющие на эффективность методов подавления образовании оксидов азота		
17	Методы очистки отходящих газов от оксидов азота (термические и термокаталитические). Оптимальные режимные параметры и эффективность методов очистки		
18	Методы и технологии очистки дымовых газов от оксидов серы		
19	Классификация способов сероочистки		
20	Метод Саарберг-Хельтер-Лурги (СХЛ)		
21	Системы очистки дымовых газов. Выбросы золы и очистка от них		
22	Методы химической очистки дымовых газов		
23	Характеристики летучей золы. Основы теории золоулавливания		
24	Типы и характеристики золоуловителей		
25	Инерционные золоуловители		
26	Мокрые золоуловители		
27	Методы улавливания золы с неблагоприятными электрофизическими свойствами		
28	Понятия обратной короны и высокоомной золы		
29	Баланс водопотребления и водоотведения промпредприятий. Основные качественные показатели воды оборотных систем водоснабжения		

30	Механизмы очистки сточных вод методами отстаивания и фильтрования. Конструктивные особенности аппаратов и их эффективность		
31	Механизмы очистки сточных вод методам флотации. Конструктивные особенности аппаратов и их эффективность		
32	Механизмы очистки сточных вод, физико-химическая сущность процессов коагуляции. Область применения и эффективность метода		
33	Механизмы очистки сточных вод, физико-химическая сущность процессов экстракции. Область применения и эффективность метода		
34	Механизмы очистки сточных вод, физико-химическая сущность процессов ионообменного метода очистки. Область применения и эффективность метода		
35	Принципы работы мембранных и адсорбционных установок. Область применения и эффективность абсорбционных методов. Типы мембранных процессов и установок		
36	Типы адсорбентов и адсорбционных установок, их эффективность. Способы регенерации адсорбентов		
37	Сущность химических методов очистки сточных вод. Реагенты, используемые для окислительных и восстановительных методов очистки. Преимущества и недостатки химических методов очистки, область применения		
38	Механизмы биологического окисления вредных веществ в сточных водах. Область применения, эффективность и преимущество биологических методов очистки вод. Факторы влияющие на эффективность работы биологических очистных сооружений		
39	Физико-химическая сущность процессов термической и термокаталитической очистки (обезвреживания) газовых выбросов, содержащих вредные органические вещества		
40	Основные режимные параметры процессов, обеспечивающие высокую эффективность очистки (обезвреживания)		
41	Сущность метода огневого обезвреживания отходов. Особенности обезвреживания органических веществ различных классов		

42	Факторы, оказывающие влияние на эффективность метода огневого обезвреживания отходов. Область применения данного метода		
43	Тепловые и технологические схемы установок (с регенеративным и внешнем теплоиспользовании)		
44	Материальные балансы процессов огневого обезвреживания. Основные типы аппаратов их преимущества, недостатки и области применения		
45	Методы предварительной обработки осадков сточных вод, их физическая сущность и назначение: стабилизация, кондиционирование, обезвоживание		
46	Основные направления переработки нефтешламов		
47	Внутрицикловая газификация топлива		
48	Котлы с циркулирующим кипящим слоем (ЦКС)		
49	Усовершенствование методов факельного сжигания		
50	Предварительная термическая подготовка твердого топлива с частичной газификацией		
51	Плазменная подсветка основного пылеугольного факела		
52	Высокотемпературная подготовка топлива в специальном предтопке - как элементная база экологически перспективного направления развития ТЭЦ		
53	Технология плазменного розжига и подсветки		
54	Обобщение перспектив развития природоохранных технологий		

Таблица 7
к приложению 2

7. Перечень тем для реферата по дисциплине

№ п/п	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонд
1	Очистка сточных вод от взвешенных частиц (отстаивание)	Защита реферата	Компетенции освоены если
2	Очистка сточных вод от взвешенных частиц (фильтрование)		

3	Очистка сточных вод от взвешенных частиц (флотация)		реферат оформлен соответствующим образом, в реферате представлено достаточно обширное рассмотрение выбранной темы, изложение материала последовательное и не содержит грубых ошибок, студент способен самостоятельно изложить материал реферата на достаточно высоком уровне. Компетенции не освоены если вышеперечисленные требования не выполняются.
4	Физико-химические методы очистки сточных вод (коагуляция)		
5	Физико-химические методы очистки сточных вод (экстракция)		
6	Физико-химические методы очистки сточных вод (ионообменный метод)		
7	Мембранные метода очистки сточных вод		
8	Адсорбционные метода очистки сточных вод		
9	Химические методы очистки сточных вод		
10	Биологические методы очистки сточных вод		
11	Методы очистка газовых выбросов от взвешенных частиц (пылеосадительные камеры)		
12	Методы очистка газовых выбросов от взвешенных частиц (циклоны)		
13	Методы очистка газовых выбросов от взвешенных частиц (электрофильтры)		
14	Методы очистка газовых выбросов от взвешенных частиц (тканевые фильтры)		
15	Методы очистка газовых выбросов от взвешенных частиц (аппараты мокрой очистки газовых выбросов)		
16	Методы термической очистки газовых выбросов		
17	Методы термокаталитической очистки газовых выбросов		
18	Методы очистки отходящих газов от оксидов азота		
19	Методы очистки отходящих газов от оксидов серы		
20	Методы очистки отходящих газов от оксидов углерода		
21	Методы очистки отходящих газов от сероводорода		
22	Водное хозяйство промпредприятий, оборотные системы водоснабжения.		
23	Методы предварительной обработки осадков сточных вод		
24	Основные направления переработки нефтешламов		
25	Основные методы защиты от шума		

8. Примеры задач для практических занятий

Задача 1. Рассчитать размеры пылеосадочной камеры для очистки 4500 м^3 воздуха, загрязненного пылью, плотность частиц которой 700 кг/м^3, а средний диаметр $2 \cdot 10^{-5}$ м. Температура удаляемого воздуха 20 °С.

Решение. По номограмме (см. рис. 1) находим скорость витания частиц пыли: $\nu_ч$= 0,8 м/с.

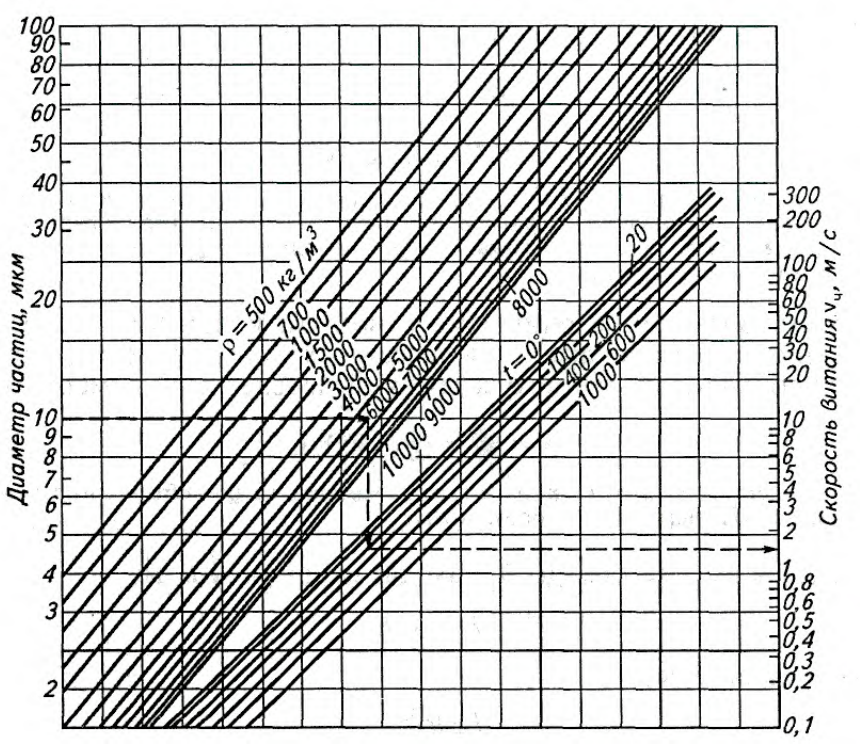


Рис. 1. Номограмма для определения скорости витания частиц пыли: ρ – плотность частиц пыли, кг/м^3 ; t – температура газа, °С

Приняв скорость движения воздуха в пылеосадочной камере $\nu_в$ = 0,5 м/с, определяем площадь ее поперечного сечения:

$$S = b \cdot h = \frac{Q}{3600 \cdot \nu} = \frac{4500}{3600 \cdot 0{,}5} = 2{,}5м^2$$

Задавая высоту камеры h = 2,5 м, найдем ее ширину:

$$b = \frac{S}{h} = \frac{2{,}5}{2{,}5} = 1м$$

Минимальная длина камеры

$$l = \frac{h \cdot \nu}{\nu_ч} = \frac{2{,}5 \cdot 0{,}5}{0{,}8} = 1{,}563м$$

Приняв l = 1,6 м, проверяем выполнение условия $\nu < \frac{l \cdot \nu_ч}{h}$

$$0{,}5 < \frac{1{,}6 \bullet 0{,}8}{2{,}5}, \text{ или } 0{,}5 < 0{,}512$$

Ответ: Условие выполняется, следовательно, размеры пылеосадочной камеры определены правильно.

Задача 2. Рассчитать ячейковый фильтр для очистки 4600 м^3/ч воздуха, удаляемого системой вентиляции от шлифовальных станков, если концентрация пыли в очищаемом воздухе составляет 30 мг/м^3, а ее предельно допустимая концентрация равна 6 мг/м^3.

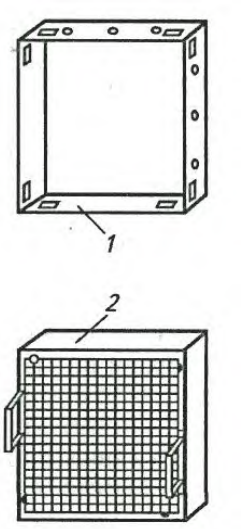


Рис. 2. Ячейковый масляный фильтр ФяР системы «Рекка»:
1 – коробка; 2 – гофрированная сетка

Решение. Допустимая концентрация пыли в приточном воздухе

$$c_{пр} = 0{,}3 \cdot c_{ПДК} = 0{,}3 \cdot 6 = 1{,}8 мг/м^3$$

Требуемая эффективность очистки воздуха от пыли

$$\eta = \frac{100 \bullet (c_0 - c_{пр})}{c_0} = \frac{100 \bullet (30 - 1{,}8)}{30} = 94\%$$

Выбираем ячейковый фильтр марки ФяР и определяем необходимое число филыров:

$$n = \frac{Q}{q} = \frac{4600}{1540} = 2{,}98 \approx 3$$

где q = 1540 м^3/ч – пропускная способность одного фильтра (см. табл. 1).

Таблица 1

Технические данные ячейковых фильтров

Марка фильтра	Заполнитель	Начальное/конечное сопротивление, Па	Удельная пылеемкость, г/м^2	Масса, кг
ФяР	Гофрированные металлические сетки	40/300	1500	7,9

Примечание. Для всех фильтров: размеры 514×514×55мм; площадь рабочего сечения 0,22 м^2; пропускная способность 1540 м^3/ч при удельной воздушной нагрузке 7000 м^3/(м^2•ч); эффективность очистки до 80%.

Суммарная площадь фильтрующей поверхности

$$S = a \bullet b \bullet n = 0{,}514 \bullet 0{,}514 \bullet 3 = 0{,}793 м^2$$

где a, b = 0,514 • 0,514 м – размеры поперечного сечения одного фильтра (см, табл. 1).

Суммарная пылеемкость фильтров

$$П = p \bullet S = 1500 \bullet 0{,}793 = 1189{,}5 г$$

где p – 1500г/м^2 – удельная пылеемкость одного фильтра марки ФяР (см. табл. 1).

Продолжительность эксплуатации фильтров без регенерации фильтрующего материала

$$\tau = \frac{1000 \bullet П}{(c_0 - c_{пр}) \bullet Q} = \frac{1000 \bullet 1189{,}5}{(30 - 1{,}8) \bullet 4600} = 9{,}2 ч$$

Ответ: С учетом установленной на предприятии продолжительности рабочей смены можно принять τ = 8 ч.

Задача 3. Из технологических условий известно, что $\rho_г$ = 0,89 кг/м^3, $\mu_г$ = 22,2•10^{-6} Н•с/м^3, $Q_г$ = 1,2 м^3/с, $\rho_ч$ = 1950кг/м^3, d_m= 20 мкм, $lq\sigma_ч$ = 0,5, $C_{вх}$ = 10 г/м^3, η = 0,87. Выбрали циклон ЦН-24, без дополнительного устройства и с выходом в гидравлическую сеть. Рассчитать фактическую эффективность очистки газов.

Решение. По таблице 2 определяем $\nu_{\text{опт}}$ = 4,5 м/с и дисперсию распределения значений фракционной эффективности пылеуловителя $lq\sigma_\eta$= 0,352.

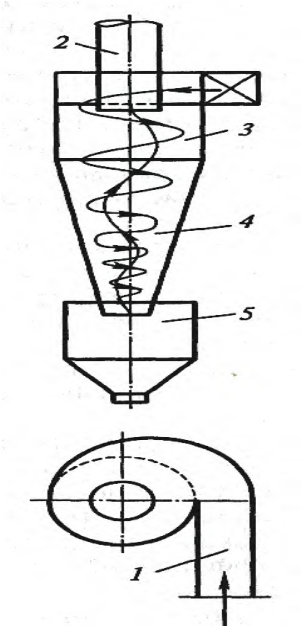


Рис. 2.1. Схема работы циклона.
1 – входной патрубок,
2 – выхлопная труба,
3 – цилиндрическая часть,
4 – коническая часть, 5 – пылесборник

Таблица 2

Оптимальная скорость газа в аппарате и дисперсия распределения значений фракционной эффективности пылеуловителя

Тип циклона	ЦН-24	ЦН-15У	ЦН-15	ЦН-11	ЦК-ЦН-33	СК-ЦН-34	СК-ЦН-34М
$\nu_{опт}$, м/с	4,5	3,5	3,5	3,5	2,0	1,7	20,0
$lq\sigma_\eta$	0.352	0.283	0.352	0.308	0.364	0.308	0.340
$d_{50}{}^{T}$,мм	3.65	6.0	4.5	8.5	2.31	1.95	1.13

Примечание: Значения d_{50}^{T} (диаметр частиц, улавливаемых в аппарате на 50%) соответствуют следующим условиям работы циклонов: средняя скорость газа в циклоне $\nu_т$ = 3,5 м/с; диаметр циклона $D_т$ = 0,6 м; плотность частиц $\rho_{чт}$ = 1930 кг/м^3; динамическая вязкость газа $\mu_т$ = 22,2•10^{-6} (Н•с)/м^2.

Необходимая площадь сечения циклона будет равна

$$F = \frac{Q_г}{\nu_{опт}} = \frac{1,2}{4,5} = 0,27 \text{ м}^2$$

Тогда диаметр циклона

$$D = \sqrt{\frac{F}{0,785}} = \sqrt{\frac{0,27}{0,785}} = 0,58 \text{ м}$$

Округляем его до величины из стандартного ряда (табл. 3) D = 0,6 м

Таблица 3.

Стандартный ряд диаметра циклонов

Тип циклона	Стандартный ряд диаметра циклонов, м
ЦН, СК, СДК	0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1,0; 1,2; 1,4; 1,6; 1,8; 2,0
ВЦНИИОТ	0,1; 0,15; 0,2; 0,25; 0,3; 0,370; 0,455; 0,525; 0,585; 0,645; 0,695
СИОТ	0,703; 1,015; 1,242; 1,428; 1,593; 1,698; 1,943
УЦ - 38	0,2; 0,3; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1,0; 1,2; 1,4; 1,6; 1,8; 2,0
Гидродревпрома типа Ц	0,25; 0,3; 0,375; 0,45; 0,55; 0,6; 0,675; 0,730; 0,8; 0,87; 0,95; 1,05; 1,15; 1,225; 1,32; 1,4; 1,5; 1,6
ЦКТИ типа Ц	0,4; 0,45; 0,5; 0,55; 0,6; 0,65; 0,7; 0,75; 0,8

Действительная скорость газа в циклоне

$$\nu = \frac{Q_г}{0{,}785 \bullet D^2} = \frac{1{,}2}{0{,}785 \bullet 0{,}6^2} = 4{,}25 \text{ м/с}$$

Отклонение от оптимальной

$$\Delta\nu = \frac{|4{,}25 - 4{,}5|}{4{,}5} \bullet 100\% = 5{,}6\%$$

Отклонение меньше 15% значит выбор правильный.
Рассчитаем коэффициент гидравлического сопротивления

$$\xi_ц = \kappa_1 \bullet \kappa_2 \bullet \xi_{ц500}^{c(n)} + \kappa_3 = 1{,}2 \bullet 0{,}95 \bullet 75 + 0 = 85{,}5$$

где $\xi_{ц500}^{c(п)}$ – коэффициент гидравлического сопротивления одиночного циклона диаметром 500 мм, выбираем по таблице 4. Индекс «с» означает, что циклон работает в гидравлической сети, а индекс «п» – без сети, т.е. работает прямо на выхлоп в атмосферу; κ_1 – поправочный коэффициент на диаметр циклона, определяемый по таблице 5; κ_2 – поправочный коэффициент на запыленность газа, определяемый по таблице 6, κ_3 – коэффициент, учитывающий дополнительные потери давления, связанные с компоновкой циклонов в группу. Для одиночных циклонов $\kappa_3 = 0$.

Таблица 4.

Тип циклона	d/D	Без дополнительных устройств		С кольцевым диффузором		С выходной улиткой	С отводом 90° R/d =1,5	
		$\xi_ц^c$	$\xi_ц^n$	$\xi_ц^c$	$\xi_ц^n$	$\xi_ц^c$	l/d = 0-12 $\xi_ц^c$	l/d > 0-12 $\xi_ц^c$
ЦН-11	0,59	245	250	207	215	235	245	250
ЦН-15	-	155	163	132	140	150	155	160
ЦН-15У	-	165	170	140	148	158	165	170
ЦН-24	-	75	80	64	70	73	75	80

СДК-ЦН-33	0,33	520	600	-	-	500	-	560
СК-ЦН-34	0,34	1050	1150	-	-	-	-	-
СК-ЦН-34М	-	-	2000	-	-	-	-	-

Значения коэффициентов сопротивления одиночного циклона

Таблица 5.

Поправочный коэффициент, учитывающий диаметр циклона (κ_1)

Диаметр (мм) / Тип циклона	200	300	450	500	600
ЦН-11	0,95	0,96	0,99	1,0	1,1
ЦН-15, ЦН-15У, ЦН-24	0,90	0,98	1,0	1,0	1,2
СДК-ЦН-33, СК-ЦН-34, СК-ЦН-34М	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Таблица 6.

Поправочный коэффициент на запыленность газа (κ_2)

$C_{вх}$, г/м^3 / Тип циклона	0	10	20	40	80	120	150
ЦН-11	1	0.96	0.94	0.92	0.90	0.87	-
ЦН-15	1	0.93	0.92	0.91	0.99	0.87	0.86
ЦН-15У	1	0.93	0.92	0.91	0.89	0.88	0.87
ЦН-24	1	0.95	0.93	0.92	0.90	0.87	0.88
СДК-ЦН-33	1	0.81	0.785	0.78	0.77	0.76	0.745
СК-ЦН-34	1	0.98	0.947	0.93	0.915	0.91	0.90
СК-ЦН-34М	1	0.99	0.97	0.95	-	-	-

Рассчитаем коэффициент гидравлического сопротивления и потери давления

$$\Delta P = \xi_ц \bullet \frac{\rho_г \bullet v^2}{2} = 85{,}5 \bullet \frac{0{,}86 \bullet 4{,}25^2}{2} = 664{,}07\text{Па}$$

Взяв в таблице 2 параметр d_{50}^T, определяем диаметр частиц улавливаемых в аппарате на 50% при рабочих условиях

$$d_{50} = d_{50}^T \bullet \sqrt{\frac{D}{D_m} \bullet \frac{\rho_{чт}}{\rho_ц} \bullet \frac{\mu}{\mu_m} \bullet \frac{\nu_m}{\nu}} =$$

$$3{,}65 \bullet \sqrt{\frac{0{,}6}{0{,}6} \bullet \frac{1930}{1950} \bullet \frac{22{,}2 \bullet 10^{-6}}{22{,}2 \bullet 10^{-6}} \bullet \frac{3{,}5}{4{,}25}} = 3{,}3$$

Тогда параметр X равен

$$X = \frac{lg\left(\frac{d_m}{d_{50}}\right)}{\sqrt{lg^2\,\sigma_\eta + lg^2\,\sigma_ч}} = \frac{lg\left(\frac{20}{3,3}\right)}{\sqrt{9,352^2 + 0,5^2}} = 1,28$$

По таблице 7 определяют значение Ф(х) = 0,8997.

Таблица 7.

Значение нормальной функции распределения Ф(х)

х	Ф(х)	х	Ф(х)	х	Ф(х)	х	Ф(х)
-2,70	0,0035	-1,06	0,1446	0,00	0,5000	1,08	0,8599
-2,60	0,0047	-1,04	0,1492	0,02	0,5080	1,10	0,8643
-2,50	0,0062	-1,02	0,1539	0,04	0,5160	1,12	0,8686
-2,40	0,0082	-1,00	0,1587	0,06	0,5239	1,14	0,8729
-2,30	0,0107	-0,98	0,1635	0,08	0,5319	1,16	0,8770
-2,20	0,0139	-0,96	0,1685	0,10	0,5398	1,18	0,8810
-2,10	0,0179	-0,94	0,1736	0,12	0,5478	1,20	0,8849
-2,00	0,0228	-0,92	0,1788	0,14	0,5557	1,22	0,8888
-1,98	0,0239	-0,90	0,1841	0,16	0,5636	1,24	0,8925
-1,96	0,0250	-0,88	0,1894	0,18	0,5714	1,26	0,8962
-1,94	0,0262	-0,86	0,1949	0,20	0,5793	1,28	0,8997
-1,92	0,0274	-0,84	0,2005	0,22	0,5871	1,30	0,9032
-1,90	0,0288	-0,82	0,2061	0,24	0,5948	1,32	0,9066
-1,88	0,0301	-0,80	0,2119	0,26	0,6026	1,34	0,9099
-1,86	0,0314	-0,78	0,2177	0,28	0,6103	1,36	0,9131
-1,84	0,0329	-0,76	0,2236	0,30	0,6179	1,38	0,9162
-1,82	0,0344	-0,74	0,2297	0,32	0,6255	1,40	0,9192
-1,80	0,0359	-0,72	0,2358	0,34	0,6331	1,42	0,9222
-1,78	0,0375	-0,70	0,2420	0,36	0,6406	1,44	0,9251
-1,76	0,0392	-0,68	0,2483	0,38	0,6480	1,46	0,9279
-1,74	0,0409	-0,66	0,2546	0,40	0,6554	1,48	0,9306
-1,72	0,0427	-0,64	0,2611	0,42	0,6628	1,50	0,93332
-1,70	0,0446	-0,62	0,2676	0,44	0,6700	1,52	0,9357
-1,68	0,0465	-0,60	0,2743	0,46	0,6772	1,54	0,9382
-1,66	0,0485	-0,58	0,2810	0,48	0,6844	1,56	0,9406
-1,64	0,0505	-0,56	0,2877	0,50	0,6915	1,58	0,9429
- 1,62	0,0526	-0,54	0,2946	0,52	0,6985	1,60	0,9462
-1,60	0,0548	-0,52	0,3015	0,54	0,7054	1,62	0,9474
- 1,58	0,0571	-0,50	0,3085	0,56	0,7123	1,64	0,9495
-1,56	0,0594	-0,48	0,3156	0,58	0,7190	1,66	0,9515
- 1,54	0,0618	-0,46	0.32282	0,60	0,7258	1,68	0,9535
-1,52	0,0643	-0,44	0,3300	0,62	0,7324	1,70	0,9554
- 1,50	0,0668	-0,42	0,3372	0,64	0,7389	1,72	0,9573
-1,48	0,0694	-0,40	0,3446	0,66	0,7454	1,74	0,9591

- 1,46	0,0721	-0,38	0,3520	0,68	0,7517	1,76	0,9608
-1,44	0,0749	-0,36	0,3594	0,70	0,7580	1,78	0,9625
- 1,42	0,0778	-0,34	0,3669	0,72	0,7642	1,80	0,9641
-1,40	0,0808	-0,32	0,3745	0,74	0,7703	1,82	0,9656
- 1,38	0,0838	-0.30	0,3821	0,76	0,7764	1,84	0,9671
-1,36	0,0869	-0,28	0,3897	0,78	0,7823	1,86	0,9686
- 1,34	0,0901	-0,26	0,3974	0,80	0,7881	1,88	0,9690
-1,32	0,0934	-0,24	0,4052	0,82	0,7939	1,90	0,9713
- 1,30	0,0968	-0,22	0,4129	0,84	0,7995	1,92	0,9726
-1,28	0,1003	-0,20	0,4207	0,86	0,8051	1,94	0,9738
- 1,26	0,1038	-0,18	0,4286	0,88	0,8106	1,96	0,9750
-1,24	0,1075	-0,16	0,4364	0,90	0,8159	1,98	0,9761
- 1,22	0,1112	-0,14	0,4443	0,92	0,8212	2,00	0,9772
-1,20	0,1151	-0,12	0,4522	0,94	0,8264	2,10	0,9821
- 1,18	0,1190	-0,10	0,4602	0.96	0,8315	2,20	0,9861
-1,16	0,1230	-0,08	0,4681	0,98	0,8365	2,30	0,9893
- 1,14	0,1271	-0,06	0,4761	1,00	0,8413	2,40	0,9918
-1,12	0,1314	-0,04	0,4840	1,02	0,8461	2,50	0,9938
- 1,10	0,1357	-0,02	0,4920	1,04	0,8508	2,60	0,9953
-1,08	0,1401	0,00	0,5000	1,06	0,8554	2,70	0,9965

Отсюда степень очистки

$$\eta = 0{,}5 \bullet \big(1 + \Phi(x)\big) = 0{,}5 \bullet (1 + 0{,}8997) = 0{,}95$$

Степень очистки выше требуемой, значит циклон подходит для очистки.