

**Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

**Направление подготовки/специальность: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника**

**Наименование образовательной программы: Промышленная и коммунальная теплоэнергетика**

**Уровень образования: высшее образование - бакалавриат**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Разработка и анализ энергобалансов**

**Москва  
2023**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Юркина М.Ю.
	Идентификатор	Rde0d4378-YurkinaMY-bacca4c0

(подпись)

М.Ю.  
Юркина

(расшифровка  
подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Горелов М.В.
	Идентификатор	Re923e979-GorelovMV-5a218dd2

(подпись)

М.В.  
Горелов

(расшифровка  
подписи)

Заведующий  
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Гаряев А.Б.
	Идентификатор	R75984319-GariayevAB-a6831ea7

(подпись)

А.Б. Гаряев

(расшифровка  
подписи)

## ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки: достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. ПК-2 способен участвовать в разработке отдельных разделов проектно-конструкторских расчетов теплотехнических и теплотехнологических систем на промышленных предприятиях и объектах жилищно-коммунальной сферы на основе нормативной документации с использованием современных программных средств

ИД-2 вычисляет основные составляющие энергетических балансов технологических схем и оборудования

ИД-3 выполняет тепловые и гидравлические расчеты технологических систем, процессов и оборудования

2. ПК-3 Способен участвовать в разработке мероприятий по энерго- и ресурсосбережению в теплотехнологических системах и системах обеспечения жизнедеятельности промышленных предприятий и объектов жилищно-коммунальной сферы с оценкой их энергетической, экономической и экологической эффективности

ИД-1 Проектирует изменения теплотехнических и теплотехнологических схем на объектах для реализации типовых энергосберегающих мероприятий

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Письменная работа

1. Контрольная работа № 1 (Контрольная работа)
2. Контрольная работа №2 (Контрольная работа)
3. Тест №1 «Терминология, основные виды, схемы, типовое оборудования теплоэнергетических и теплотехнологических систем предприятий». (Тестирование)
4. Тест №2 "Энергообеспечение предприятий и жилых районов» (Тестирование)

Форма реализации: Устная форма

1. Устный (Кейс (решение конкретных производственных ситуаций))

## БРС дисциплины

7 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %					
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
	Срок КМ:	4	8	12	13	15
Введение						
Введение. Классификация систем и оборудования при производстве, транспортировании и потреблении ТЭР					+	

Общие сведения					
Запасы, масштабы и эффективность производства и потребления ТЭР	+	+			+
Энергетические балансы					
Назначение, виды, методы и способы составления балансов		+			
Показатели эффективности					
Материальные, тепловые, энергетические и эксергетические балансы, показатели эффективности использования ТЭР энергетических объектов.			+	+	+
Потери в тепловых и электрических сетях					
Тепловые, электрические и гидравлические потери, эффективность транспортирования энергии в тепловых и электрических сетях				+	
Показатели эффективности использования ТЭР технологических объектов					
Материальные, тепловые, энергетические и эксергетические балансы, показатели эффективности использования ТЭР технологических объектов		+			
Показатели эффективности использования ТЭР на объектах ЖКХ					
Материальные, тепловые, энергетические балансы, показатели эффективности использования ТЭР на объектах ЖКХ				+	+
Энергетический аудит					
Методы, способы и средства сбора, обработки и анализа информации о потреблении ТЭР при проведении энергоаудита				+	
Проблемы и перспективы потребления ТЭР					
Проблемы и перспективы потребления ТЭР в энергетике, технологии и ЖКХ				+	
Вес КМ:	10	20	20	20	30

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

## СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

### *I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций*

Индекс компетенции	Индикатор	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Контрольная точка
ПК-2	ИД-2ПК-2 вычисляет основные составляющие энергетических балансов технологических схем и оборудования	Знать: основные термины, определения и понятия применительно к элементам и схемам теплоэнергетических и теплотехнологических систем, тепловым сетям, системам энергоснабжения на промышленных предприятиях и объектах жилищно-коммунальной сферы; перечень и основное содержание нормативно-правовых и нормативно-технических документов, содержащих нормативные показатели, необходимые для расчета или инструментального определения составляющих энергобалансов предприятий	Тест №1 «Терминология, основные виды, схемы, типовое оборудования теплоэнергетических и теплотехнологических систем предприятий». (Тестирование) Тест №2 "Энергообеспечение предприятий и жилых районов» (Тестирование) Контрольная работа №2 (Контрольная работа)

		<p>(потребителей) при их проектировании, эксплуатации, модернизации и реконструкции;</p> <p>Уметь:</p> <p>рассчитывать основные составляющие энергетических балансов технологических схем и оборудования для промышленных предприятий и объектов жилищно-коммунальной сферы.</p>	
ПК-2	ИД-3ПК-2 выполняет тепловые и гидравлические расчеты технологических систем, процессов и оборудования	<p>Знать:</p> <p>принципы процесса производства, передачи, распределения и потребления электроэнергии, теплоты, холода, сжатых газов, пара и жидкостей, основы конструктивного выполнения элементов тепловых сетей, электроснабжения предприятий, принципиальные схемы типовых систем топливоснабжения, теплоснабжения, холодного и горячего</p>	Контрольная работа №2 (Контрольная работа) Устный (Кейс (решение конкретных производственных ситуаций))

		<p>водоснабжения, снабжения сжатыми газами сетей и их основные конструктивные и режимные параметры;</p> <p>Уметь:</p> <p>строить типовые схемы, процессы и циклы в термодинамических диаграммах фазового состояния рабочих тел и обрабатываемых веществ и материалов, проектировать типовые теплоэнергетические и теплотехнологические системы и их элементы; рассчитывать, подбирать и выбирать типовое оборудование, режимы работы и параметры теплоэнергетических и теплотехнологических систем и оборудования:</p>	
ПК-3	<p>ИД-1<sub>ПК-3</sub> Проектирует изменения теплотехнических и теплотехнологических схем на объектах для реализации типовых энергосберегающих мероприятий</p>	<p>Знать:</p> <p>терминологию: энергетическое обследование, экспресс- и углубленный энергоаудит объектов различного назначения; методы оценки состояния энергохозяйства, масштабов и</p>	<p>Контрольная работа № 1 (Контрольная работа)</p> <p>Контрольная работа №2 (Контрольная работа)</p>

		<p>эффективности использования ТЭР на объектах, разработки резервов экономии ТЭР. Уметь: разрабатывать схемы теплотехнологических систем и систем жизнедеятельности промышленных предприятий и объектов жилищно-коммунальной сферы с учетом внедрения мероприятий по энерго- и ресурсосбережению.</p>	
--	--	---	--



## II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

**КМ-1. Тест №1 «Терминология, основные виды, схемы, типовое оборудования телоэнергетических и теплотехнологических систем предприятий».**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** выбор верного ответа из предложенного списка

**Краткое содержание задания:**

1. В какой(их) из математических формулировок первого закона термодинамики содержится составляющая технической работы, совершаемой системой?

a)  $dq = du + p dv$ ;

б)  $dq = dh - v dp$ ;

в)  $Tds = dh - v dp$ ;

г)  $Tds = du + p dv$ .

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: основные термины, определения и понятия применительно к элементам и схемам теплоэнергетических и теплотехнологических систем, тепловым сетям, системам энергоснабжения на промышленных предприятиях и объектах жилищно-коммунальной сферы;	1.2. Какое(ие) из уравнений являе(ю)тся выражением первого закона термодинамики (сохранения энергии) для потока вещества? 3.Како(и)е из выражений позволяе(ю)т рассчитать приближенно удельную изобарную энтальпию перегретого пара рабочего тела в области, если за точку отсчета принять температуру жидкости $t_0$ ?
---	--

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено*

**КМ-2. Контрольная работа № 1**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

## Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студент решает задачу, поясняя выполненный порядок действий и полученный ответ

### Краткое содержание задания:

Составить схему теплоснабжения объекта, определить количество полученной теплоты потребителем и отпущенной источником теплоснабжения при следующих исходных данных:

Технологическая нагрузка - 10 МВт, Отопительная - 5 МВт, Вентиляционная - 10 МВт, Горячее водоснабжение - 1,5 МВт. В технологии используется пар 0,4 МПа. С коллектора внешней котельной отпускается насыщенный пар 1,0 МПа, в ЦТП предприятия приходит практически насыщенный пар ) 0,7 МПа. Доля возврата конденсата - 65 %. В независимых открытых системах отопления и вентиляции - сетевая вода 95/70 оС. Воду для системы горячего водоснабжения нагревают в водо-водяном смесительном подогревателе (элеваторе). Тепловые потери от трубопроводов на территории предприятия - 10 % от общей нагрузки потребителя.

### Контрольные вопросы/задания:

<p>Знать: терминологию: энергетическое обследование, экспресс- и углубленный энергоаудит объектов различного назначения;</p>	<ol style="list-style-type: none"><li>1.1. Напишите формулы для расчета электрического и термического КПД ТЭЦ с паросиловым циклом!</li><li>2. Перечислите традиционные и перспективные направления повышения КПД тепловых электростанций?</li><li>3. Назовите основные виды потерь теплоты в промышленных печах, выпарных, ректификационных, конвективных сушильных установках, холодильных машинах.</li><li>4. В каких из этих видов промышленного оборудования эффективным является регенеративное использование теплоты? В каких его применение ограничено и почему?</li><li>5. Какие составляющие тепловых балансов промышленных печей, конвективных сушильных, выпарных и ректификационных установок следует относить к полезным и какие к потерям?</li><li>6. Повлияет ли установка котла-утилизатора за печью на расход потребляемого ею топлива?</li><li>7. Докажите, что комбинированное производство электроэнергии и теплоты требует меньших затрат топлива, чем раздельное, если потери при транспортировании энергии в обоих случаях одинаковы?</li><li>8. Каковы преимущества оборотных систем технического водоснабжения по сравнению с прямоточными?</li><li>9. Назовите основные направления энергосбережения на предприятиях, имеющих централизованные системы снабжения сжатым воздухом?</li><li>10. Какие из известных вам способов энергосбережения в системах вентиляции и кондиционирования воздуха (рециркуляция, регенеративный подогрев приточного воздуха</li></ol>
--	---

	<p>воздухом, удаляемым из помещений, в ВВТУ, системах ЖВТУ с промежуточным теплоносителем и др.) могут найти применение на промышленных предприятиях? Какие ограничения существуют для этого?</p> <p>11. Составьте уравнение теплового баланса для трехкорпусной выпарной установки, вторичный пар из последнего корпуса которой направляется в конденсатор!</p> <p>12. Составьте уравнение теплового баланса конвективной сушильной установки непрерывного действия, работающей на смеси топочных газов и воздуха!</p> <p>13. Можно ли, повысив глубину переработки колчедана в производстве серной кислоты, одновременно снизить вредные выбросы от этого производства в атмосферу? Если да, то каким способом?</p> <p>14. Перечислите основные стадии производства аммиака, в которых реализованы принципы регенеративного и внешнего теплоиспользования?</p> <p>15. Перечислите основные виды тепловых потерь в аппаратах с погружными горелками! Почему затруднено использование теплоты парогазовой смеси за аппаратами этого типа? Как можно решить эту проблему?</p> <p>16. Какие виды теплообмена имеют место при работе отопительных приборов и при транспорте нагретой вод по трубопроводу в помещении?</p> <p>17. Какие виды теплообмена следует учитывать при расчете тепловых потерь от трубопроводов, проложенных внутри и снаружи зданий?</p> <p>18. Почему тепловые потери с открытой поверхности нагретой жидкости значительно превышают потери теплоты от боковых стенок гальванической или травильной ванны, в которой эта жидкость находится?</p> <p>19. Оцените, сколько процентов от общих тепловых потерь могут составить потери теплоты от непокрытых тепловой изоляцией фланцевых соединений и задвижек, если на участке трубопровода длиной 100 м имеется 4 задвижки и 2 фланцевых соединения?</p>
<p>Уметь: разрабатывать схемы теплотехнологических систем и систем жизнедеятельности промышленных предприятий и объектов жилищно-коммунальной сферы с учетом внедрения мероприятий по энерго- и ресурсосбережению.</p>	<p>1. Составить схему теплоснабжения объекта, определить количество полученной теплоты потребителем и отпущенной источником теплоснабжения при следующих исходных данных: Технологическая нагрузка - 20 МВт, Отопительная - 15 МВт, Вентиляционная - 15 МВт, Горячее водоснабжение - 5 МВт. В технологии используется пар 0,4 МПа. С коллектора внешней котельной</p>

	<p>отпускается насыщенный пар 1,0 МПа, в ЦТП предприятия приходит практически насыщенный пар ) 0,7 МПа. Доля возврата конденсата - 85 %. В независимых открытых системах отопления и вентиляции - сетевая вода 95/70 оС. Воду для системы горячего водоснабжения нагревают в водоводяном смесительном подогревателе (элеваторе). Тепловые потери от трубопроводов на территории предприятия - 10 % от общей нагрузки потребителя.</p>
--	---

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения задания:* Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения задания:* Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения задания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

**КМ-3. Тест №2 "Энергообеспечение предприятий и жилых районов»**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** выбор верного ответа из предложенного списка или развернутый ответ на поставленный вопрос

**Краткое содержание задания:**

1. В СОСТАВ СИСТЕМЫ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ ВХОДЯТ:

- а) транспортное звено
- б) энергопотребляющие установки и приборы
- в) приемно-трансформирующее звено
- г) энергетический источник
- д) всё перечисленное

2. ВЫБЕРИТЕ НЕВЕРНОЕ УТВЕРЖДЕНИЕ

- а) В закрытой системе горячего водоснабжения горячая сетевая вода из подающего тепловой сети подается в установленные на вводе в здания теплообменные аппараты;
- б) В закрытой системе горячего водоснабжения горячая сетевая вода из подающей тепловой сети подается к водоразборным приборам;
- в) В открытой системе к водоразборным приборам подается горячая вода непосредственно из трубопроводов тепловой сети;
- г) все утверждения верные.

3. Системы комбинированного производства теплоты и электрической энергии – это (укажите верное определение)

- а) системы, в которых количество теплоты производят энергетические источники (котельные, автономные теплогенераторы), а электроэнергию (ТЭС, АЭС, КЭС).

- б) системы, в которых энергетический источник (ТЭЦ, ГТЭЦ, УТЭЦ) одновременно вырабатывает (по теплофикационному циклу) для потребителей теплоту и электроэнергию;
- в) системы, в которых энергетический источник (ТЭС, АЭС, КЭС) одновременно вырабатывает для потребителей теплоту и электроэнергию;
- г) нет верных утверждений.
4. Что входит в структуру системы теплоснабжения?

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Знать: перечень и основное содержание нормативно-правовых и нормативно-технических документов, содержащих нормативные показатели, необходимые для расчета или инструментального определения составляющих энергобалансов предприятий (потребителей) при их проектировании, эксплуатации, модернизации и реконструкции;</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.1. Какой из секторов экономики России потребляет наибольшее количество вырабатываемых в стране ТЭР?</li> <li>2. Какие из известных вам электростанций (паросиловые ТЭС, ГЭС, АЭС, ГТС, ПГС) вырабатывают большую часть электрической энергии в России? Известны ли вам страны, в которых основным источником электроэнергии являются АЭС?</li> <li>3. Какая доля добываемого в стране топлива потребляется промышленностью? Относите ли вы к промышленности энергетику?</li> <li>4. Какова доля вырабатываемой в стране электроэнергии расходуется на промышленное производство?</li> <li>5. Какая часть теплоты, производимой в стране, расходуется в промышленности?</li> <li>6. Какой еще из известных вам секторов экономики страны следует отнести к крупным потребителям энергоресурсов (жилищно-коммунальный сектор, транспорт, сельское хозяйство)?</li> <li>7. Назовите максимально достижимые значения КПД КЭС.</li> <li>8. Каковы максимально достижимые значения КПД парогазовых станций, вырабатывающих только электроэнергию?</li> <li>9. Какова доля разведанных мировых запасов топлива находится на территории России?</li> <li>10. Сколько процентов от населения всего земного шара составляют граждане России?</li> <li>11. Каков допустимый уровень потребления ресурсов биосферы? И какой величиной в процентах его оценивают в настоящее время?</li> <li>12. Возможен ли выход стран третьего мира на жизненный уровень, обеспеченный в наиболее развитых странах, без кардинального совершенствования современной технологии и существующего способа производства?</li> </ol>
--	--

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

*Оценка:* 4

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 60

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

*Оценка:* 3

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 50

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

## **КМ-4. Контрольная работа №2**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студент решает задачу, поясняя выполненный порядок действий и полученный ответ

**Краткое содержание задания:**

### **Задача №1**

**Составить** тепловую схему и уравнения теплового и материальных балансов для одноступенчатой выпарной установки с выпарными аппаратами поверхностного типа при следующих исходных данных:

$G_0 = 7,2$  т/ч;  $b_0 = 5\%$ ;  $b_1 = 25\%$ ;  $v_0 = 20$  ОС;  $v_1 = 59$  ОС;  $t_1 = 50$  ОС;  $t_{ов1} = 30$  ОС;  $t_{ов2} = 36$  ОС;  $t_{в1} = 20$  ОС;  $t_{в2} = 20$  ОС;  $\phi_{в1} = 60\%$ ;  $\phi_{в2} = 100\%$ ;  $t_0 = 130$  ОС;  $\tau_1 = 125$  ОС.

**Определить:**  $D_0$ ;  $W_1$ ;  $G_1$ ;  $Q_0$ ; долю теплоты греющего пара, теряемой через конденсатор и градирню в окружающую среду; КПД выпарного аппарата, если  $\Sigma Q_{ос} = 10\%$ , и КПИ теплоты греющего пара в установке, если теплота растворения  $\pm 5\%$   $Q_0$ .

**Рассчитать:** 1) как изменятся  $D_0$  и  $Q_0$ , КПД и КПИ, если одноступенчатую установку заменить двухступенчатой при тех же начальных и конечных параметрах раствора, температуре вторичного пара перед конденсатором и  $\Sigma Q_{ос} = 13\%$  ?

2) как изменятся  $D_0$  и  $Q_0$ , КПД и КПИ, если, кроме того,  $0,25 W_1$  за первой ступенью отбирать (экстрапар) на технологические нужды ?

3) Насколько снизится  $D_0$  в одноступенчатой установке, если исходный раствор нагревать в регенеративном подогревателе до  $v_1$  конденсатом греющего пара, и как это повлияет на КПД выпарного аппарата и КПИ?

4) Как изменится КПИ теплоты греющего пара в одноступенчатой установке, если применить струйный компрессор для повышения давления вторичного пара до значения, соответствующего  $t_0 = 110$  ОС при коэффициенте эжекции компрессора  $0,15$ , и использовать хотя бы части его в качестве греющего?

5) Как изменятся КПД выпарного аппарата и КПИ теплоты греющего пара в одноступенчатой установке, если доля пролетного пара в установке составит  $10\%$  ?

6) Как изменится КПИ теплоты греющего пара одноступенчатой установки, если вторичный пар направить на отопление, подогрев вентиляционного воздуха и приготовление горячей воды в системе горячего водоснабжения или в другом технологическом процессе с последующим сбросом его конденсата в систему химводоочистки или в канализацию?

7) Как изменится КПИ теплоты греющего пара в одноступенчатой установке, если применить пароконденсационную ТНУ (теплонасосную установку) с электроприводом для повышения давления вторичного пара до значения,

соответствующего  $t_0 = 110$  ОС при коэффициенте трансформации ТНУ  $\phi = 4$ , и использовать хотя бы часть его в качестве греющего?

8) Определить долю конденсата греющего пара, теряемую вследствие его вскипания при сбросе в открытый конденсатосборник, если температура конденсата на выходе из выпарного аппарата 125 ОС.

### Контрольные вопросы/задания:

<p>Знать: методы оценки состояния энергохозяйства, масштабов и эффективности использования ТЭР на объектах, разработки резервов экономии ТЭР.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.1. Что такое теплосчетчик? Каковы его основные элементы и блоки?</li> <li>2. Чем коммерческий учет энергии и энергоносителей отличается от технического?</li> <li>3. Какие типы расходомеров вам известны?</li> <li>4. Как можно рассчитать КПД паропровода?</li> <li>5. Какой из КПД системы транспорта теплоты как правило больше – проектный или фактический и почему?</li> <li>6. Во сколько раз расчетная отопительная нагрузка больше средней отопительного сезона?</li> <li>7. Как оценить вентиляционную нагрузку здания, если известна кратность воздухообмена?</li> <li>8. Как еще можно оценить этот вид нагрузки?</li> <li>9. Что такое удельные теплотери здания? Как по ним оценить отопительную нагрузку здания?</li> <li>10. Чем объясняются существенные различия значений максимальной и средней тепловой нагрузки промышленных систем горячего водоснабжения?</li> <li>11. Как можно рассчитать тепловые потери через ограждения тепломассообменного оборудования, если известны температуры на наружной поверхности тепловой изоляции?</li> <li>12. Могут ли тепловые потери через стенки и тепловую изоляцию паропровода или трубопроводы водяной тепловой сети зимой превышать их в летний период в два и более раз?</li> </ol>
<p>Уметь: рассчитывать основные составляющие энергетических балансов технологических схем и оборудования для промышленных предприятий и объектов жилищно-коммунальной сферы.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Определить тепловые потери при транспортировке теплоносителя по трубопроводу указанного диаметра и указанной длины при наличии изоляции</li> </ol>
<p>Уметь: рассчитывать, подбирать и выбирать типовое оборудование, режимы работы и параметры теплоэнергетических и теплотехнологических систем и оборудования:</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>Составить</b> тепловую схему и уравнения теплового и материальных балансов для одноступенчатой выпарной установки с выпарными аппаратами поверхностного типа при следующих исходных данных:  <math>G_0 = 7,2</math> т/ч; <math>b_0 = 5\%</math>; <math>b_1 = 25\%</math>; <math>v_0 = 20</math> ОС; <math>v_1 = 59</math> ОС; <math>t_1 = 50</math> ОС; <math>t_{ов1} = 30</math> ОС; <math>t_{ов2} = 36</math> ОС; <math>t_{в1} = 20</math> ОС; <math>t_{в2} = 20</math> ОС; <math>\phi_{в1} = 60\%</math>; <math>\phi_{в2} = 100\%</math>; <math>t_0 = 130</math> ОС; <math>\tau_1 = 125</math> ОС.  <b>Определить:</b> <math>D_0</math>; <math>W_1</math>; <math>G_1</math>; <math>Q_0</math>; долю теплоты греющего пара, теряемой через конденсатор и</li> </ol>

	градирню в окружающую среду; КПД выпарного аппарата, если $\Sigma Q_{ос} = 10\%$ , и КПИ теплоты греющего пара в установке, если теплота растворения $\pm 5\% Q_o$ .
--	--

### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено*

### КМ-5. Устный

**Формы реализации:** Устная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Кейс (решение конкретных производственных ситуаций)

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 30

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Подготовка материалов к проведению Деловой игры: «Разработка энергобаланса производственного корпуса»  
Распределение группы по командам  
Выбор и распределение ролей между участниками каждой из команд: Спикер, Эксперт, Художник-оформитель, Инженер  
Обсуждение алгоритма взаимодействий между участниками команды  
Обзор нормативной документации по рассматриваемой тематике

### Краткое содержание задания:

По выбранным исходным данным составить схему теплоэнергоснабжения предприятия (см. пример схемы на рис. 1).

Для упрощения задачи принять, что все производственные и административно-бытовые помещения размещаются в едином здании. Для тепловых пунктов, приточных и вытяжных вентиляционных камер выделить отдельные блоки здания, прилегающие к наружным стенам. Так же поступить с компрессорной и холодильной станциями, административно-бытовыми помещениями. Используя исходные данные, составить тепловые и материальные балансы для технологических установок. Для компрессионных и холодильных – энергетические. По ним определить расходы топлива, пара и других используемых энергоносителей и видов энергии.

Для расчета расхода топлива, пара или сетевой воды на отопление и вентиляцию по уравнениям теплового баланса системы отопления, приточных вентиляционных систем и тепловых завес необходимо предварительно определить отопительную и вентиляционную тепловые нагрузки.

Отопительную нагрузку определить по удельным теплотерям здания.

Вентиляционную – по заданному значению кратности воздухообмена или по удельной вентиляционной нагрузке.

### Контрольные вопросы/задания:



Знать: принципы процесса производства, передачи, распределения и потребления электроэнергии, теплоты, холода, сжатых газов, пара и жидкостей, основы конструктивного выполнения элементов тепловых сетей, электроснабжения предприятий, принципиальные схемы типовых систем топливоснабжения, теплоснабжения, холодного и горячего водоснабжения, снабжения сжатыми газами сетей и их основные конструктивные и режимные параметры;

- 1.1. Понятие о методе балансов. Виды балансов промышленных предприятий.
2. Тепловой и материальный балансы котельного агрегата. Показатели эффективности его работы.
3. Тепловой и материальный балансы выпарного аппарата. Показатели эффективности его работы.
4. Тепловой и материальный балансы ректификационной колонны. Показатели эффективности её работы.
5. Структура энергохозяйства промышленного предприятия. Распределение ТЭР на санитарно-технические и технологические нужды.
6. Обобщенная схема промышленного объекта как потребителя ТЭР. Его внешние и внутренние связи.
7. Графики энергопотребления. Методы расчета отопительно-вентиляционной, сантехнической и технологической нагрузки предприятия.
8. Понятие о материальном, тепловом, энергетическом и эксергетическом балансах промышленного объекта.
9. Понятие о КПД и КПИ ТЭР. Их связь с балансовыми уравнениями.
10. Тепловой и материальный балансы конвективной сушильной установки непрерывного действия (сушильный агент – воздух). Показатели эффективности ее работы.
11. Классификация промышленного оборудования. Виды энергопотребления промышленного предприятия.
12. Виды и назначение энергобалансов промышленных предприятий. Способы вычисления составляющих энергобалансов

Уметь: строить типовые схемы, процессы и циклы в термодинамических диаграммах фазового состояния рабочих тел и обрабатываемых веществ и материалов, проектировать типовые теплоэнергетические и теплотехнологические системы и их элементы;

1. Составить принципиальную схему теплоснабжения производственного здания

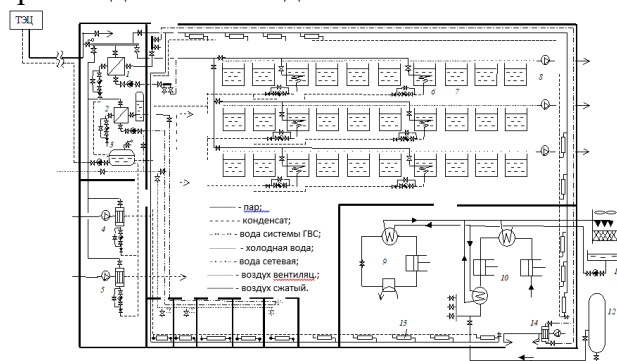


Рис. 1 Схема теплоэнергоснабжения промышленного объекта  
 1 – установка нагрева сетевой воды; 2 – водогрейная установка системы горячего водоснабжения; 3 – установка системы сбора и возврата конденсата; 4, 5 – приточная вентиляционная установка; 6, 7 – обогриваемая и не обогриваемая газальпинские ваны; 8 – вытяжная вентиляционная система; 10 – компрессорная установка; 9 – пароконденсационная установка; 11 – вентиляционная градирня; 12 – ресивер; 13 – регистр отопления; 14 – тепловая завеса

**Описание шкалы оценивания:**

Оценка: зачтено

Описание характеристики выполнения знания:

*Оценка: не зачтено*

*Описание характеристики выполнения знания:*

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

7 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Экзамен

**Пример билета**

Предложите схему тепло-и технического водоснабжения объекта, выберите параметры энергоносителей и диаметры трубопроводов, оцените мощность нагнетателей для их перемещения, составьте энергобаланс объекта и оцените эффективность использования ТЭР на объекте при проектной нагрузке, в отопительный и летний периоды по следующим исходным данным.

Теплоснабжение от ТЭЦ. Протяженность тепловых сетей до ЦТП предприятия 1500 м, от ЦТП до цеха 300 м. Способ прокладки сетей – надземный по эстакаде. Технологическое оборудование: 3 камеры для сушки 30 м<sup>3</sup> пиломатериалов в каждой. Греющий теплоноситель – пар насыщенный 0,4 МПа. Начальное влагосодержание материала 80 %, конечное 9 %. Расход пара на каждую сушилку в период прогрева материала (3 часа после включения) 1,5 т/ч, после выхода на режим 100 кг/ч. Расход воздуха на 1 камеру 40 м<sup>3</sup>/ч. Длительность процесса сушки загруженной партии материала – 1 неделя. Мощность прочего установленного электромеханического оборудования 75 кВт. Производственные помещения – 1 цех 120 х 20 х 8 м. Работают в 3 смены. Численность персонала 50 чел, в том числе 10 чел. – ИТР. Отопление паровое. Воздухоподогреватели приточных вентиляционных систем водяные. Кратность воздухообмена 4. Воздухоснабжение – от 3-х компрессоров (1 резервный) с воздушным охлаждением. Установленная мощность одного компрессора 25 кВт. Подогреватель сантехнической воды смесительного типа. Греющий теплоноситель – вода сетевая. Система горячего водоснабжения закольцованная.

**Процедура проведения**

Экзамен проводится в устной форме по билетам в виде подготовки и изложения развернутого ответа. Текст задачи прилагается к билету. Время на выполнение экзаменационного задания/подготовку ответа – 60 минут.

***1. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины***

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-2пк-2 вычисляет основные составляющие энергетических балансов технологических схем и оборудования

**Вопросы, задания**

- 1.1. Энергообеспечение предприятий. Назначение, состав и структура.
2. Энергообеспечение жилых районов. Назначение, состав и структура.
3. Графики потребления энергоносителей.
4. Системы теплоснабжения. Основные определения. Виды.
5. Типы теплоносителей систем теплоснабжения. Классификация.
6. Закрытые системы теплоснабжения.
7. Открытые системы теплоснабжения.
8. Типы подсоединения потребителей в водяных системах теплоснабжения.
9. Присоединение потребителей в паровых системах теплоснабжения.
10. Система сбора и возврата конденсата.
11. Паровые системы отопления Основные преимущества и недостатки.

## 12. Преимущества и недостатки систем теплоснабжения.

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Предложите схему тепло-и технического водоснабжения объекта, выберите параметры энергоносителей и диаметры трубопроводов, оцените мощность нагнетателей для их перемещения, составьте энергобаланс объекта и оцените эффективность использования ТЭР на объекте при проектной нагрузке, в отопительный и летний периоды по следующим исходным данным.

Теплоснабжение от ТЭЦ. Технологическое оборудование: 3 камеры для сушки. Греющий теплоноситель – пар насыщенный 0,4 МПа. Отопление паровое. Воздухоподогреватели приточных вентиляционных систем водяные. Воздухоснабжение – от 3-х компрессоров (1 резервный) с воздушным охлаждением. Подогреватель сантехнической воды смесительного типа. Греющий теплоноситель – вода сетевая. Система горячего водоснабжения закольцованная.

Ответы:

Построить принципиальную схему теплоснабжения с учетом особенностей исходных зданий

Верный ответ: Принципиальная схема Тепловой баланс Материальный баланс

### 2. Компетенция/Индикатор: ИД-3ПК-2 выполняет тепловые и гидравлические расчеты технологических систем, процессов и оборудования

#### Вопросы, задания

- 1.1. Напишите формулы для расчета термических сопротивлений паропровода, конденсатопровода и трубопровода водяной тепловой сети!
2. Каким образом можно рассчитать теплопотери через ограждения теплообменной установки, если измерить температуру на наружной поверхности ее тепловой изоляции не удастся?
3. Какие виды энергобалансов вы знаете? Чем синтетический баланс отличается от аналитического?
4. Какие методы составления энергобалансов вам известны?
5. Почему для парового котла можно составить тепловой баланс, а для ТЭС или парокомпрессионной холодильной установки нет?
6. Чем энергетический баланс аппарата, установки или системы принципиально отличается от эксергетического?
7. Для каких видов промышленного оборудования кроме тепловых балансов приходится составлять материальные?
7. Какой смысл вы вкладываете в понятия КПД и КПИ? Назовите и поясните методы их получения!
8. Чем отраслевые, цеховые и общезаводские нормы или удельные показатели энергопотребления отличаются от технологических?
9. Почему в западных странах и в Японии широкое распространение получили тепловые насосы, а в нашей стране нет?
10. Почему в офисных и бытовых кондиционерах их применение в нашей стране реально?
11. Поясните, чем закрытая система теплоснабжения отличается от открытой, зависящая от независимой?
12. Почему удельные тепловые потери от поверхности нагретой жидкости значительно больше, чем от поверхности стенок и днища ванны, в которой эта жидкость находится?
13. Тепловые сети. Типы. Преимущества и недостатки водяных и паровых.
14. Вторичные энергоресурсы промышленного предприятия. Направления их использования.
15. Расчет расхода ТЭР на ректификационную установку непрерывного действия.

16. Методы и способы повышения эффективности использования ТЭР в промышленности.

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Через выпарную установку за сутки проходит 150 т. продукта. Определить количество воды, которое следует выпаривать для того, чтобы повысить концентрацию раствора с 6% до 15%, а также выход упаренного продукта.

Ответы:

Решение:

Запишем баланс по соли и материальный баланс для однокорпусной выпарной установки.

Количество воды, подлежащее выпариванию, определяем из баланса по соли

Из Материального баланса определяем выход упаренного продукта

Верный ответ: Выход упаренного продукта будет равен: 60 000 кг/сут

**3. Компетенция/Индикатор:** ИД-1<sub>ПК-3</sub> Проектирует изменения теплотехнических и теплотехнологических схем на объектах для реализации типовых энергосберегающих мероприятий

### Вопросы, задания

- 1.1. Понятие о методе балансов. Виды балансов промышленных предприятий.
2. Тепловой и материальный балансы котельного агрегата. Показатели эффективности его работы.
3. Тепловой и материальный балансы выпарного аппарата. Показатели эффективности его работы.
4. Тепловой и материальный балансы ректификационной колонны. Показатели эффективности её работы.
5. Структура энергохозяйства промышленного предприятия. Распределение ТЭР на санитарно-технические и технологические нужды.
6. Обобщенная схема промышленного объекта как потребителя ТЭР. Его внешние и внутренние связи.
7. Графики энергопотребления. Методы расчета отопительно-вентиляционной, сантехнической и технологической нагрузки предприятия.
8. Понятие о материальном, тепловом, энергетическом и эксергетическом балансах промышленного объекта.
9. Понятие о КПД и КПИ ТЭР. Их связь с балансовыми уравнениями.
10. Тепловой и материальный балансы конвективной сушильной установки непрерывного действия (сушильный агент – воздух). Показатели эффективности её работы.
11. Классификация промышленного оборудования. Виды энергопотребления промышленного предприятия.
12. Виды и назначение энергобалансов промышленных предприятий. Способы вычисления составляющих энергобалансов.

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Задача №1

Дано:

Система отопления – зависимая с температурным графиком 105/70 °С.

Система горячего водоснабжения – закрытая.

Тепловые нагрузки:

- вентиляция ;
- отопление ;

- горячее водоснабжение ;
- на технологические нужды .

Температурный график источника теплоснабжения 150/70 °С.

Параметры пара источника теплоснабжения:

Параметры пара на технологию: ; .

Доля невозврата конденсата с технологии составляет 15%, а энтальпия конденсата .

Построить систему теплоснабжения. Определить расходы нагрузок

Ответы:

1) Составим тепловой баланс для технологической нагрузки с учетом невозврата:

Отсюда найдем расход пара на технологию:

2) Составим тепловой баланс для нагрузки системы вентиляции:

Так как температурный график источника теплоснабжения 150/70 °С, то °С, а °С.

Теплоемкость воды .

Найдем расход теплоносителя:

3) Составим тепловой баланс для нагрузки системы горячего водоснабжения:

Найдем расход теплоносителя:

4) Составим тепловой баланс для нагрузки системы отопления:

Найдем расход теплоносителя после элеватора на жилые здания, Зная график системы отопления жилого здания 105/70 °С:

Рассчитаем расход теплоносителя до элеватора в тепловой сети:

И – коэффициент смешения, и равен:

Тогда

5) Составим схему теплоснабжения:

Верный ответ: Ответ:  $D_{\text{техн}}=16.119$  т/ч,  $G_{\text{вент}}=59.680$  кг/с,  $G_{\text{ГВС}}=14.9$  кг/с,  $G_{\text{от}}=79.556$  кг/с,  $G_{\text{жз}}=102.309$  кг/с.

## **II. Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно. на вопросы углубленного уровня

## **III. Правила выставления итоговой оценки по курсу**

Итоговая оценка по курсу определяется оценкой за экзамен