Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Сибирский государственный индустриальный университет»

Кафедра теплоэнергетики и экологии

УТВЕРЖДАЮ
Директор института металлургии и материаловедения
_____ А.А. Уманский
подпись
«____» _____ 20___ г.

# РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Ресурсо- и энергосбережение в современном производстве

05.04.06 «Экология и природопользование»
(направленность (профиль): «Ресурсосбережение и утилизация отходов»)

Квалификация выпускника
Магистр

Форма обучения
Очная форма

Срок обучения: 2 года

Год начала подготовки 2026

Новокузнецк
2026

СибГИУ
Подлинник электронного документа хранится в системе электронного согласования документов СибГИУ
ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭП
Сертификат: b74f1896a8e5f6d1b42349567b351e7a7b0d4c48
Владелец: Директор ИМиМ Уманский Александр Александрович
Действителен: с 8 июля 2025 г. по 1 октября 2026 г.
Дата и время: 29-05-2026 12:54:41 ПРОВЕРИТЬ ПОДПИСЬ

## 1 Цели и задачи освоения учебной дисциплины

Целями учебной дисциплины являются:

– формирование идеологии рационального и бережного использования материальных ресурсов и энергии во всех видах и проявлениях.

Задачами учебной дисциплины являются:

– умение анализировать условия энергопотребления;
– находить способы уменьшения расхода энергии;
– знать правовые, технические и финансовые механизмы реализации энергосбережения.

## 2 Место учебной дисциплины в структуре ООП по направлению подготовки (специальности)

Учебная дисциплина относится к учебным дисциплинам обязательной части **Блока 1 «Дисциплины (модули)»** ООП по направлению подготовки (специальности) 05.04.06 «Экология и природопользование».

Учебная дисциплина базируется на предварительном усвоении обучающимися учебных дисциплин:

– Комплексное использование сырья и отходов в современном производстве.

Учебная дисциплина дополняет знания и умения, получаемые по одновременно изучаемым и последующим учебным дисциплинам:

– Ресурсосбережение в промышленности;
– Моделирование в управлении отходами;
– Методы геоэкологических исследований.

## 3 Планируемые результаты обучения по учебной дисциплине

Процесс изучения учебной дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

**– Общепрофессиональные компетенции**

| Наименование категории (группы) ОПК | Код и наименование ОПК | Код и наименование индикатора достижения ОПК | Планируемые результаты обучения |
|---|---|---|---|
| Фундаментальные основы профессиональной деятельности | ОПК-3: Способен применять экологические методы исследований для решения научно-исследовательских и прикладных задач | ОПК-3.2 Решает прикладные задачи профессиональной деятельности | – знать: методики проведения экологических исследований в области ресурсо- и энергосбережения предприятий.<br>– уметь: внедрять в производство |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | профессиональной деятельности | | ресурсо- и энергосберегающие технологии. |

## 4 Объем и содержание учебной дисциплины

Учебные занятия по учебной дисциплине проводятся в форме контактной работы и в форме самостоятельной работы обучающихся.

Контактная работа включает в себя занятия лекционного типа (лекции), занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы), промежуточную аттестацию обучающихся и иные формы взаимодействия обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации ООП на иных условиях, в том числе при проведении промежуточной аттестации обучающихся. Контактная работа может проводиться с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

### Объем учебной дисциплины

| Семестр / курс | | ***ИТОГО*** | ***2 семестр*** |
|---|---|---|---|
| Форма промежуточной аттестации | | | *экзамен* |
| Трудоёмкость | *академ. час.* | ***144*** | *144* |
| | *зачетных единиц* | ***4*** | *4* |
| Лекции, *академ. час.* | | ***16*** | *16* |
| в форме практической подготовки | | ***0*** | *0* |
| Лабораторные работы, *академ. час.* | | ***0*** | *0* |
| в форме практической подготовки | | ***0*** | *0* |
| Практические занятия, *академ. час.* | | ***16*** | *16* |
| в форме практической подготовки | | ***0*** | *0* |
| Курсовая работа / проект, *академ. час.* | | ***0*** | *0* |
| в форме практической подготовки | | ***0*** | *0* |
| Консультации, *академ. час.* | | ***0*** | *0* |
| в форме практической подготовки | | ***0*** | *0* |
| Самостоятельная работа, *академ. час.* | | ***76*** | *76* |
| в форме практической подготовки | | ***0*** | *0* |
| Контроль, *академ. час.* | | ***36*** | *36* |
| в форме практической подготовки | | ***0*** | *0* |

### Содержание учебной дисциплины

Раздел 1 Основные параметры и характеристики энергопотребления, организация управления энергосбережением;

Раздел 2 Энергосбережение в теплоэнергетике.

## 5 Перечень тем лекций

| **№ раздела / темы дисциплины** | **Темы лекций** | **Трудоемкость, *академ.час*** | |
|---|---|---|---|
| | | **всего** | **в форме практической подготовки** |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Раздел 1. | Введение | 2 | |
| Раздел 1. | Основные параметры и характеристики энергопотребления. Основные показатели энергосбережения. Организация управления энергосбережением | 8 | |
| Раздел 2. | Энергосбережение в теплоэнергетике | 6 | |
| **Итого:** | | **16** | **0** |

## 6 Перечень тем практических занятий (семинаров)

| **№ раздела / темы дисциплины** | **Темы практических занятий (семинаров)** | **Трудоемкость, *академ.час*** | |
|---|---|---|---|
| | | **всего** | **в форме практической подготовки** |
| Раздел 1. | Единицы и показатели энергопотребления и энергосбережения | 4 | |
| Раздел 1. | Энергетические балансы | 4 | |
| Раздел 1; Раздел 2. | Структура управления энергосбережением | 4 | |
| Раздел 2. | Потери в теплоэнергетике | 4 | |
| **Итого:** | | **16** | **0** |

## 7 Перечень тем лабораторных работ

| **№ раздела / темы дисциплины** | **Темы лабораторных работ** | **Трудоемкость, *академ.час*** | |
|---|---|---|---|
| | | **всего** | **в форме практической подготовки** |
| | *Отсутствуют* | | |
| **Итого:** | | **0** | **0** |

## 8 Перечень тем курсовых работ (проектов)

| **№ раздела / темы дисциплины** | **Темы курсовых работ (проектов)** | **Трудоемкость, *академ.час*** | |
|---|---|---|---|
| | | **всего** | **в форме практической подготовки** |
| | *Отсутствуют* | | |
| **Итого:** | | **0** | **0** |

## 9 Виды самостоятельной работы

| **№ раздела / темы дисциплины** | **Виды самостоятельной работы** | **Трудоемкость, *академ.час*** | |
|---|---|---|---|
| | | **всего** | **в форме практической подготовки** |
| Раздел 1. | 1. Изучение лекционного | 38 | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | материала;<br>2. Подготовка к практическому занятию;<br>3. Подготовка реферата. | | |
| Раздел 2. | 1. Изучение лекционного материала;<br>2. Подготовка к практическому занятию;<br>3. Решение кейс-задач / кейсов. | 38 | |
| *Контроль* | *Подготовка к экзамену* | 36 | |
| **Итого:** | | **112** | **0** |

## 10 Матрица компетентностных задач по учебной дисциплине

| Контролируемые разделы (темы) дисциплины | Контролируемые компетенции | Оценочные средства |
|---|---|---|
| Раздел 1. | ОПК-3 | 1. Вопросы для устного обсуждения (опроса);<br>2. Наблюдение за работой на практическом занятии;<br>3. Реферат |
| Раздел 2. | ОПК-3 | 1. Кейс-задачи / кейсы;<br>2. Наблюдение за работой на практическом занятии |
| Экзамен. | ОПК-3 | 1. Вопросы к экзамену;<br>2. Экзамен на основе результатов текущего контроля |

## 11 Входной контроль

Дисциплина «Ресурсо- и энергосбережение в современном производстве», изучаемая в 1 семестре, не подразумевает проведение входного контроля и рассчитана на обучающегося 1 курса, поступившего в университет в соответствии с Правилами приема в СибГИУ.

## 12 Текущий контроль

**12.1 Текущий контроль знаний** используется для оперативного и регулярного управления учебной деятельностью (в том числе самостоятельной) обучающихся. Данный вид контроля стимулирует у обучающихся стремление к систематической самостоятельной работе по изучению учебной дисциплины и позволяет оценить степень освоения изученного материала.

Текущий контроль успеваемости осуществляется в течение семестра, в ходе повседневной учебной работы по индивидуальной инициативе педагогического работника, в том числе посредством использования СУО СибГИУ.

Формы проведения текущего контроля – вопросы для устного обсуждения (опроса); кейс-задачи / кейсы; наблюдение за работой на практическом занятии; реферат.

### 12.2 Описание оценочных средств

### Шкалы оценивания (методики оценки)

#### 12.2.1 Рекомендации по оцениванию устных ответов обучающихся

С целью контроля и подготовки обучающихся к изучению новой темы в начале занятия лекционного типа (лекции) педагогическим работником проводится индивидуальный или фронтальный устный опрос по выполненным заданиям предыдущего раздела (темы).

**Критерии оценки:**

– правильность ответа по содержанию задания (учитывается количество и характер ошибок при ответе);

– полнота и глубина ответа (учитывается количество усвоенных фактов, понятий и т.п.);

– сознательность ответа (учитывается понимание излагаемого материала);

– логика изложения материала (учитывается умение строить целостный, последовательный рассказ, грамотно пользоваться специальной терминологией);

– рациональность использованных приемов и способов решения поставленной учебной задачи (учитывается умение использовать наиболее прогрессивные и эффективные способы достижения цели);

– своевременность и эффективность использования наглядных пособий и технических средств при ответе (учитывается умение грамотно и с пользой применять наглядность и демонстрационный опыт при устном ответе);

– использование дополнительного материала (обязательное условие);

– рациональность использования времени, отведенного на задание (не одобряется затянутость выполнения задания, устного ответа во времени).

Оценка «отлично» ставится, если обучающийся:

– полно и аргументировано отвечает по содержанию задания;

– обнаруживает понимание материала, может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры, в том числе самостоятельно составленные;

– излагает материал последовательно и правильно.

Оценка «хорошо» ставится, если обучающийся дает ответ, удовлетворяющий тем же требованиям, что и для оценки «отлично», но допускает 1 – 2 ошибки, которые сам же исправляет.

Оценка «удовлетворительно» ставится, если обучающийся обнаруживает знание и понимание основных положений данного задания, но:

– излагает материал неполно и допускает неточности в определении понятий или формулировке правил;

– не умеет достаточно глубоко и доказательно обосновать свои суждения и привести свои примеры;

– излагает материал непоследовательно и допускает ошибки.

Оценка «неудовлетворительно» ставится, если обучающийся обнаруживает незнание ответа на соответствующее задание, допускает ошибки в формулировке определений и правил, искажающие их смысл, беспорядочно и неуверенно излагает материал. Оценка «неудовлетворительно» отмечает такие недостатки в подготовке обучающегося, которые являются серьезным препятствием к успешному освоению последующего материала.

### 12.2.2 Рекомендации по оцениванию реферата

Написание реферата предполагает глубокое изучение обозначенной проблемы.

Критерии оценки реферата

| Наименование параметра оценки | Оценка |
|---|---|
| Выполнены все требования к написанию реферата: обозначена проблема и обоснована её актуальность, сделан краткий анализ различных точек зрения на рассматриваемую проблему и логично изложена собственная позиция, сформулированы выводы, тема раскрыта полностью, выдержан объём, соблюдены требования к внешнему оформлению, достигнуто пороговое значение оригинальности реферата. | отлично |
| Основные требования к реферату выполнены, в том числе достигнуто пороговое значение оригинальности реферата, но при этом допущены недочеты. В частности, имеются неточности в изложении материала; отсутствует логическая последовательность в суждениях; не выдержан объем реферата; имеются недочеты в оформлении. | хорошо |
| При достигнутом пороговом значении оригинальности реферата имеются существенные отступления от требований к реферированию. В частности, тема реферата освещена лишь частично; допущены фактические ошибки в содержании реферата. | удовлетворительно |
| Тема реферата не раскрыта, обнаруживается существенное непонимание в содержании проводимого исследования, невыполнение порогового значения оригинальности реферата (превышение объема некорректных заимствований). | неудовлетворительно |

### 12.2.3 Рекомендации по оцениванию в процессе наблюдения за работой на практическом занятии

Наблюдение за работой на практическом занятии – важнейший компонент контроля деятельности обучающихся и качества их обучения.

**Критерии оценки в процессе наблюдения за работой на практическом занятии:**

– самостоятельность выполнения задания и работы с методическими указаниями (учитывается работа в течение занятия, быстрота и способность нахождения в методических указаниях нужной информации);

– правильность выполнения работы (учитывается последовательность выполняемых действий, умение работать с инструментами и/или средствами вычислительной техники);

– рациональность использования времени, отведенного на задание (не одобряется затянутость выполнения работы с учетом индивидуальных особенностей обучающихся);

– активность обучающегося при выполнении практической работы (учитывается индивидуальная работа и работа в группе).

Критерии оценки по результатам наблюдения за работой на практическом занятии

| Наименование параметра оценки | Максимальное количество баллов |
|---|---|
| Самостоятельно выполняет задания; умеет работать с методическими указаниями. | 2,5 |
| Указанные в методических указаниях действия выполняет в правильной последовательности; умеет работать с инструментами и/или средствами вычислительной техники. | 1,25 |
| Рационально использует время, отведенное на задание; проявляет активность при выполнении практической работы. | 1,25 |
| **Итого** | **5** |

Максимальное количество – 5 баллов соответствует оценке «отлично», 4 балла – «хорошо», 3 балла – «удовлетворительно», 2 балла – «неудовлетворительно».

### 12.2.4 Рекомендации по оцениванию решения кейс-задач

| Критерии оценки | Баллы |
|---|---|
| Умение анализировать ситуацию и находить оптимальное количество решений. | 0,5 |
| Умение работать с информацией, в том числе умение затребовать дополнительную информацию, необходимую для уточнения ситуации. | 0,5 |
| Умение моделировать решения в соответствии с заданием, представлять различные подходы к разработке планов действий, ориентированных на конечный результат. | 0,5 |
| Умение принять правильное решение на основе анализа ситуации. | 0,5 |
| Умение четкого и точного изложения собственной точки зрения в | 0,5 |

| Критерии оценки | Баллы |
|---|---|
| устной и письменной форме, убедительного отстаивания своей точки зрения. | |
| Умение критического оценивания различных точек зрения, осуществление самоанализа, самоконтроля и самооценки. | 0,5 |
| Адекватность и соответствие ответов обучающегося современным тенденциям рынка, конструктивность. | 0,5 |
| Креативность, нестандартность предлагаемых решений. | 0,5 |
| Количество альтернативных вариантов решения задачи (версионность мышления). | 0,5 |
| Наличие необходимых умений, их выраженность (в зависимости от требований). | 0,5 |

Максимальное количество – 5 баллов соответствует оценке «отлично», 4 балла – «хорошо», 3 балла – «удовлетворительно», 2 балла – «неудовлетворительно».

**Задания и вопросы для текущего контроля знаний обучающихся по разделам (темам) учебной дисциплины приведены в приложении.**

## 13 Промежуточная аттестация

**13.1 Оценочные материалы для промежуточной аттестации** обучающихся по учебной дисциплине предназначены для оценки степени достижения запланированных результатов обучения по завершению изучения учебной дисциплины в установленной учебным планом форме и позволяют определить качество усвоения изученного материала.

Итоговой формой контроля сформированности компетенций у обучающихся по учебной дисциплине является: экзамен.

Оценочные материалы для промежуточной аттестации обучающихся включают: вопросы к экзамену; экзамен на основе результатов текущего контроля.

### 13.2 Оценивание обучающегося на экзамене

| Оценка | Требования к знаниям |
|---|---|
| отлично | Оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал различной литературы, правильно обосновывает принятое нестандартное решение, обладает приемами выполнения практических задач по формированию компетенций. |
| хорошо | Оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если он |

| Оценка | Требования к знаниям |
|---|---|
| | твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, обладает необходимыми умениями и приемами их выполнения. |
| удовлетворительно | Оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, испытывает сложности при выполнении практических работ и затрудняется связать теорию вопроса с практикой. |
| неудовлетворительно | Оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, который не знает значительной части программного материала, неуверенно отвечает, допускает серьезные ошибки, не имеет представлений по методике выполнения практической работы. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится обучающимся, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по данной учебной дисциплине. |

**Задания и вопросы для промежуточной аттестации обучающихся приведены в приложении.**

## 14 Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной дисциплины

**а) литература:**

1 Кудинов, А. А. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях. : монография / Кудинов А. А., Зиганшина С. К. – Москва : Машиностроение, 2011. – 117 с. – ISBN 978-5-94275-558-4. – URL: https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785942755584.html (дата обращения: 22.05.2026);

2 Сибикин, М. Ю. Технология энергосбережения : учебник / М.Ю. Сибикин, Ю.Д. Сибикин. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2014. – 352 с. – ISBN 978-5-4458-8886-4. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=253968 (дата обращения: 22.05.2026);

3 Фаррахов, А.Г. Энерго- и ресурсосбережение в строительстве и городском хозяйстве : учебное пособие / А.Г. Фаррахов. – Москва : АСВ, 2016. – 168 с. – ISBN 978-5-4323-0142-0. – URL: https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785432301420.html (дата обращения: 22.05.2026);

4 Жуков, Н. П. Энергосбережение в теплоэнергетике, теплотехнике и теплотехнологиях : учебное пособие / Н.П. Жуков, Н.Ф. Майникова. – Тамбов : Тамбовский государственный технический университет (ТГТУ), 2017. – 244 с. – ISBN 978-5-8265-1689-8. – URL:

https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=498923 (дата обращения: 22.05.2026);

5 Меркер, Э. Э. Энергосбережение в промышленности и эксергетический анализ технологических процессов : учебное пособие для вузов / Э. Э. Меркер, Г. А. Карпенко, И. М. Тынников. – 4-е изд., перераб. и доп. – Старый Оскол : ТНТ, 2010. – 312 с. : ил.

**б) ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:**

1 Электронный каталог : сайт / Научно-техническая библиотека СибГИУ. – Новокузнецк, [199 – ]. – URL: http://libr.sibsiu.ru. – URL: https://libr.sibsiu.ru;

2 Электронная библиотека // Научно-техническая библиотека СибГИУ : сайт. – Новокузнецк, [200 – ]. – URL: http://library.sibsiu.ru/LibrELibraryFullText.asp. – Режим доступа: для авторизир. пользователей. – URL: https://library.sibsiu.ru/LibrELibraryFullText.asp;

3 Консультант студента : электронно-библиотечная система / ООО «КОНСУЛЬТАНТ СТУДЕНТА». – Москва, [200 – ]. – URL: http://www.studentlibrary.ru. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

4 ЛАНЬ : электронно-библиотечная система : [коллекция «Единая профессиональная база знаний для технических вузов - Издательство Лань" ЭБС»] / ООО «Издательство ЛАНЬ». – Санкт-Петербург, [200 – ]. – URL: http://e.lanbook.com. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

5 Образовательная платформа ЮРАЙТ / ООО «Электронное издательство ЮРАЙТ». – Москва, [200 – ]. – URL: https://urait.ru. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

6 Университетская библиотека онлайн : электронно-библиотечная система / ООО «Директ-Медиа». – Москва, [200 – ]. – URL: https://biblioclub.ru. – Режим доступа: для авторизир. пользователей. – URL: http://www.biblioclub.ru;

7 Электронная библиотека УМЦ ЖДТ : [коллекция «Эксплуатация железных дорог»] / ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте». – Москва, [2013 – ]. – URL: https://umczdt.ru/books/. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

8 НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ БИБЛИОТЕКА eLIBRARY.RU : база данных / ООО «НЭБ». – Москва, [200 – ]. – URL: http://elibrary.ru. – Режим доступа: по подписке;

9 Электронные периодические издания ИВИС : универсальная база данных / ООО «ИВИС». – Москва, [200 – ]. – URL: http://eivis.ru. – Режим доступа: по подписке.

**в) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:**

– 7-Zip;
– Adobe Acrobat Reader;
– Astra Linux Special Edition;
– Kaspersky Endpoint Security;
– Microsoft Office;
– Microsoft Windows;
– OnlyOffice;
– WinRAR;
– Р7-Офис;
– Сервис поиска текстовых заимствований Руконтекст.

**г) базы данных и информационно-справочные системы:**

1 ГАРАНТ : справочно-правовая система / ООО «Правовой центр «Гарант». – Кемерово, [200 – ]. – Режим доступа: компьютерная сеть Сиб. гос. индустр. ун-та.;

2 КонсультантПлюс : справочно-правовая система / ООО «Информационный центр АНВИК». – Новокузнецк, [199 – ]. – Режим доступа: компьютерная сеть библиотеки Сиб. гос. индустр. ун-та.;

3 Техэксперт : информационно-справочная система / ООО «Группа компаний «Кодекс». – Кемерово, [200 – ]. – Режим доступа: компьютерная сеть Сиб. гос. индустр. ун-та.

## 15 Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины

Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины включает учебные аудитории, оснащенные оборудованием, компьютерной техникой, и техническими средствами обучения, в том числе:

- учебную аудиторию для проведения занятий лекционного типа, оборудованную учебной доской, экраном и мультимедийным проектором;
- учебную аудиторию для проведения занятий семинарского типа (практических занятий);
- учебную аудиторию (помещения) для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации;
- помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду, научно-техническую библиотеку СибГИУ.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки (специальности) 05.04.06 «Экология и природопользование».

Составитель(и):

старший преподаватель Сафонов Сергей Олегович (кафедра теплоэнергетики и экологии).

Рабочая программа дисциплины рассмотрена и утверждена на заседании кафедры.

Согласована:
Заместитель начальника ПТО
Центральная ТЭЦ
ООО "ЭнергоТранзит"  А. Ю. Поромов

## Приложение

## Тестовые задания для входного контроля знаний обучающихся

**Выберите один правильный ответ.**

1. Какой из перечисленных вторичных энергоресурсов (ВЭР) относится к горючим?
а) Физическое тепло шлака
б) Избыточное давление доменного газа
в) Доменный газ
г) Горячая вода систем охлаждения
2. В каких единицах принято измерять удельный расход условного топлива на отпуск тепловой энергии в Российской Федерации?
а) кг у.т./Гкал
б) т у.т./МВт·ч
в) г у.т./кВт·ч
г) тут/ГДж
3. Какое технологическое мероприятие в сталеплавильном производстве привело к наибольшему снижению удельного расхода топлива (энергии) на тонну стали?
а) Внедрение внепечной обработки
б) Замена мартеновских печей кислородными конвертерами и электропечами
в) Увеличение доли чугуна в шихте
г) Применение природного газа в дуговых печах
4. Каково основное энергосберегающее преимущество непрерывной разливки стали по сравнению с разливкой в изложницы?
а) Повышение выхода годного металла
б) Исключение нагрева слитков в нагревательных колодцах перед прокаткой
в) Снижение расхода огнеупоров
г) Уменьшение угара легирующих элементов
5. Какой метод позволяет полезно использовать физическое тепло расплавленных металлургических шлаков (например, доменных)?
а) Мокрое гранулирование с оборотной водой
б) Сухая грануляция с выработкой пара
в) Охлаждение в шлаковых чашах
г) Слив на отвалы
6. К какому типу вторичных энергоресурсов относится перепад давления природного газа на газораспределительных станциях (ГРС)?
а) Горючие ВЭР
б) Тепловые ВЭР
в) ВЭР избыточного давления
г) Химические ВЭР

7. Какой показатель наиболее полно характеризует эффективность использования топлива на ТЭЦ с комбинированной выработкой электрической и тепловой энергии?
а) Электрический КПД нетто
б) КПД брутто парового котла
в) Коэффициент использования теплоты топлива (КИТТ)
г) Термический КПД цикла Ренкина
8. За счёт чего в основном вырабатывается тепловая энергия в котлах-утилизаторах за кислородными конвертерами (ОКГ)?
а) Сжигания природного газа
б) Сжигания угольной пыли
в) Физического тепла отходящих газов и дожигания оксида углерода
г) Тепла жидкого чугуна
9. Какое мероприятие является примером организационного энергосбережения на предприятии?
а) Замена устаревших горелок на более экономичные
б) Обучение персонала и внедрение системы материального стимулирования за экономию ресурсов
в) Установка частотно-регулируемого привода на насосах
г) Тепловая изоляция паропроводов
10. В чём заключается основное преимущество парогазовых установок (ПГУ) перед традиционными паросиловыми?
а) Более низкие капитальные затраты
б) Возможность достижения электрического КПД 58–63 %
в) Отсутствие потребности в охлаждающей воде
г) Значительно более простая технологическая схема
11. Какой из перечисленных газов не относится к горючим ВЭР в чёрной металлургии?
а) Коксовый газ
б) Конвертерный газ
в) Доменный газ
г) Отходящие дымовые газы воздухонагревателей доменной печи
12. Каков примерный удельный расход электроэнергии на выплавку тонны жидкой стали в современных дуговых сталеплавильных печах (ДСП), работающих на 100 % металлолома, без предварительного подогрева лома?
а) 100–150 кВт·ч/т
б) 200–300 кВт·ч/т
в) 400–500 кВт·ч/т
г) 800–1000 кВт·ч/т
13. Что означает принцип «каскадного (ступенчатого) использования теплоты» в промышленной энергетике?
а) Параллельное снабжение нескольких цехов паром одного давления
б) Последовательное применение тепловых потоков с понижающейся температурой для различных технологических нужд

в) Сжигание топлива в нескольких параллельных горелках
г) Многоступенчатое сжатие газа в компрессоре
14. К какому типу теплообменных аппаратов относятся воздухонагреватели доменных печей, работающие попеременно в режиме нагрева и дутья?
а) Рекуперативные теплообменники
б) Регенеративные теплообменники
в) Котлы-утилизаторы
г) Смесительные подогреватели
Правильный ответ: б)
15. Как называется горючий побочный газ, образующийся в закрытых рудовосстановительных (ферросплавных) печах и используемый как ВЭР?
а) Генераторный газ
б) Колошниковый газ
в) Ферросплавный газ
г) Синтез-газ
16. Какая основная цель внедрения автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП) с точки зрения энергосбережения?
а) Сокращение штата операторов
б) Оптимизация режимных параметров для минимизации потребления топлива и электроэнергии
в) Увеличение скорости документооборота
г) Автоматическая регистрация аварийных остановок
17. Какой способ снижения расхода природного газа в нагревательных печах прокатного производства основан на рекуперации теплоты?
а) Замена футеровки на волокнистые теплоизоляционные материалы
б) Установка рекуператоров для подогрева воздуха, подаваемого на горение
в) Переход на кислородное дутьё
г) Уменьшение массы посада
18. Что является ключевым элементом ресурсосбережения в системах технического водоснабжения металлургического завода?
а) Повышение объёмов подпитки свежей речной водой
б) Организация замкнутых водооборотных циклов с градирнями
в) Сброс нагретой воды в естественные водоёмы
г) Использование прямоточного водоснабжения
Правильный ответ: б)
19. На каком принципе базируется система энергетического менеджмента согласно стандарту ISO 50001?
а) Разовое проведение энергоаудита
б) Постоянное повышение энергоэффективности на основе цикла PDCA (Plan-Do-Check-Act)

в) Приобретение самого дешёвого топлива
г) Сокращение штата энергослужбы до минимума
20. Какое оборудование наиболее эффективно позволяет утилизировать низкопотенциальное тепло с температурой 30–50 °C (например, оборотной воды) для целей отопления?
а) Рекуперативный воздухоподогреватель
б) Паротурбинная установка
в) Парокомпрессионный тепловой насос
г) Экономайзер парового котла

## Задания и вопросы для текущего контроля знаний обучающихся по разделам (темам) учебной дисциплины

### Тема 1. Основные параметры и характеристики энергопотребления, организация управления энергосбережением

**1 Устный опрос на лекции**

Перечень вопросов для устного опроса:

1. Что понимается под удельным энергопотреблением технологического процесса или продукции?
2. Дайте определение понятию «потенциал энергосбережения». Какие показатели используются для количественной оценки достигнутого эффекта энергосбережения (в натуральной, условно-топливной и стоимостной формах)?
3. Опишите типовую структуру и основные элементы системы энергетического менеджмента на промышленном предприятии согласно стандарту ISO 50001. Как цикл PDCA (Plan-Do-Check-Act) реализуется в управлении энергосбережением?
4. Какие основные направления энергосбережения реализуются в котельных и системах теплоснабжения? Назовите конкретные технические мероприятия (например, настройка режимов горения, утилизация теплоты уходящих газов, замена изоляции, частотное регулирование насосов) и объясните, за счёт какого физического или технологического эффекта достигается экономия топлива или электроэнергии в каждом случае.
5. Покажите на примере теплоэнергетического хозяйства (ТЭЦ или заводской котельной), как связаны между собой параметры энергопотребления (удельный расход условного топлива, КПД), показатели энергосбережения (экономия топлива, снижение удельных норм) и система управления энергосбережением (учёт, нормирование, стимулирование персонала). Как эти элементы помогают планировать и контролировать программу повышения энергоэффективности?

**Тема 2. Энергосбережение в теплоэнергетике**

**1 Устный опрос на лекции**

Перечень вопросов для устного опроса:

1. Назовите основные технические мероприятия, позволяющие уменьшить удельный расход условного топлива на отпуск тепловой энергии в паровых и водогрейных котельных.
2. Почему возврат конденсата от технологических потребителей является одной из самых эффективных мер экономии топлива и ресурсов?
3. В чём заключается термодинамическое и экономическое преимущество комбинированной выработки электрической и тепловой энергии на ТЭЦ по сравнению с раздельной (котельная + КЭС)?
4. Опишите основные типы утилизационных установок, используемых для полезного использования физического тепла отходящих газов металлургических агрегатов (конвертеров, нагревательных печей, ДСП) с выработкой пара и горячей воды.
5. Какие источники низкопотенциального тепла (температурой 25–60 °C) имеются на типичном металлургическом заводе (например, оборотная вода, воздух систем охлаждения, очищенные сточные воды)?

**3 Подготовка реферата**

Рефераты подготавливаются в рамках часов, отведенных на самостоятельную работу обучающихся, с целью определения степени усвоения материалов лекций, а также выполнения самостоятельной работы.

Примерные темы рефератов:

1. Структура энергопотребления металлургического предприятия полного цикла и методы её анализа.
2. Нормирование удельных расходов топливно-энергетических ресурсов в металлургическом производстве.
3. Энергетический менеджмент по ISO 50001 на промышленном предприятии: внедрение и оценка эффективности.
4. Автоматизированные системы учёта и управления энергоресурсами (АСКУЭ) как инструмент энергосбережения.
5. Показатели энергоэффективности и бенчмаркинг в чёрной металлургии.
6. Классификация и потенциал вторичных энергоресурсов в чёрной металлургии.
7. Современные технологии утилизации физического тепла доменного и конвертерного шлаков.
8. Использование доменного и коксового газов в энергетических установках металлургических предприятий.

9. Котлы-утилизаторы за кислородными конвертерами: конструктивные особенности и режимы работы.

10. Сухая грануляция доменного шлака как перспективный способ выработки пара.

11. Энергосберегающие технологии в доменном производстве.

12. Сравнительный анализ энергоэффективности конвертерного и электросталеплавильного способов производства стали.

13. Снижение удельного расхода электроэнергии в дуговых сталеплавильных печах.

14. Роль непрерывной разливки стали в снижении энергоёмкости металлопрокатного передела.

15. Повышение эффективности использования топлива в нагревательных и термических печах прокатного производства.

16. Системы оборотного водоснабжения металлургических цехов: экономия воды и снижение теплового загрязнения.

17. Сбор, очистка и возврат конденсата в системах производственного пароснабжения.

18. Ресурсосбережение при эксплуатации огнеупорных материалов в высокотемпературных агрегатах.

19. Повышение КПД паровых и водогрейных котельных за счёт оптимизации режимов и утилизации тепла уходящих газов.

20. Применение частотно-регулируемого электропривода на тягодутьевых, насосных и компрессорных установках.

21. Тепловые насосы в системах теплоснабжения промышленных предприятий: схемы, эффективность, источники низкопотенциального тепла.

22. Когенерационные и парогазовые установки на базе металлургических ТЭЦ: термодинамические и экономические преимущества.

23. Применение кислорода в металлургических процессах как способ сокращения удельного расхода топлива.

24. Моделирование теплового баланса технологического агрегата с целью выявления резервов экономии энергии.

25. Оценка потенциала снижения выбросов парниковых газов при реализации энергосберегающих мероприятий в чёрной металлургии.

Объем реферата составляет 10 – 15 страниц машинописного текста формата А4, шрифт Times New Roman 14 пт, междустрочный интервал – полуторный.

Реферат загружается обучающимся в СУО СибГИУ.

## 4 Выполнение практических работ

Задания для практических работ, теоретический и методический материал для самостоятельного изучения и вопросы для собеседования представлены в методических указаниях к практическим занятиям.

Задача 1. Экономия топлива при подогреве воздуха в нагревательной печи

В методической печи для нагрева стальных заготовок сжигается природный газ с низшей теплотворной способностью $Q_r^р$ = 35 МДж/нм³. Часовой расход топлива B = 2000 нм³/ч. Уходящие дымовые газы имеют температуру $t_{ух}$ = 800 °C. Для утилизации их теплоты установлен рекуператор, в котором воздух, необходимый для горения, подогревается от $t_{хол}$ = 20 °C до $t_{под}$ = 400 °C. Теоретически необходимое количество воздуха $V_0$ = 9,5 м³/м³ газа, коэффициент избытка воздуха α = 1,15. Средние объёмные теплоёмкости: дымовых газов $c_{ух}$ = 1,4 кДж/(м³·К), воздуха $c_{возд}$ = 1,3 кДж/(м³·К). КПД печи принять η = 0,8. Определите экономию топлива (в %) и годовую экономию природного газа в тыс. нм³ при 7000 ч работы в год.

Задача 2. Эксергетический анализ парового котла

Паровой котёл производит D = 50 т/ч насыщенного пара с давлением P = 1,3 МПа ($t_{нас}$ = 191,6 °C; энтальпия $h_{пар}$ = 2787 кДж/кг; энтропия $s_{пар}$ = 6,47 кДж/(кг·К)). Питательная вода имеет температуру $t_{пв}$ = 105 °C ($h_{пв}$ = 440 кДж/кг; $s_{пв}$ = 1,36 кДж/(кг·К)). Котёл работает на природном газе ($Q_r^р$ = 35 МДж/нм³) с коэффициентом избытка воздуха α = 1,2; расход газа B = 3600 нм³/ч. Температура уходящих газов $t_{ух}$ = 150 °C. Объём уходящих газов на 1 нм³ топлива $v_{ух}$ = 12,5 м³/м³, средняя теплоёмкость $c_{ух}$ = 1,45 кДж/(м³·К). Температура окружающей среды $t_{ос}$ = 15 °C. Удельную эксергию природного газа принять равной $e_{топл} = 0{,}95 \cdot Q_r^р$. Определите: эксергию потока пара и эксергетический КПД котла; потери эксергии с уходящими газами (по формуле $\Delta \dot{E}_{ух} = \dot{V}_{ух} \cdot c_{ух} \cdot [\,(t_{ух} - t_{ос}) - T_{ос} \cdot \ln(T_{ух}/T_{ос})\,]$, где температуры в Кельвинах); долю потерь с уходящими газами от подведённой эксергии топлива и сделайте вывод о главном источнике необратимости.

Задача 3. Сокращение водопотребления в оборотной системе охлаждения

Оборотная система охлаждения прокатного стана имеет циркуляционный расход $G_{цирк}$ = 5000 м³/ч. Потери на испарение в градирне составляют $P_{исп}$ = 1,5 %, капельный унос $P_{ун}$ = 0,2 % от циркуляционного расхода. Коэффициент упаривания (циклов концентрирования) на данный момент K = 3. Солесодержание подпиточной воды $S_{подп}$ = 300 мг/л, предельно допустимое в циркуляционной воде $S_{max}$ = 900 мг/л. Тариф на свежую воду – 20 руб/м³, на водоотведение – 15 руб/м³. Число часов работы – 8000 ч/год. Определите: текущий объём подпитки и продувки (м³/ч); как изменятся подпитка и продувка, если за счёт ингибирования коэффициент упаривания повысить до K = 5; годовую экономию свежей воды (руб.) и снижение платы за сброс.

Задача 4. Энергосбережение за счёт частотного регулирования дымососа

Центробежный дымосос котла приводится асинхронным двигателем номинальной мощностью $N_{ном}$ = 500 кВт. График работы: 80 % времени требуется 70 % номинального расхода, 20 % времени – 100 % расхода. При дроссельном регулировании потребляемая мощность приближённо линейно зависит от расхода ($N_{др} = N_{ном} \cdot Q/Q_{ном}$). При частотном регулировании справедлива зависимость $N_{чрп} = N_{ном} \cdot (Q/Q_{ном})^3$. Годовой фонд рабочего времени 6000 ч, тариф на электроэнергию – 5 руб/кВт·ч. Определите: годовое

потребление электроэнергии при дроссельном и частотном регулировании; годовую экономию электроэнергии (кВт·ч) и в денежном выражении (руб.).

Задача 5. Когенерация на базе газопоршневой установки

Для металлургического завода рассматривается установка газопоршневого агрегата электрической мощностью 2 МВт. Электрический КПД установки ηэ = 40 %, тепловой ηт = 45 %. Топливо – природный газ $Q_r^р$ = 35 МДж/нм³. Раздельное производство: электроэнергия от сети (КПД с учётом генерации и потерь 35 %), тепло от собственной котельной (КПД 90 %). Условное топливо имеет теплотворную способность 29,3 МДж/кг. Число часов использования установки – 8000 ч/год. Определите: экономию первичного топлива (в %) при переходе от раздельной схемы к когенерации; годовую экономию условного топлива (т у.т./год).

Задача 6. Использование избыточного коксового газа для выработки электроэнергии

На металлургическом заводе излишки коксового газа в объёме V = 10 000 нм³/ч сжигаются на факеле. Состав газа: $H_2$ = 60 %, $CH_4$ = 25 %, CO = 5 %, $CO_2$ = 3 %, $N_2$ = 7 %. Низшая теплотворная способность $Q_r^р$ = 18 МДж/нм³. Предлагается установить газопоршневые электростанции с электрическим КПД ηэ = 38 %. Годовой фонд работы – 8000 ч. При замещении сетевой электроэнергии считать удельные выбросы $CO_2$ равными 0,5 т/(МВт·ч). Определите: возможную электрическую мощность и годовую выработку электроэнергии; годовое сокращение выбросов $CO_2$ (учесть, что выбросы от сжигания газа в двигателе равны выбросам от факела, а произведённая электроэнергия замещает сетевую).

Задача 7. Определение экономической толщины теплоизоляции паропровода

Паропровод наружным диаметром d = 0,219 м с температурой пара tп = 250 °C проложен в помещении с температурой tос = 20 °C. Коэффициент теплоотдачи от поверхности изоляции α = 10 Вт/(м²·К). Теплопроводность изоляционного материала λ = 0,05 Вт/(м·К). Стоимость изоляции «в деле» Сиз = 15 000 руб/м³, нормативный коэффициент эффективности капиталовложений Ен = 0,15, срок службы изоляции 5 лет. Стоимость тепловой энергии Ст = 800 руб/ГДж, число часов работы паропровода 8000 ч/год. Пользуясь методом приведённых затрат на 1 м длины паропровода (З = Ен·К + И, где К – капитальные затраты на изоляцию, И – годовая стоимость тепловых потерь), определите оптимальную толщину изоляции δопт с точностью до 10 мм. Потери теплоты рассчитывать по формуле для цилиндрической стенки с конвективной теплоотдачей:

$q_{□} = \pi \cdot (t_п - t_{ос}) / [\ 1/(2\lambda) \cdot \ln(D/d) + 1/(\alpha \cdot D)\ ]$, где D = d + 2δ (в метрах).

Задача 8. Повышение выхода годного при непрерывной разливке стали

Годовой объём разливаемой жидкой стали на МНЛЗ составляет Мж = 2 млн т. Фактический выход годных слябов (отношение массы годного проката к массе жидкой стали) равен βтек = 96,5 %. Удельный расход условного топлива на выплавку 1 т жидкой стали (с учётом коксового, доменного и сталеплавильного переделов) составляет b = 0,7 т у.т./т. Выбросы $CO_2$ по всей

технологической цепочке в расчёте на 1 т жидкой стали оцениваются в mCO2 = 1,8 т $CO_2$. Определите годовую экономию: жидкой стали (т); условного топлива (т у.т.); выбросов $CO_2$ (т), если в результате совершенствования технологии выход годного будет повышен до βнов = 98,0 %.

Задача 9. Бенчмаркинг удельного энергопотребления дуговой сталеплавильной печи (ДСП)

Завод эксплуатирует ДСП-120 со следующими удельными показателями на 1 т жидкой стали: электроэнергия – 450 кВт·ч/т; природный газ на горелки – 15 нм³/т; кислород – 35 нм³/т.

Справочные показатели наилучших доступных технологий (НДТ) для аналогичной печи: электроэнергия – 350 кВт·ч/т; природный газ – 8 нм³/т; кислород – 40 нм³/т.

При пересчёте в первичную энергию принимаются следующие эквиваленты: 1 кВт·ч электроэнергии = 9 МДж первичной энергии (с учётом генерации), 1 нм³ природного газа = 35 МДж первичной энергии, 1 нм³ кислорода ≈ 1,5 кВт·ч электроэнергии, затраченной на его производство.

Определите: структуру удельного потребления первичной энергии (МДж/т) для фактических и эталонных показателей; суммарный удельный расход первичной энергии для обоих случаев и потенциал его снижения (в %); предложите не менее трёх технических мероприятий, позволяющих приблизиться к показателям НДТ.

Задача 10. Энергоёмкость и углеродный след первичного и вторичного алюминия

Производство 1 т первичного алюминия требует 15 МВт·ч электроэнергии и 0,5 т у.т. тепловой энергии. Производство 1 т вторичного алюминия (из лома) требует 0,7 МВт·ч электроэнергии и 0,1 т у.т. тепловой энергии. Удельные выбросы $CO_2$: сетевая электроэнергия – 0,45 т $CO_2$/(МВт·ч), сжигание условного топлива – 2,8 т $CO_2$/т у.т. Завод выпускает 100 000 т алюминиевых сплавов в год, используя 70 % первичного и 30 % вторичного алюминия. Определите: средний удельный расход электроэнергии и выбросы $CO_2$ на 1 т готовой продукции при текущей структуре сырья; как изменятся эти показатели, если долю вторичного сырья увеличить до 50 %; годовую экономию электроэнергии (МВт·ч) и снижение выбросов $CO_2$ (т/год) при реализации данного мероприятия.

## 5 Решение кейс-задач

Решение кейс-задач (ситуационных задач) проводится на практических занятиях с целью определения степени усвоения материалов лекций и практических занятий.

Кейс-задачи (ситуационные задачи):

Кейс 1. Выбор направления утилизации доменного газа.

На металлургическом комбинате полного цикла доменный газ используется частично: 60 % сжигается в воздухонагревателях доменных печей и заводской ТЭЦ, остальное сбрасывается на свечу.

Калорийность доменного газа 3,2 МДж/м³, объём избытка – 200 тыс. м³/ч. Предлагаются два варианта использования избытка:

1) расширение паросиловой ТЭЦ с дополнительной выработкой 25 МВт электрической мощности;

2) строительство газотурбинной установки, работающей на смеси доменного и природного газов, электрической мощностью 40 МВт (с долей доменного газа 70 % по теплу).

Оцените технические риски и экономическую эффективность обоих вариантов с точки зрения ресурсосбережения. Какие исходные данные потребуются дополнительно для принятия решения?

Кейс 2. Оценка потенциала экономии топлива при возврате конденсата

Заводская котельная вырабатывает 50 т/ч насыщенного пара давлением 1,2 МПа, который подаётся в технологические цеха. Возврат конденсата отсутствует: весь конденсат сливается, а котельная питается химочищенной водой температурой 10 °С. Предлагаемый проект предусматривает сбор и возврат 60 % конденсата с температурой 80 °С.

Исходные данные: энтальпия пара 2780 кДж/кг, энтальпия котловой воды (при температуре насыщения) 800 кДж/кг, КПД котла 90 %. Рассчитайте годовую экономию условного топлива (8000 ч работы) и сокращение расхода химочищенной воды. Какие меры необходимо предусмотреть для обеспечения безопасности возврата конденсата от металлургических агрегатов?

Кейс 3. Выбор между частотно-регулируемым приводом и дросселированием

Питательный насос котельной подаёт 200 м³/ч воды с напором 100 м. Насос работает с постоянной скоростью, регулирование расхода осуществляется задвижкой, которая прикрыта на 40 %. При номинальном режиме насос потребляет 90 кВт. Предлагается установить частотно-регулируемый привод (ЧРП), который позволит снизить частоту вращения до уровня, обеспечивающего требуемые 120 м³/ч (реальный средний расход) без дросселирования.

Оцените годовую экономию электроэнергии (8000 ч/год) и срок окупаемости ЧРП, если его стоимость составляет 1,5 млн руб., тариф на электроэнергию – 5 руб./кВт·ч. Как изменится потребляемая мощность насоса при снижении расхода с сохранением напора (используйте законы подобия насосов)?

Кейс 4. Анализ эффективности установки котла-утилизатора за нагревательной печью

Нагревательная печь прокатного стана расходует 10 000 м³/ч природного газа (теплотворная способность 35 МДж/м³). Температура уходящих газов 800 °С. Расход дымовых газов оценивается в 11 000 нм³ на 1 м³ сожжённого газа. Предлагается установить котел-утилизатор, который охладит газы до 200 °С и выработает насыщенный пар (энтальпия пара 2780 кДж/кг, температура питательной воды 105 °С,

КПД котла-утилизатора 85 %). Полученный пар будет замещать пар из заводской котельной, где КПД составляет 88 %.

Рассчитайте годовую выработку пара в котле-утилизаторе (8000 ч работы) и экономию условного топлива на котельной. Какие ограничения необходимо учитывать при выборе температуры уходящих газов (точка росы, коррозия)?

Кейс 5. Энергоаудит и выявление резервов в котельной

При энергетическом обследовании водогрейной котельной мощностью 50 Гкал/ч зафиксированы следующие фактические параметры:

1) температура уходящих газов за котлами 180 °C (по режимной карте должна быть 130 °C);
2) коэффициент избытка воздуха в уходящих газах 1,6 (нормативное значение 1,2);
3) температура наружных поверхностей котлов 60 °C при норме 45 °C;
4) работа сетевых насосов с постоянной скоростью и регулированием расхода задвижками, фактический средний расход теплоносителя на 20 % ниже номинального.

Оцените, какие мероприятия следует предложить для повышения эффективности. Оцените качественно (с указанием механизма) ожидаемую экономию топлива от приведения температуры уходящих газов и избытка воздуха к нормативу. Какой инструментальный контроль необходим для подтверждения эффекта после внедрения мероприятий?

## 6 Вопросы к экзамену для промежуточной аттестации

1. Классификация вторичных энергоресурсов (ВЭР) в чёрной металлургии. Горючие, тепловые и ВЭР избыточного давления: источники образования и направления использования.

2. Основные показатели энергопотребления металлургического предприятия: абсолютные, удельные, сквозные энергоёмкости продукции. Методика их расчёта на примере производства стали.

3. Энергетический баланс промышленного предприятия: методика составления, анализ расходной части баланса, выявление потерь и нерациональных затрат.

4. Система энергетического менеджмента по ISO 50001: структура, цикл PDCA, энергополитика, энергоанализ, энергоцели и индикаторы, внутренние аудиты.

5. Нормирование расхода топливно-энергетических ресурсов на технологические процессы и продукцию. Опытно-статистический, расчётно-аналитический и расчётно-статистический методы.

6. Энергоаудит (энергетическое обследование) как инструмент выявления резервов экономии. Виды, этапы, инструментальное обеспечение, оформление результатов.

7. Стимулирование энергосбережения на предприятии: экономические механизмы, системы премирования, ценообразование на энергоресурсы, внутризаводские «цеховые» тарифы.

8. Основные направления энергосбережения в доменном производстве: сокращение расхода кокса, использование давления колошникового газа, утилизация тепла шлака.

9. Энергосберегающие технологии в сталеплавильном производстве: переход от мартеновского способа к конвертерному и электросталеплавильному, внепечная обработка, непрерывная разливка стали.

10. Повышение энергоэффективности в прокатном переделе: снижение угара металла, оптимизация режимов нагрева заготовок, рекуперативный подогрев воздуха в нагревательных печах.

11. Теплоутилизационные установки за металлургическими агрегатами: котлы-утилизаторы за конвертерами, за нагревательными печами, за дуговыми сталеплавильными печами (ДСП). Конструктивные особенности, режимы работы, «узкие места».

12. Использование горючих ВЭР на металлургических заводах: утилизация доменного, коксового и конвертерного газов в котельных, ТЭЦ и газотурбинных установках. Проблемы непостоянства состава и расхода.

13. Утилизация низкопотенциального тепла в промышленной теплоэнергетике. Тепловые насосы: принцип действия, коэффициент преобразования (COP), источники низкопотенциального тепла на металлургическом заводе.

14. Когенерация и тригенерация на базе газотурбинных и парогазовых установок. Термодинамические преимущества перед раздельной выработкой энергии. Показатель КИТТ (коэффициент использования теплоты топлива).

15. Энергосбережение в системах теплоснабжения промышленных предприятий: снижение потерь в тепловых сетях, замена теплоизоляции, оптимизация гидравлических режимов.

16. Возврат конденсата и его влияние на эффективность паровых систем. Технические, экологические и экономические аспекты. Проблемы загрязнения конденсата на металлургических переделах.

17. Частотно-регулируемый электропривод в теплоэнергетических системах: насосные, вентиляторные, компрессорные установки. Эффект от замены дроссельного и направляющего регулирования.

18. Водооборотные циклы металлургических предприятий. Схемы, оборудование (градирни, пруды-охладители), нормы качества воды, способы сокращения подпиточной воды и уменьшения сбросов.

19. Организационно-технические мероприятия по энергосбережению: учёт, обучение персонала, визуализация потребления, соревнование между цехами. Оценка экономического эффекта.

20. Применение автоматизированных систем коммерческого и технического учёта энергоресурсов (АСКУЭ, АСТУЭ) как базиса энергоменеджмента и снижения небалансов.

21. Эксергетический метод оценки эффективности теплоэнергетических и металлургических процессов. Понятие эксергии, эксергетического КПД, виды эксергии. Преимущества эксергетического анализа перед энергетическим балансом при выявлении источников необратимых потерь в высокотемпературных агрегатах.

22. Глубокое охлаждение уходящих дымовых газов ниже точки росы (конденсационные теплоутилизаторы). Физические основы, ограничения по коррозии, достигаемая экономия топлива, сферы применения на металлургических котельных и печах.

23. Регенеративные и рекуперативные горелочные устройства с высокотемпературным подогревом воздуха. Схема, принцип действия, достигаемый коэффициент рекуперации тепла и экономия топлива в нагревательных и термических печах.

24. Кислородное дутьё в металлургии как фактор энергосбережения: применение в конвертерах, доменных печах (вдувание кислорода) и дуговых сталеплавильных печах (кислородные фурмы). Влияние на тепловой баланс, производительность и удельный расход энергоносителей.

25. Энергосберегающие технологии в электросталеплавильном производстве: предварительный подогрев металлолома отходящими газами (системы Consteel, шахтные печи), ведение плавки с использованием пенистых шлаков, альтернативные источники энергии (инжекция угля и карбидов). Влияние на удельный расход электроэнергии.

26. Водородная металлургия как перспективное направление декарбонизации и ресурсосбережения. Процесс прямого восстановления железа водородом (DRI), сравнение энергоёмкости и выбросов с традиционной доменно-конвертерной схемой. Готовность технологий и инфраструктурные ограничения.

27. Принципы циркулярной экономики в чёрной металлургии. Вовлечение в хозяйственный оборот шлаков, окалины, колошниковой пыли, отслуживших огнеупоров. Роль замкнутых материальных циклов в снижении первичных энергозатрат на добычу и переработку сырья.

28. Энергосбережение в системах производства и распределения сжатого воздуха на металлургических предприятиях. Основные потребители, структура потерь (утечки, дросселирование, осушка), технические и организационные мероприятия по сокращению удельного расхода электроэнергии на выработку сжатого воздуха.

29. Влияние качества железорудного сырья и кокса на удельный расход энергии в доменной плавке. Роль подготовки сырья (агломерация, производство окатышей) и применения высококачественного кокса в снижении расхода кокса и повышении производительности печей.

30. Теплоаккумулирующие системы в теплоэнергетике металлургических заводов. Типы аккумуляторов (ёмкостные водяные, паровые аккумуляторы Рутса, фазопереходные), их роль в выравнивании графиков потребления пара и повышении эффективности утилизационных установок.