

**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: Экономика и управление на энергопредприятии**

**Уровень образования: высшее образование - бакалавриат**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Тепломассообменное оборудование предприятий**

**Москва  
2025**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

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

А.Б. Гаряев

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

|  |                                                    |                               |
|--|----------------------------------------------------|-------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                               |
|  | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                               |
|  | Владелец                                           | Никифорова Д.В.               |
|  | Идентификатор                                      | Redb9b109-KhitrovaDV-bd905102 |

Д.В.  
Никифорова

Заведующий  
выпускающей  
кафедрой

|  |                                                    |                              |
|--|----------------------------------------------------|------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                              |
|  | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                              |
|  | Владелец                                           | Крыленко Е.Е.                |
|  | Идентификатор                                      | R753cd28c-GudkovaYY-c67582a9 |

Е.Е. Крыленко

## 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-1 Способен участвовать в проектировании и эксплуатации объектов теплоэнергетики и теплотехники

ИД-1 Способен использовать нормативную документацию при разработке объектов теплоэнергетики и теплотехники

ИД-2 Принимает участие в разработке принципиальных схем и оборудования для объектов теплоэнергетики и теплотехники

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Письменная работа

1. Контрольная работа №1 «Расчет рекуперативных теплообменников» (Контрольная работа)
2. Контрольная работа №2 «Расчет выпарных, сушильных и перегонных установок» (Контрольная работа)
3. Расчетное задание «Тепломассообменные аппараты - решение практических задач» (архив) (Решение задач)
4. Тест №1 «Классификация теплообменного оборудования. Основные определения и понятия» (Тестирование)
5. Тест №2 «Параметры влажного воздуха» (Тестирование)
6. Тест №3 «Принцип действия теплообменных аппаратов» - тест по лекциям (архив) (Тестирование)

Форма реализации: Устная форма

1. Коллоквиум «Основы проектирования и расчета теплообменных аппаратов» (архив) (Коллоквиум)

## БРС дисциплины

### 7 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

- |      |                                                                                                    |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| КМ-1 | Тест №1 «Классификация теплообменного оборудования. Основные определения и понятия» (Тестирование) |
| КМ-2 | Контрольная работа №1 «Расчет рекуперативных теплообменников» (Контрольная работа)                 |
| КМ-3 | Тест №2 «Параметры влажного воздуха» (Тестирование)                                                |
| КМ-4 | Тест №3 «Принцип действия теплообменных аппаратов» - тест по лекциям (архив) (Тестирование)        |
| КМ-5 | Контрольная работа №2 «Расчет выпарных, сушильных и перегонных установок»                          |

- (Контрольная работа)
- КМ-6 Расчетное задание «Тепломассообменные аппараты - решение практических задач» (архив) (Решение задач)
- КМ-7 Коллоквиум «Основы проектирования и расчета теплообменных аппаратов» (архив) (Коллоквиум)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

| Раздел дисциплины                                                                                           | Веса контрольных мероприятий, % |      |      |      |      |      |      |      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
|                                                                                                             | Индекс КМ:                      | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 | КМ-5 | КМ-6 | КМ-7 |
|                                                                                                             | Срок КМ:                        | 4    | 8    | 10   | 12   | 14   | 15   | 15   |
| Виды теплообменного оборудования и общие подходы к их расчету                                               |                                 |      |      |      |      |      |      |      |
| Основные виды и классификация теплообменного оборудования промышленных предприятий                          |                                 | +    | +    | +    | +    | +    | +    | +    |
| Виды и методы расчета тепломассообменного оборудования                                                      |                                 | +    | +    | +    |      |      | +    | +    |
| Теплопередающие установки                                                                                   |                                 |      |      |      |      |      |      |      |
| Рекуперативные теплообменные аппараты                                                                       |                                 | +    | +    |      | +    |      | +    | +    |
| Регенеративные теплообменные аппараты                                                                       |                                 | +    | +    |      | +    |      | +    | +    |
| Смесительные теплообменники                                                                                 |                                 |      |      | +    | +    |      | +    | +    |
| Теплоиспользующие установки                                                                                 |                                 |      |      |      |      |      |      |      |
| Выпарные установки                                                                                          |                                 |      |      |      | +    | +    | +    | +    |
| Сушильные установки                                                                                         |                                 |      |      |      | +    | +    | +    | +    |
| Перегонные и ректификационные установки                                                                     |                                 |      |      |      | +    | +    | +    | +    |
| Специальные вопросы                                                                                         |                                 |      |      |      |      |      |      |      |
| Вспомогательное оборудование теплоиспользующих установок. Подбор основного и вспомогательного оборудования. |                                 |      |      |      |      | +    | +    | +    |
| Микроканальные теплообменные аппараты                                                                       |                                 |      |      |      |      |      | +    | +    |
| Вес КМ:                                                                                                     |                                 | 12   | 20   | 10   | 12   | 20   | 1    | 25   |

**БРС курсовой работы/проекта**

**7 семестр**

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по курсовому проекту:**

КМ-1 Контроль выполнения теплового расчета

- КМ-2 Контроль выполнения компоновочного и гидравлического расчетов, эскизов чертежей  
 КМ-3 Контроль выполнения РПЗ  
 КМ-4 Контроль выполнения чертежей

**Вид промежуточной аттестации – защита КП.**

| Раздел дисциплины                     | Веса контрольных мероприятий, % |      |      |      |      |
|---------------------------------------|---------------------------------|------|------|------|------|
|                                       | Индекс КМ:                      | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 |
|                                       | Срок КМ:                        | 8    | 12   | 14   | 15   |
| Тепловой расчет                       |                                 | +    |      |      |      |
| Компоновочный и гидравлический расчет |                                 |      | +    |      |      |
| Подготовка РПЗ                        |                                 |      |      | +    |      |
| Подготовка чертежей                   |                                 |      |      |      | +    |
| Вес КМ:                               |                                 | 30   | 30   | 10   | 30   |

## 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-1               | ИД-1ПК-1<br>Способен использовать нормативную документацию при разработке объектов теплоэнергетики и теплотехники | Знать:<br>основные термины, определения и понятия (применительно к тепломассообменному оборудованию предприятий), основные виды теплоносителей, применяемые в тепломассообменном оборудовании, их свойства и характеристики<br>Уметь:<br>анализировать и использовать информацию о новых типах и конструкциях тепломассообменного оборудования, принципах их действия, методах их расчета и проектирования | КМ-0 Тест №3 «Принцип действия теплообменных аппаратов» - тест по лекциям (архив) (Тестирование)<br>КМ-1 Тест №1 «Классификация теплообменного оборудования. Основные определения и понятия» (Тестирование) |
| ПК-1               | ИД-2ПК-1<br>Принимает участие в разработке принципиальных схем и оборудования для                                 | Знать:<br>основные методы расчета тепломассообменного оборудования                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | КМ-0 Расчетное задание «Тепломассообменные аппараты - решение практических задач» (архив) (Решение задач)<br>КМ-0 Коллоквиум «Основы проектирования и расчета теплообменных аппаратов» (архив) (Коллоквиум) |

|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <p>объектов теплоэнергетики и теплотехники</p> <p>предприятий, входящего в состав объектов теплоэнергетики и теплотехники</p> <p>Уметь:</p> <p>рассчитывать основные режимные и конструктивные параметры теплоиспользующего теплообменного оборудования (сушильных, выпарных, перегонных установок, ректификационных колонн)</p> <p>составлять и рассчитывать уравнения теплового баланса и теплопередачи для теплообменного оборудования различного назначения</p> <p>проводить подбор рекуперативного и регенеративного теплообменного оборудования, выпускаемого отечественными и зарубежными предприятиями, в соответствии с их функциональным</p> | <p>КМ-2 Контрольная работа №1 «Расчет рекуперативных теплообменников» (Контрольная работа)</p> <p>КМ-3 Тест №2 «Параметры влажного воздуха» (Тестирование)</p> <p>КМ-4 Контрольная работа №2 «Расчет выпарных, сушильных и перегонных установок» (Контрольная работа)</p> |
|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |  |
|--|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  |  | <p>назначением и требуемыми характеристиками, а также проводить тепловые и гидравлические расчеты теплообменного оборудования и его отдельных элементов</p> <p>рассчитывать процессы смешения в смесительных теплообменниках и аппаратах влажного воздуха</p> <p>использовать программы расчетов характеристик теплообменного оборудования</p> |  |
|--|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|



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

### **КМ-1. Тест №1 «Классификация теплообменного оборудования. Основные определения и понятия»**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 12

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Тестирование рассчитано на 5-10 минут и проводится в конце практического занятия. Студентам раздаются листы с вопросами. В каждом варианте задания по 6 вопросов с вариантами ответов. На некоторые вопросы нужно отметить несколько вариантов ответа, чтобы ответ считался правильным.

#### **Краткое содержание задания:**

Контрольное мероприятие проводится в виде тестирования по первым темам лекций курса.

#### **Контрольные вопросы/задания:**

| Запланированные результаты обучения по дисциплине                                                                                                                                                                        | Вопросы/задания для проверки                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Знать: основные термины, определения и понятия (применительно к тепломассообменному оборудованию предприятий), основные виды теплоносителей, применяемые в тепломассообменном оборудовании, их свойства и характеристики | <b>1.Вариант 1.</b><br><br>1. Назвать области применения теплообменных аппаратов:<br><br><i>a.</i> энергетика<br><i>b.</i> теплоснабжение<br><i>c.</i> промышленность<br><i>d.</i> транспорт<br><i>e.</i> в быту<br><i>f.</i> сельское хозяйство<br><i>g.</i> ничего из вышеперечисленного<br><i>h.</i> все из вышеперечисленного<br><br>2. По принципу действия теплообменники разделяют на:<br><br><i>a.</i> радиаторные<br><i>b.</i> смесительные<br><i>c.</i> конденсаторные<br><i>d.</i> сушильные<br><i>e.</i> регенеративные<br><i>f.</i> ректификационные<br><i>g.</i> выпарные<br><i>h.</i> кожухотрубные<br><i>i.</i> секционные<br><i>j.</i> стальные<br><i>k.</i> барабанные<br><i>l.</i> тепломассообменные<br><i>m.</i> квазимонохроматические |

| Запланированные результаты обучения по дисциплине | Вопросы/задания для проверки                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                   | <p> <i>n.</i> пластинчатые<br/> <i>o.</i> калориферы<br/> <i>p.</i> охладительные<br/> <i>q.</i> воздухо-воздушные<br/> <i>r.</i> конвекторные<br/> <i>s.</i> медные<br/> <i>t.</i> спирально-навивные<br/> <i>u.</i> рекуперативные<br/> <i>v.</i> нагревающие<br/> <i>w.</i> паровые<br/> <i>x.</i> латунные </p> <p>3. Наиболее эффективной схемой движения теплоносителей в теплообменнике является:</p> <p> <i>a.</i> прямоточная.<br/> <i>b.</i> однокходовая.<br/> <i>c.</i> противоточная.<br/> <i>d.</i> четырехходовая.<br/> <i>e.</i> перекрестноточная.<br/> <i>f.</i> схема с двумя ходами по горячему теплоносителю и четырьмя ходами по холодному теплоносителю.<br/> <i>g.</i> сложная схема тока. </p> <p>4. Что является поверхностью теплообмена в смешивательных теплообменных аппаратах?</p> <p> <i>a.</i> поверхность разделяющей стенки труб<br/> <i>b.</i> поверхность гофрированных пластин<br/> <i>c.</i> поверхность насадки<br/> <i>d.</i> смоченная поверхность насадки<br/> <i>e.</i> поверхность капель и струй жидкости<br/> <i>f.</i> ничего из вышеперечисленного<br/> <i>g.</i> все из вышеперечисленного </p> <p>5. Какие теплоносители могут применяться в кожухотрубных теплообменниках?</p> <p> <i>a.</i> газ-газ<br/> <i>b.</i> воздух-дымовые газы<br/> 1. <i>c.</i> вода-дымовые газы<br/> 2. <i>d.</i> воздух-вода<br/> 3. <i>e.</i> вода<br/> 4. <i>f.</i> водяной пар </p> |

| Запланированные результаты обучения по дисциплине | Вопросы/задания для проверки                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                   | <p>5. g. масло</p> <p>6. Что является целью поверочного расчета?</p> <p>a. определение коэффициентов теплоотдачи</p> <p>b. определение коэффициента теплопередачи</p> <p>c. определение площади поверхности теплообмена</p> <p>d. определение тепловой мощности теплообменника</p> <p>e. определение температур теплоносителей на выходе</p> <p>1. f. определение температур теплоносителей на входе</p> <p>2. g. определение конструктивных характеристик теплообменного аппарата</p> <p>3. h. определение падения давления теплоносителей</p> <p>4. i. определение мощности, необходимой для прокачки теплоносителей</p> <p>5. j. определение толщин элементов конструкции и прочности соединений</p> <p>6. k. определение затрат на производство теплообменника, подбора оптимальных режимов работы и конструктивных параметров аппарата</p> <p>7. l. все из вышеперечисленного</p> <p>8. m. ничего из вышеперечисленного</p> |

#### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5 («отлично»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* даны правильные ответы не менее чем на 90% вопросов теста. Допускаются незначительные неточности в ответах (не все правильные варианты выделены).

*Оценка: 4 («хорошо»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания:* даны правильные ответы не менее чем на 75% (дан неправильный ответ на 1 вопрос) вопросов теста.

*Оценка: 3 («удовлетворительно»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* даны правильные ответы не менее чем на 50% вопросов теста.

*Оценка: 2 («неудовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания:* студентом не выполнены условия, предполагающие оценку «Удовлетворительно» (даны правильные ответы менее чем на 50% вопросов теста).

## **КМ-2. Контрольная работа №1 «Расчет рекуперативных теплообменников»**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** На работу отводится от 40 минут во время практического занятия. Студентам раздаются варианты заданий, каждый из которых содержит 1 задачу и 1 теоретический вопрос по материалам лекций. Студент должен дать исчерпывающий ответ на вопрос в письменном виде, а также решить задачу и представить решение в надлежащей форме.

**Краткое содержание задания:**

Решение задач на тему рекуперативных теплообменных аппаратов.

**Контрольные вопросы/задания:**

| Запланированные результаты обучения по дисциплине                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Вопросы/задания для проверки                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Уметь: проводить подбор рекуперативного и регенеративного теплообменного оборудования, выпускаемого отечественными и зарубежными предприятиями, в соответствии с их функциональным назначением и требуемыми характеристиками, а также проводить тепловые и гидравлические расчеты теплообменного оборудования и его отдельных элементов</p> | <p>1. Вариант 1:</p> <p>1. Назвать типы теплообменных аппаратов по направлению движения теплоносителей. Какой из них является более эффективным?</p> <p>2. Оцените площадь поверхности противоточного трубчатого оребренного теплообменного аппарата, если в нем нагревается воздух от температуры <math>-19\text{ }^{\circ}\text{C}</math> до температуры <math>+38\text{ }^{\circ}\text{C}</math>. Расход воздуха <math>435\text{ м}^3/\text{ч}</math>. Воздух нагревается горячей водой с температурой <math>+45\text{ }^{\circ}\text{C}</math> и расходом <math>1,1\text{ м}^3/\text{ч}</math>. Коэффициент оребрения труб принять равным 12. Эффективность оребренной поверхности принять равной 0,91.</p> <p>Вариант 2:</p> <p>1. Рассказать о различии в принципах работы рекуперативных и регенеративных теплообменных аппаратов.</p> <p>2. Пусть имеется теплообменник, работающий по схеме противотока. Известны следующие величины: <math>G_1 = 15,7\text{ кг/с}</math>, <math>c_{p1} = c_{p2} = 4,2\text{ кДж/(кг}\cdot\text{К)}</math>, <math>t_1' = 156\text{ }^{\circ}\text{C}</math>, <math>t_1'' = 120\text{ }^{\circ}\text{C}</math>, <math>t_2' = 12\text{ }^{\circ}\text{C}</math>, <math>t_2'' = 98</math></p> |

| Запланированные результаты обучения по дисциплине | Вопросы/задания для проверки                                                                                                                                                                    |
|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                   | $\alpha C, k = 3156 \text{ Вт/м}^2\text{К}$ . Найти $t_1'', t_2''$ для случая, когда данный теплообменник будет работать по схеме прямотока при тех же значениях $G_1, G_2, t_1', t_2'$ и $k$ . |

#### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5 («отлично»)*

*Описание характеристики выполнения знания:* - задача решена правильно, указан ход решения, размерности, формулы и ответы в числах (допускается небольшое отклонение чисел от правильных); - дан развернутый и исчерпывающий ответ на теоретический вопрос

*Оценка: 4 («хорошо»)*

*Описание характеристики выполнения знания:* - задача решена правильно, указан ход решения, размерности, формулы и ответы в числах (допускается небольшое отклонение чисел от правильных); - на теоретический вопрос студент дал правильный ответ, но допустил незначительные ошибки и не показал необходимой полноты.

*Оценка: 3 («удовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания:* - задача решена (доведена до ответа), указан логичный ход решения, размерности, формулы и ответы в числах, но допущены некоторые ошибки; - на теоретический вопрос студент дал непротиворечивый ответ, или при ответе допустил значительные неточности.

*Оценка: 2 («неудовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания:* студентом не выполнены условия, предполагающие оценку «Удовлетворительно»

#### КМ-3. Тест №2 «Параметры влажного воздуха»

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** На тест отводится 10-15 минут в конце практического занятия. Студентам раздается лист с 4 заданиями. К заданию прикладывается H-d-диаграмма влажного воздуха.

#### Краткое содержание задания:

Тестирование на умение определять параметры влажного воздуха по H-d-диаграмме. Студенту предлагается с помощью H-d-диаграммы влажного воздуха найти точку, характеризующую параметры воздуха при заданных условиях.

#### Контрольные вопросы/задания:

| Запланированные результаты обучения по дисциплине                                                 | Вопросы/задания для проверки                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Уметь: рассчитывать процессы смешения в смесительных теплообменниках и аппаратах влажного воздуха | 1. Пример одного из вариантов теста:<br><br>1. Дать определение абсолютной влажности воздуха.<br>2. С помощью H-d-диаграммы найти остальные параметры воздуха (энтальпию, температуру, влагосодержание, относительную влажность), если известно, что влагосодержание в данной точке составляет 3 г/кг, а относительная влажность – 65%. |

| Запланированные результаты обучения по дисциплине | Вопросы/задания для проверки                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                   | <p>3. С помощью H-d-диаграммы найти параметры смешанного потока воздуха, если известно, что смешиваются два потока воздуха в соотношении 5:3. Параметры первого потока воздуха соответствуют температуре 10 оС и энтальпии 12 кДж/кг; параметры второго потока воздуха – влагосодержанию 20 г/кг и относительной влажности 90%.</p> <p>4. С помощью H-d-диаграммы определить параметры воздуха на выходе из оросительной камеры центрального кондиционера, если на входе параметры воздуха составляли: температура по сухому термометру 30 оС и относительная влажность 30%.</p> |

#### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5 («отлично»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* даны правильные ответы на все 4 вопроса теста (допускаются незначительные неточности ответов)

*Оценка: 4 («хорошо»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания:* даны правильные ответы не менее чем 3 из 4 вопросов теста (не дан правильный ответ на 1 вопрос) во-просов теста.

*Оценка: 3 («удовлетворительно»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* даны правильные ответы на 2 вопроса теста.

*Оценка: 2 («неудовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания:* студентом не выполнены условия, предполагающие оценку «Удовлетворительно»

#### **КМ-4. Тест №3 «Принцип действия теплообменных аппаратов» - тест по лекциям (архив)**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 12

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** На тестирование отводится 10-15 минут в конце практического занятия. В варианте задания 4 вопроса, на которые необходимо дать краткий, но исчерпывающий ответ. При необходимости, ответ надо пояснить графиком или схемой.

#### **Краткое содержание задания:**

Тестирование содержит теоретические вопросы, касающиеся расчета рекуперативных, регенеративных теплообменных аппаратов периодического и непрерывного действия, их теплового и гидроаэродинамического расчетов, а также вопросы о принципе работы тепловых труб.

#### **Контрольные вопросы/задания:**

| Запланированные результаты обучения по дисциплине | Вопросы/задания для проверки |
|---------------------------------------------------|------------------------------|
|---------------------------------------------------|------------------------------|

| Запланированные результаты обучения по дисциплине                                                                                                                   | Вопросы/задания для проверки                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Уметь: анализировать и использовать информацию о новых типах и конструкциях теплообменного оборудования, принципах их действия, методах их расчета и проектирования | <p>1. Вариант 1</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Перечислить основные способы интенсификации теплообмена.</li> <li>2. Нарисовать температурный график теплообменника периодического действия.</li> <li>3. Принцип работы тепловой трубы (коротко).</li> <li>4. С чем связано падение давления при прокачке теплоносителей через теплообменный аппарат? (перечислить)</li> </ol> <p>Вариант 2</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Чем отличается проектировочный расчёт от поверочного?</li> <li>2. Нарисовать температурный график регенеративного теплообменника.</li> <li>3. Принцип работы тепловой трубы (коротко).</li> <li>4. С чем связано падение давления при прокачке теплоносителей через теплообменный аппарат? (перечислить)</li> </ol> |

#### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5 («отлично»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* даны правильные ответы на все 4 вопроса теста (допускаются незначительные неточности ответов) даны правильные ответы не менее чем 3 из 4 вопросов теста (не дан правильный ответ на 1 вопрос). даны правильные ответы не менее чем 2 из 4 вопросов теста (не дан правильный ответ на 2 вопроса) даны правильные ответы не менее чем 2 из 4 вопросов теста

*Оценка: 4 («хорошо»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания:* даны правильные ответы не менее чем 3 из 4 вопросов теста (не дан правильный ответ на 1 вопрос).

*Оценка: 3 («удовлетворительно»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* даны правильные ответы не менее чем 2 из 4 вопросов теста (не дан правильный ответ на 2 вопроса)

*Оценка: 2 («неудовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания:* даны правильные ответы менее чем 2 из 4 вопросов теста

**КМ-5. Контрольная работа №2 «Расчет выпарных, сушильных и перегонных установок»**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студенту предлагается решить задачу и ответить на теоретический вопрос. Время, отведенное на работу, может составлять от 40 минут.

**Краткое содержание задания:**

Задачи и теоретические вопросы по расчету выпарных, сушильных и перегонных установок.

**Контрольные вопросы/задания:**

| Запланированные результаты обучения по дисциплине                                                                                                                                    | Вопросы/задания для проверки                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Уметь: рассчитывать основные режимные и конструктивные параметры теплоиспользующего теплообменного оборудования (сушильных, выпарных, перегонных установок, ректификационных колонн) | <p>1.Вариант 1.</p> <p><b>Вопрос:</b> Температура точки росы и температура мокрого термометра. Что они характеризуют и как соотносятся при прочих равных условиях?</p> <p><b>Задача:</b> В выпарной установке выпаривается раствор поваренной соли с начальной концентрацией – 9% и с расходом 11320 кг/час. Концентрация соли в крепком растворе – 56%. Найти расход вторичного пара, уходящего из установки и расход крепкого раствора. Найти площадь поверхности конденсатора, если коэффициент теплопередачи 670 Вт/м<sup>2</sup>град, температура греющего пара 190 оС, температура вторичного пара в барометрическом конденсаторе 75 оС, суммарные температурные потери 16 оС. Расход греющего пара 150 кг/ч, теплота парообразования 2200 кДж/кг.</p> <p>Вариант 2.</p> <p><b>Вопрос:</b> Чем отличаются процессы перегонки и ректификации?</p> <p><b>Задача:</b> Определить расход воздуха в сушильной установке для удаления 350 кг/ч влаги и тепловую мощность калорифера для подогрева этого воздуха, если энтальпия воздуха перед калорифером 6 кДж/кг, влагосодержание 2,5 г/кг; энтальпия воздуха на выходе из сушильной установки 165</p> |



| Запланированные результаты обучения по дисциплине | Вопросы/задания для проверки                                                                                                                             |
|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                   | кДж/кг, влагосодержание 100 г/кг. Разность между суммой удельных величин теплопритоков и теплопотерь в сушильной установке -170 кДж/кг испаренной влаги. |

#### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5 («отлично»)*

*Описание характеристики выполнения знания:* - задача решена правильно, указан ход решения, размерности, формулы и ответы в числах (допускается небольшое отклонение чисел от правильных); - дан развернутый и исчерпывающий ответ на теоретический вопрос

*Оценка: 4 («хорошо»)*

*Описание характеристики выполнения знания:* - задача решена правильно, указан ход решения, размерности, формулы и ответы в числах (допускается небольшое отклонение чисел от правильных); - на теоретический вопрос студент дал правильный ответ, но допустил незначительные ошибки и не показал необходимой полноты

*Оценка: 3 («удовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания:* - задача решена (доведена до ответа), указан логичный ход решения, размерности, формулы и ответы в числах, но допущены некоторые ошибки; - на теоретический вопрос студент дал непротиворечивый ответ, или при ответе допустил значительные неточности и не показал полноты

*Оценка: 2 («неудовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания:* студентом не выполнены условия, предполагающие оценку «Удовлетворительно»

#### **КМ-6. Расчетное задание «Тепломассообменные аппараты - решение практических задач» (архив)**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Решение задач

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 1

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** В течение семестра на практических занятиях студент получает задания, которые разбираются и решаются по ходу занятия. Студент должен решить все выданные задачи и сообщить преподавателю правильный ответ на вопрос задачи.

#### **Краткое содержание задания:**

Задачи на все темы, разбираемые на практических занятиях

#### **Контрольные вопросы/задания:**

| Запланированные результаты обучения по дисциплине                                | Вопросы/задания для проверки                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Уметь: использовать программы расчетов характеристик теплообменного оборудования | 1.Примеры задач:<br><br><b>Задача 1.</b> Температуры на входе в прямоточный теплообменник (труба в трубе) $t_1'$ и $t_2'$ , на выходе - $t_1''$ и $t_2''$ . Найти разность температур на выходе, если теплообменную поверхность увеличить в два раза. $m$ и $k$ заданы. Найти температуру холодного теплоносителя через расстояние $x$ |

| Запланированные<br>результаты обучения по<br>дисциплине | Вопросы/задания для проверки                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |            |             |             |               |            |      |         |  |  |   |            |            |             |             |               |            |      |         |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |    |    |    |     |      |     |   |     |    |     |    |    |     |      |   |   |     |    |    |    |     |     |      |     |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |    |    |     |     |      |   |   |     |    |    |    |    |     |      |     |   |     |    |     |    |    |     |      |     |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |     |     |     |     |      |     |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |    |    |     |     |      |     |    |     |    |     |     |     |     |      |   |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |    |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |     |    |     |     |      |     |    |     |    |    |    |     |     |      |     |          |  |  |  |  |  |  |   |         |          |          |       |        |      |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |   |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |   |     |   |   |     |     |      |    |   |   |   |     |    |      |    |     |   |    |     |    |      |    |     |   |
|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-------------|-------------|---------------|------------|------|---------|--|--|---|------------|------------|-------------|-------------|---------------|------------|------|---------|---|-----|----|-----|-----|----|-----|------|-----|---|-----|----|----|----|----|-----|------|-----|---|-----|----|-----|----|----|-----|------|---|---|-----|----|----|----|-----|-----|------|-----|---|-----|----|-----|-----|----|-----|------|-----|---|-----|----|----|----|-----|-----|------|---|---|-----|----|----|----|----|-----|------|-----|---|-----|----|-----|----|----|-----|------|-----|---|-----|----|-----|-----|----|-----|------|-----|---|-----|----|-----|-----|-----|-----|------|-----|----|-----|----|-----|-----|----|-----|------|-----|----|-----|----|----|----|----|-----|------|-----|----|-----|----|----|----|----|-----|------|-----|----|-----|----|----|----|-----|-----|------|-----|----|-----|----|-----|-----|-----|-----|------|---|----|-----|----|-----|-----|----|-----|------|-----|----|----|----|----|----|----|-----|------|-----|----|-----|----|-----|-----|----|-----|------|-----|----|-----|----|----|----|----|-----|------|-----|----|-----|----|-----|----|-----|-----|------|-----|----|-----|----|----|----|-----|-----|------|-----|----------|--|--|--|--|--|--|---|---------|----------|----------|-------|--------|------|---|-----|----|------|----|-----|---|---|-----|----|------|---|-----|---|---|-----|----|------|----|-----|---|---|-----|----|------|----|-----|---|---|-----|----|------|----|-----|---|---|-----|----|------|----|-----|---|---|-----|----|------|----|-----|---|---|-----|----|------|---|-----|---|---|-----|-----|------|----|---|---|---|-----|----|------|----|-----|---|----|-----|----|------|----|-----|---|
|                                                         | <div>(диаметр внутренней трубы d).</div> <table><tr><th colspan="9">ФП-05-17</th></tr><tr><th>№</th><th>t1',<br/>оС</th><th>t2',<br/>оС</th><th>t1'',<br/>оС</th><th>t2'',<br/>оС</th><th>k,<br/>Вт/м2·К</th><th>m,<br/>К/Вт</th><th>d, м</th><th>x,<br/>м</th></tr><tr><td>0</td><td>180</td><td>60</td><td>150</td><td>132</td><td>92</td><td>0.2</td><td>0.01</td><td>0.5</td></tr><tr><td>1</td><td>110</td><td>10</td><td>77</td><td>32</td><td>45</td><td>0.5</td><td>0.02</td><td>0.6</td></tr><tr><td>2</td><td>190</td><td>50</td><td>100</td><td>86</td><td>65</td><td>0.2</td><td>0.04</td><td>1</td></tr><tr><td>3</td><td>160</td><td>10</td><td>90</td><td>71</td><td>126</td><td>0.9</td><td>0.01</td><td>0.4</td></tr><tr><td>4</td><td>180</td><td>60</td><td>110</td><td>109</td><td>47</td><td>0.8</td><td>0.05</td><td>0.2</td></tr><tr><td>5</td><td>160</td><td>20</td><td>80</td><td>65</td><td>121</td><td>0.1</td><td>0.05</td><td>1</td></tr><tr><td>6</td><td>110</td><td>10</td><td>90</td><td>87</td><td>55</td><td>0.8</td><td>0.02</td><td>0.7</td></tr><tr><td>7</td><td>170</td><td>30</td><td>100</td><td>94</td><td>90</td><td>0.5</td><td>0.05</td><td>0.6</td></tr><tr><td>8</td><td>170</td><td>20</td><td>130</td><td>128</td><td>71</td><td>0.7</td><td>0.04</td><td>0.2</td></tr><tr><td>9</td><td>180</td><td>40</td><td>170</td><td>157</td><td>114</td><td>0.7</td><td>0.02</td><td>0.3</td></tr><tr><td>10</td><td>200</td><td>40</td><td>150</td><td>140</td><td>94</td><td>0.9</td><td>0.02</td><td>0.5</td></tr><tr><td>11</td><td>140</td><td>12</td><td>78</td><td>33</td><td>84</td><td>0.4</td><td>0.02</td><td>0.1</td></tr><tr><td>12</td><td>150</td><td>10</td><td>90</td><td>84</td><td>91</td><td>0.3</td><td>0.03</td><td>0.6</td></tr><tr><td>13</td><td>140</td><td>30</td><td>80</td><td>62</td><td>120</td><td>0.7</td><td>0.02</td><td>0.5</td></tr><tr><td>14</td><td>200</td><td>50</td><td>150</td><td>139</td><td>114</td><td>0.6</td><td>0.01</td><td>1</td></tr><tr><td>15</td><td>190</td><td>60</td><td>150</td><td>131</td><td>37</td><td>0.9</td><td>0.05</td><td>0.3</td></tr><tr><td>16</td><td>90</td><td>10</td><td>50</td><td>39</td><td>86</td><td>0.7</td><td>0.02</td><td>0.1</td></tr><tr><td>17</td><td>200</td><td>50</td><td>130</td><td>128</td><td>96</td><td>0.3</td><td>0.04</td><td>0.7</td></tr><tr><td>18</td><td>100</td><td>20</td><td>80</td><td>50</td><td>42</td><td>0.8</td><td>0.03</td><td>0.5</td></tr><tr><td>19</td><td>190</td><td>20</td><td>100</td><td>83</td><td>144</td><td>0.2</td><td>0.02</td><td>0.6</td></tr><tr><td>20</td><td>130</td><td>12</td><td>60</td><td>51</td><td>113</td><td>0.4</td><td>0.02</td><td>0.7</td></tr></table> <div><p><b>Задача 2.</b> В противоточном теплообменнике конденсируется насыщенный пар (t1', r) при охлаждении его водой. Вода течет в трубке диаметром d со скоростью w. Температура воды на выходе из теплообменника t2''. Найти температуру воды на расстоянии L от входа в теплообменник. Коэффициент теплоотдачи при конденсации αконд, со стороны воды – αводы. Расход пара G1.</p><p>r = 2200 кДж/кг; αконд = 12 000 Вт/(м2·К); αводы = 1100 Вт/(м2·К).</p></div> <table><tr><th colspan="7">ФП-05-17</th></tr><tr><th>№</th><th>t1', оС</th><th>t2'', оС</th><th>G1, кг/с</th><th>d, см</th><th>w, м/с</th><th>L, м</th></tr><tr><td>0</td><td>136</td><td>70</td><td>0.09</td><td>11</td><td>0.5</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>101</td><td>89</td><td>0.05</td><td>9</td><td>0.7</td><td>2</td></tr><tr><td>2</td><td>199</td><td>99</td><td>0.05</td><td>15</td><td>0.5</td><td>3</td></tr><tr><td>3</td><td>163</td><td>83</td><td>0.09</td><td>10</td><td>0.4</td><td>3</td></tr><tr><td>4</td><td>138</td><td>85</td><td>0.07</td><td>14</td><td>0.2</td><td>4</td></tr><tr><td>5</td><td>107</td><td>74</td><td>0.04</td><td>11</td><td>0.7</td><td>3</td></tr><tr><td>6</td><td>146</td><td>85</td><td>0.05</td><td>14</td><td>0.4</td><td>3</td></tr><tr><td>7</td><td>114</td><td>96</td><td>0.03</td><td>8</td><td>0.7</td><td>4</td></tr><tr><td>8</td><td>105</td><td>100</td><td>0.03</td><td>12</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>9</td><td>179</td><td>74</td><td>0.05</td><td>11</td><td>0.7</td><td>4</td></tr><tr><td>10</td><td>157</td><td>84</td><td>0.07</td><td>16</td><td>0.2</td><td>3</td></tr></table> | ФП-05-17   |             |             |               |            |      |         |  |  | № | t1',<br>оС | t2',<br>оС | t1'',<br>оС | t2'',<br>оС | k,<br>Вт/м2·К | m,<br>К/Вт | d, м | x,<br>м | 0 | 180 | 60 | 150 | 132 | 92 | 0.2 | 0.01 | 0.5 | 1 | 110 | 10 | 77 | 32 | 45 | 0.5 | 0.02 | 0.6 | 2 | 190 | 50 | 100 | 86 | 65 | 0.2 | 0.04 | 1 | 3 | 160 | 10 | 90 | 71 | 126 | 0.9 | 0.01 | 0.4 | 4 | 180 | 60 | 110 | 109 | 47 | 0.8 | 0.05 | 0.2 | 5 | 160 | 20 | 80 | 65 | 121 | 0.1 | 0.05 | 1 | 6 | 110 | 10 | 90 | 87 | 55 | 0.8 | 0.02 | 0.7 | 7 | 170 | 30 | 100 | 94 | 90 | 0.5 | 0.05 | 0.6 | 8 | 170 | 20 | 130 | 128 | 71 | 0.7 | 0.04 | 0.2 | 9 | 180 | 40 | 170 | 157 | 114 | 0.7 | 0.02 | 0.3 | 10 | 200 | 40 | 150 | 140 | 94 | 0.9 | 0.02 | 0.5 | 11 | 140 | 12 | 78 | 33 | 84 | 0.4 | 0.02 | 0.1 | 12 | 150 | 10 | 90 | 84 | 91 | 0.3 | 0.03 | 0.6 | 13 | 140 | 30 | 80 | 62 | 120 | 0.7 | 0.02 | 0.5 | 14 | 200 | 50 | 150 | 139 | 114 | 0.6 | 0.01 | 1 | 15 | 190 | 60 | 150 | 131 | 37 | 0.9 | 0.05 | 0.3 | 16 | 90 | 10 | 50 | 39 | 86 | 0.7 | 0.02 | 0.1 | 17 | 200 | 50 | 130 | 128 | 96 | 0.3 | 0.04 | 0.7 | 18 | 100 | 20 | 80 | 50 | 42 | 0.8 | 0.03 | 0.5 | 19 | 190 | 20 | 100 | 83 | 144 | 0.2 | 0.02 | 0.6 | 20 | 130 | 12 | 60 | 51 | 113 | 0.4 | 0.02 | 0.7 | ФП-05-17 |  |  |  |  |  |  | № | t1', оС | t2'', оС | G1, кг/с | d, см | w, м/с | L, м | 0 | 136 | 70 | 0.09 | 11 | 0.5 | 1 | 1 | 101 | 89 | 0.05 | 9 | 0.7 | 2 | 2 | 199 | 99 | 0.05 | 15 | 0.5 | 3 | 3 | 163 | 83 | 0.09 | 10 | 0.4 | 3 | 4 | 138 | 85 | 0.07 | 14 | 0.2 | 4 | 5 | 107 | 74 | 0.04 | 11 | 0.7 | 3 | 6 | 146 | 85 | 0.05 | 14 | 0.4 | 3 | 7 | 114 | 96 | 0.03 | 8 | 0.7 | 4 | 8 | 105 | 100 | 0.03 | 12 | 1 | 1 | 9 | 179 | 74 | 0.05 | 11 | 0.7 | 4 | 10 | 157 | 84 | 0.07 | 16 | 0.2 | 3 |
| ФП-05-17                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |            |             |             |               |            |      |         |  |  |   |            |            |             |             |               |            |      |         |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |    |    |    |     |      |     |   |     |    |     |    |    |     |      |   |   |     |    |    |    |     |     |      |     |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |    |    |     |     |      |   |   |     |    |    |    |    |     |      |     |   |     |    |     |    |    |     |      |     |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |     |     |     |     |      |     |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |    |    |     |     |      |     |    |     |    |     |     |     |     |      |   |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |    |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |     |    |     |     |      |     |    |     |    |    |    |     |     |      |     |          |  |  |  |  |  |  |   |         |          |          |       |        |      |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |   |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |   |     |   |   |     |     |      |    |   |   |   |     |    |      |    |     |   |    |     |    |      |    |     |   |
| №                                                       | t1',<br>оС                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | t2',<br>оС | t1'',<br>оС | t2'',<br>оС | k,<br>Вт/м2·К | m,<br>К/Вт | d, м | x,<br>м |  |  |   |            |            |             |             |               |            |      |         |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |    |    |    |     |      |     |   |     |    |     |    |    |     |      |   |   |     |    |    |    |     |     |      |     |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |    |    |     |     |      |   |   |     |    |    |    |    |     |      |     |   |     |    |     |    |    |     |      |     |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |     |     |     |     |      |     |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |    |    |     |     |      |     |    |     |    |     |     |     |     |      |   |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |    |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |     |    |     |     |      |     |    |     |    |    |    |     |     |      |     |          |  |  |  |  |  |  |   |         |          |          |       |        |      |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |   |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |   |     |   |   |     |     |      |    |   |   |   |     |    |      |    |     |   |    |     |    |      |    |     |   |
| 0                                                       | 180                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 60         | 150         | 132         | 92            | 0.2        | 0.01 | 0.5     |  |  |   |            |            |             |             |               |            |      |         |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |    |    |    |     |      |     |   |     |    |     |    |    |     |      |   |   |     |    |    |    |     |     |      |     |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |    |    |     |     |      |   |   |     |    |    |    |    |     |      |     |   |     |    |     |    |    |     |      |     |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |     |     |     |     |      |     |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |    |    |     |     |      |     |    |     |    |     |     |     |     |      |   |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |    |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |     |    |     |     |      |     |    |     |    |    |    |     |     |      |     |          |  |  |  |  |  |  |   |         |          |          |       |        |      |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |   |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |   |     |   |   |     |     |      |    |   |   |   |     |    |      |    |     |   |    |     |    |      |    |     |   |
| 1                                                       | 110                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 10         | 77          | 32          | 45            | 0.5        | 0.02 | 0.6     |  |  |   |            |            |             |             |               |            |      |         |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |    |    |    |     |      |     |   |     |    |     |    |    |     |      |   |   |     |    |    |    |     |     |      |     |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |    |    |     |     |      |   |   |     |    |    |    |    |     |      |     |   |     |    |     |    |    |     |      |     |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |     |     |     |     |      |     |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |    |    |     |     |      |     |    |     |    |     |     |     |     |      |   |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |    |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |     |    |     |     |      |     |    |     |    |    |    |     |     |      |     |          |  |  |  |  |  |  |   |         |          |          |       |        |      |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |   |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |   |     |   |   |     |     |      |    |   |   |   |     |    |      |    |     |   |    |     |    |      |    |     |   |
| 2                                                       | 190                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 50         | 100         | 86          | 65            | 0.2        | 0.04 | 1       |  |  |   |            |            |             |             |               |            |      |         |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |    |    |    |     |      |     |   |     |    |     |    |    |     |      |   |   |     |    |    |    |     |     |      |     |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |    |    |     |     |      |   |   |     |    |    |    |    |     |      |     |   |     |    |     |    |    |     |      |     |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |     |     |     |     |      |     |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |    |    |     |     |      |     |    |     |    |     |     |     |     |      |   |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |    |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |     |    |     |     |      |     |    |     |    |    |    |     |     |      |     |          |  |  |  |  |  |  |   |         |          |          |       |        |      |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |   |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |   |     |   |   |     |     |      |    |   |   |   |     |    |      |    |     |   |    |     |    |      |    |     |   |
| 3                                                       | 160                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 10         | 90          | 71          | 126           | 0.9        | 0.01 | 0.4     |  |  |   |            |            |             |             |               |            |      |         |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |    |    |    |     |      |     |   |     |    |     |    |    |     |      |   |   |     |    |    |    |     |     |      |     |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |    |    |     |     |      |   |   |     |    |    |    |    |     |      |     |   |     |    |     |    |    |     |      |     |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |     |     |     |     |      |     |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |    |    |     |     |      |     |    |     |    |     |     |     |     |      |   |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |    |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |     |    |     |     |      |     |    |     |    |    |    |     |     |      |     |          |  |  |  |  |  |  |   |         |          |          |       |        |      |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |   |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |   |     |   |   |     |     |      |    |   |   |   |     |    |      |    |     |   |    |     |    |      |    |     |   |
| 4                                                       | 180                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 60         | 110         | 109         | 47            | 0.8        | 0.05 | 0.2     |  |  |   |            |            |             |             |               |            |      |         |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |    |    |    |     |      |     |   |     |    |     |    |    |     |      |   |   |     |    |    |    |     |     |      |     |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |    |    |     |     |      |   |   |     |    |    |    |    |     |      |     |   |     |    |     |    |    |     |      |     |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |     |     |     |     |      |     |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |    |    |     |     |      |     |    |     |    |     |     |     |     |      |   |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |    |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |     |    |     |     |      |     |    |     |    |    |    |     |     |      |     |          |  |  |  |  |  |  |   |         |          |          |       |        |      |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |   |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |   |     |   |   |     |     |      |    |   |   |   |     |    |      |    |     |   |    |     |    |      |    |     |   |
| 5                                                       | 160                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 20         | 80          | 65          | 121           | 0.1        | 0.05 | 1       |  |  |   |            |            |             |             |               |            |      |         |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |    |    |    |     |      |     |   |     |    |     |    |    |     |      |   |   |     |    |    |    |     |     |      |     |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |    |    |     |     |      |   |   |     |    |    |    |    |     |      |     |   |     |    |     |    |    |     |      |     |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |     |     |     |     |      |     |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |    |    |     |     |      |     |    |     |    |     |     |     |     |      |   |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |    |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |     |    |     |     |      |     |    |     |    |    |    |     |     |      |     |          |  |  |  |  |  |  |   |         |          |          |       |        |      |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |   |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |   |     |   |   |     |     |      |    |   |   |   |     |    |      |    |     |   |    |     |    |      |    |     |   |
| 6                                                       | 110                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 10         | 90          | 87          | 55            | 0.8        | 0.02 | 0.7     |  |  |   |            |            |             |             |               |            |      |         |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |    |    |    |     |      |     |   |     |    |     |    |    |     |      |   |   |     |    |    |    |     |     |      |     |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |    |    |     |     |      |   |   |     |    |    |    |    |     |      |     |   |     |    |     |    |    |     |      |     |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |     |     |     |     |      |     |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |    |    |     |     |      |     |    |     |    |     |     |     |     |      |   |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |    |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |     |    |     |     |      |     |    |     |    |    |    |     |     |      |     |          |  |  |  |  |  |  |   |         |          |          |       |        |      |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |   |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |   |     |   |   |     |     |      |    |   |   |   |     |    |      |    |     |   |    |     |    |      |    |     |   |
| 7                                                       | 170                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 30         | 100         | 94          | 90            | 0.5        | 0.05 | 0.6     |  |  |   |            |            |             |             |               |            |      |         |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |    |    |    |     |      |     |   |     |    |     |    |    |     |      |   |   |     |    |    |    |     |     |      |     |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |    |    |     |     |      |   |   |     |    |    |    |    |     |      |     |   |     |    |     |    |    |     |      |     |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |     |     |     |     |      |     |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |    |    |     |     |      |     |    |     |    |     |     |     |     |      |   |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |    |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |     |    |     |     |      |     |    |     |    |    |    |     |     |      |     |          |  |  |  |  |  |  |   |         |          |          |       |        |      |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |   |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |   |     |   |   |     |     |      |    |   |   |   |     |    |      |    |     |   |    |     |    |      |    |     |   |
| 8                                                       | 170                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 20         | 130         | 128         | 71            | 0.7        | 0.04 | 0.2     |  |  |   |            |            |             |             |               |            |      |         |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |    |    |    |     |      |     |   |     |    |     |    |    |     |      |   |   |     |    |    |    |     |     |      |     |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |    |    |     |     |      |   |   |     |    |    |    |    |     |      |     |   |     |    |     |    |    |     |      |     |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |     |     |     |     |      |     |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |    |    |     |     |      |     |    |     |    |     |     |     |     |      |   |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |    |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |     |    |     |     |      |     |    |     |    |    |    |     |     |      |     |          |  |  |  |  |  |  |   |         |          |          |       |        |      |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |   |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |   |     |   |   |     |     |      |    |   |   |   |     |    |      |    |     |   |    |     |    |      |    |     |   |
| 9                                                       | 180                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 40         | 170         | 157         | 114           | 0.7        | 0.02 | 0.3     |  |  |   |            |            |             |             |               |            |      |         |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |    |    |    |     |      |     |   |     |    |     |    |    |     |      |   |   |     |    |    |    |     |     |      |     |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |    |    |     |     |      |   |   |     |    |    |    |    |     |      |     |   |     |    |     |    |    |     |      |     |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |     |     |     |     |      |     |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |    |    |     |     |      |     |    |     |    |     |     |     |     |      |   |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |    |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |     |    |     |     |      |     |    |     |    |    |    |     |     |      |     |          |  |  |  |  |  |  |   |         |          |          |       |        |      |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |   |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |   |     |   |   |     |     |      |    |   |   |   |     |    |      |    |     |   |    |     |    |      |    |     |   |
| 10                                                      | 200                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 40         | 150         | 140         | 94            | 0.9        | 0.02 | 0.5     |  |  |   |            |            |             |             |               |            |      |         |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |    |    |    |     |      |     |   |     |    |     |    |    |     |      |   |   |     |    |    |    |     |     |      |     |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |    |    |     |     |      |   |   |     |    |    |    |    |     |      |     |   |     |    |     |    |    |     |      |     |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |     |     |     |     |      |     |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |    |    |     |     |      |     |    |     |    |     |     |     |     |      |   |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |    |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |     |    |     |     |      |     |    |     |    |    |    |     |     |      |     |          |  |  |  |  |  |  |   |         |          |          |       |        |      |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |   |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |   |     |   |   |     |     |      |    |   |   |   |     |    |      |    |     |   |    |     |    |      |    |     |   |
| 11                                                      | 140                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 12         | 78          | 33          | 84            | 0.4        | 0.02 | 0.1     |  |  |   |            |            |             |             |               |            |      |         |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |    |    |    |     |      |     |   |     |    |     |    |    |     |      |   |   |     |    |    |    |     |     |      |     |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |    |    |     |     |      |   |   |     |    |    |    |    |     |      |     |   |     |    |     |    |    |     |      |     |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |     |     |     |     |      |     |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |    |    |     |     |      |     |    |     |    |     |     |     |     |      |   |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |    |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |     |    |     |     |      |     |    |     |    |    |    |     |     |      |     |          |  |  |  |  |  |  |   |         |          |          |       |        |      |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |   |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |   |     |   |   |     |     |      |    |   |   |   |     |    |      |    |     |   |    |     |    |      |    |     |   |
| 12                                                      | 150                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 10         | 90          | 84          | 91            | 0.3        | 0.03 | 0.6     |  |  |   |            |            |             |             |               |            |      |         |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |    |    |    |     |      |     |   |     |    |     |    |    |     |      |   |   |     |    |    |    |     |     |      |     |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |    |    |     |     |      |   |   |     |    |    |    |    |     |      |     |   |     |    |     |    |    |     |      |     |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |     |     |     |     |      |     |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |    |    |     |     |      |     |    |     |    |     |     |     |     |      |   |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |    |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |     |    |     |     |      |     |    |     |    |    |    |     |     |      |     |          |  |  |  |  |  |  |   |         |          |          |       |        |      |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |   |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |   |     |   |   |     |     |      |    |   |   |   |     |    |      |    |     |   |    |     |    |      |    |     |   |
| 13                                                      | 140                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 30         | 80          | 62          | 120           | 0.7        | 0.02 | 0.5     |  |  |   |            |            |             |             |               |            |      |         |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |    |    |    |     |      |     |   |     |    |     |    |    |     |      |   |   |     |    |    |    |     |     |      |     |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |    |    |     |     |      |   |   |     |    |    |    |    |     |      |     |   |     |    |     |    |    |     |      |     |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |     |     |     |     |      |     |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |    |    |     |     |      |     |    |     |    |     |     |     |     |      |   |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |    |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |     |    |     |     |      |     |    |     |    |    |    |     |     |      |     |          |  |  |  |  |  |  |   |         |          |          |       |        |      |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |   |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |   |     |   |   |     |     |      |    |   |   |   |     |    |      |    |     |   |    |     |    |      |    |     |   |
| 14                                                      | 200                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 50         | 150         | 139         | 114           | 0.6        | 0.01 | 1       |  |  |   |            |            |             |             |               |            |      |         |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |    |    |    |     |      |     |   |     |    |     |    |    |     |      |   |   |     |    |    |    |     |     |      |     |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |    |    |     |     |      |   |   |     |    |    |    |    |     |      |     |   |     |    |     |    |    |     |      |     |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |     |     |     |     |      |     |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |    |    |     |     |      |     |    |     |    |     |     |     |     |      |   |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |    |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |     |    |     |     |      |     |    |     |    |    |    |     |     |      |     |          |  |  |  |  |  |  |   |         |          |          |       |        |      |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |   |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |   |     |   |   |     |     |      |    |   |   |   |     |    |      |    |     |   |    |     |    |      |    |     |   |
| 15                                                      | 190                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 60         | 150         | 131         | 37            | 0.9        | 0.05 | 0.3     |  |  |   |            |            |             |             |               |            |      |         |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |    |    |    |     |      |     |   |     |    |     |    |    |     |      |   |   |     |    |    |    |     |     |      |     |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |    |    |     |     |      |   |   |     |    |    |    |    |     |      |     |   |     |    |     |    |    |     |      |     |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |     |     |     |     |      |     |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |    |    |     |     |      |     |    |     |    |     |     |     |     |      |   |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |    |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |     |    |     |     |      |     |    |     |    |    |    |     |     |      |     |          |  |  |  |  |  |  |   |         |          |          |       |        |      |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |   |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |   |     |   |   |     |     |      |    |   |   |   |     |    |      |    |     |   |    |     |    |      |    |     |   |
| 16                                                      | 90                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 10         | 50          | 39          | 86            | 0.7        | 0.02 | 0.1     |  |  |   |            |            |             |             |               |            |      |         |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |    |    |    |     |      |     |   |     |    |     |    |    |     |      |   |   |     |    |    |    |     |     |      |     |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |    |    |     |     |      |   |   |     |    |    |    |    |     |      |     |   |     |    |     |    |    |     |      |     |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |     |     |     |     |      |     |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |    |    |     |     |      |     |    |     |    |     |     |     |     |      |   |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |    |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |     |    |     |     |      |     |    |     |    |    |    |     |     |      |     |          |  |  |  |  |  |  |   |         |          |          |       |        |      |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |   |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |   |     |   |   |     |     |      |    |   |   |   |     |    |      |    |     |   |    |     |    |      |    |     |   |
| 17                                                      | 200                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 50         | 130         | 128         | 96            | 0.3        | 0.04 | 0.7     |  |  |   |            |            |             |             |               |            |      |         |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |    |    |    |     |      |     |   |     |    |     |    |    |     |      |   |   |     |    |    |    |     |     |      |     |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |    |    |     |     |      |   |   |     |    |    |    |    |     |      |     |   |     |    |     |    |    |     |      |     |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |     |     |     |     |      |     |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |    |    |     |     |      |     |    |     |    |     |     |     |     |      |   |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |    |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |     |    |     |     |      |     |    |     |    |    |    |     |     |      |     |          |  |  |  |  |  |  |   |         |          |          |       |        |      |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |   |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |   |     |   |   |     |     |      |    |   |   |   |     |    |      |    |     |   |    |     |    |      |    |     |   |
| 18                                                      | 100                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 20         | 80          | 50          | 42            | 0.8        | 0.03 | 0.5     |  |  |   |            |            |             |             |               |            |      |         |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |    |    |    |     |      |     |   |     |    |     |    |    |     |      |   |   |     |    |    |    |     |     |      |     |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |    |    |     |     |      |   |   |     |    |    |    |    |     |      |     |   |     |    |     |    |    |     |      |     |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |     |     |     |     |      |     |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |    |    |     |     |      |     |    |     |    |     |     |     |     |      |   |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |    |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |     |    |     |     |      |     |    |     |    |    |    |     |     |      |     |          |  |  |  |  |  |  |   |         |          |          |       |        |      |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |   |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |   |     |   |   |     |     |      |    |   |   |   |     |    |      |    |     |   |    |     |    |      |    |     |   |
| 19                                                      | 190                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 20         | 100         | 83          | 144           | 0.2        | 0.02 | 0.6     |  |  |   |            |            |             |             |               |            |      |         |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |    |    |    |     |      |     |   |     |    |     |    |    |     |      |   |   |     |    |    |    |     |     |      |     |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |    |    |     |     |      |   |   |     |    |    |    |    |     |      |     |   |     |    |     |    |    |     |      |     |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |     |     |     |     |      |     |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |    |    |     |     |      |     |    |     |    |     |     |     |     |      |   |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |    |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |     |    |     |     |      |     |    |     |    |    |    |     |     |      |     |          |  |  |  |  |  |  |   |         |          |          |       |        |      |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |   |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |   |     |   |   |     |     |      |    |   |   |   |     |    |      |    |     |   |    |     |    |      |    |     |   |
| 20                                                      | 130                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 12         | 60          | 51          | 113           | 0.4        | 0.02 | 0.7     |  |  |   |            |            |             |             |               |            |      |         |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |    |    |    |     |      |     |   |     |    |     |    |    |     |      |   |   |     |    |    |    |     |     |      |     |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |    |    |     |     |      |   |   |     |    |    |    |    |     |      |     |   |     |    |     |    |    |     |      |     |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |     |     |     |     |      |     |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |    |    |     |     |      |     |    |     |    |     |     |     |     |      |   |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |    |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |     |    |     |     |      |     |    |     |    |    |    |     |     |      |     |          |  |  |  |  |  |  |   |         |          |          |       |        |      |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |   |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |   |     |   |   |     |     |      |    |   |   |   |     |    |      |    |     |   |    |     |    |      |    |     |   |
| ФП-05-17                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |            |             |             |               |            |      |         |  |  |   |            |            |             |             |               |            |      |         |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |    |    |    |     |      |     |   |     |    |     |    |    |     |      |   |   |     |    |    |    |     |     |      |     |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |    |    |     |     |      |   |   |     |    |    |    |    |     |      |     |   |     |    |     |    |    |     |      |     |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |     |     |     |     |      |     |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |    |    |     |     |      |     |    |     |    |     |     |     |     |      |   |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |    |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |     |    |     |     |      |     |    |     |    |    |    |     |     |      |     |          |  |  |  |  |  |  |   |         |          |          |       |        |      |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |   |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |   |     |   |   |     |     |      |    |   |   |   |     |    |      |    |     |   |    |     |    |      |    |     |   |
| №                                                       | t1', оС                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | t2'', оС   | G1, кг/с    | d, см       | w, м/с        | L, м       |      |         |  |  |   |            |            |             |             |               |            |      |         |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |    |    |    |     |      |     |   |     |    |     |    |    |     |      |   |   |     |    |    |    |     |     |      |     |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |    |    |     |     |      |   |   |     |    |    |    |    |     |      |     |   |     |    |     |    |    |     |      |     |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |     |     |     |     |      |     |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |    |    |     |     |      |     |    |     |    |     |     |     |     |      |   |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |    |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |     |    |     |     |      |     |    |     |    |    |    |     |     |      |     |          |  |  |  |  |  |  |   |         |          |          |       |        |      |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |   |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |   |     |   |   |     |     |      |    |   |   |   |     |    |      |    |     |   |    |     |    |      |    |     |   |
| 0                                                       | 136                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 70         | 0.09        | 11          | 0.5           | 1          |      |         |  |  |   |            |            |             |             |               |            |      |         |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |    |    |    |     |      |     |   |     |    |     |    |    |     |      |   |   |     |    |    |    |     |     |      |     |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |    |    |     |     |      |   |   |     |    |    |    |    |     |      |     |   |     |    |     |    |    |     |      |     |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |     |     |     |     |      |     |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |    |    |     |     |      |     |    |     |    |     |     |     |     |      |   |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |    |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |     |    |     |     |      |     |    |     |    |    |    |     |     |      |     |          |  |  |  |  |  |  |   |         |          |          |       |        |      |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |   |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |   |     |   |   |     |     |      |    |   |   |   |     |    |      |    |     |   |    |     |    |      |    |     |   |
| 1                                                       | 101                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 89         | 0.05        | 9           | 0.7           | 2          |      |         |  |  |   |            |            |             |             |               |            |      |         |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |    |    |    |     |      |     |   |     |    |     |    |    |     |      |   |   |     |    |    |    |     |     |      |     |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |    |    |     |     |      |   |   |     |    |    |    |    |     |      |     |   |     |    |     |    |    |     |      |     |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |     |     |     |     |      |     |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |    |    |     |     |      |     |    |     |    |     |     |     |     |      |   |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |    |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |     |    |     |     |      |     |    |     |    |    |    |     |     |      |     |          |  |  |  |  |  |  |   |         |          |          |       |        |      |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |   |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |   |     |   |   |     |     |      |    |   |   |   |     |    |      |    |     |   |    |     |    |      |    |     |   |
| 2                                                       | 199                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 99         | 0.05        | 15          | 0.5           | 3          |      |         |  |  |   |            |            |             |             |               |            |      |         |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |    |    |    |     |      |     |   |     |    |     |    |    |     |      |   |   |     |    |    |    |     |     |      |     |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |    |    |     |     |      |   |   |     |    |    |    |    |     |      |     |   |     |    |     |    |    |     |      |     |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |     |     |     |     |      |     |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |    |    |     |     |      |     |    |     |    |     |     |     |     |      |   |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |    |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |     |    |     |     |      |     |    |     |    |    |    |     |     |      |     |          |  |  |  |  |  |  |   |         |          |          |       |        |      |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |   |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |   |     |   |   |     |     |      |    |   |   |   |     |    |      |    |     |   |    |     |    |      |    |     |   |
| 3                                                       | 163                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 83         | 0.09        | 10          | 0.4           | 3          |      |         |  |  |   |            |            |             |             |               |            |      |         |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |    |    |    |     |      |     |   |     |    |     |    |    |     |      |   |   |     |    |    |    |     |     |      |     |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |    |    |     |     |      |   |   |     |    |    |    |    |     |      |     |   |     |    |     |    |    |     |      |     |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |     |     |     |     |      |     |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |    |    |     |     |      |     |    |     |    |     |     |     |     |      |   |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |    |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |     |    |     |     |      |     |    |     |    |    |    |     |     |      |     |          |  |  |  |  |  |  |   |         |          |          |       |        |      |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |   |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |   |     |   |   |     |     |      |    |   |   |   |     |    |      |    |     |   |    |     |    |      |    |     |   |
| 4                                                       | 138                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 85         | 0.07        | 14          | 0.2           | 4          |      |         |  |  |   |            |            |             |             |               |            |      |         |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |    |    |    |     |      |     |   |     |    |     |    |    |     |      |   |   |     |    |    |    |     |     |      |     |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |    |    |     |     |      |   |   |     |    |    |    |    |     |      |     |   |     |    |     |    |    |     |      |     |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |     |     |     |     |      |     |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |    |    |     |     |      |     |    |     |    |     |     |     |     |      |   |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |    |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |     |    |     |     |      |     |    |     |    |    |    |     |     |      |     |          |  |  |  |  |  |  |   |         |          |          |       |        |      |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |   |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |   |     |   |   |     |     |      |    |   |   |   |     |    |      |    |     |   |    |     |    |      |    |     |   |
| 5                                                       | 107                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 74         | 0.04        | 11          | 0.7           | 3          |      |         |  |  |   |            |            |             |             |               |            |      |         |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |    |    |    |     |      |     |   |     |    |     |    |    |     |      |   |   |     |    |    |    |     |     |      |     |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |    |    |     |     |      |   |   |     |    |    |    |    |     |      |     |   |     |    |     |    |    |     |      |     |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |     |     |     |     |      |     |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |    |    |     |     |      |     |    |     |    |     |     |     |     |      |   |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |    |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |     |    |     |     |      |     |    |     |    |    |    |     |     |      |     |          |  |  |  |  |  |  |   |         |          |          |       |        |      |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |   |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |   |     |   |   |     |     |      |    |   |   |   |     |    |      |    |     |   |    |     |    |      |    |     |   |
| 6                                                       | 146                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 85         | 0.05        | 14          | 0.4           | 3          |      |         |  |  |   |            |            |             |             |               |            |      |         |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |    |    |    |     |      |     |   |     |    |     |    |    |     |      |   |   |     |    |    |    |     |     |      |     |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |    |    |     |     |      |   |   |     |    |    |    |    |     |      |     |   |     |    |     |    |    |     |      |     |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |     |     |     |     |      |     |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |    |    |     |     |      |     |    |     |    |     |     |     |     |      |   |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |    |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |     |    |     |     |      |     |    |     |    |    |    |     |     |      |     |          |  |  |  |  |  |  |   |         |          |          |       |        |      |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |   |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |   |     |   |   |     |     |      |    |   |   |   |     |    |      |    |     |   |    |     |    |      |    |     |   |
| 7                                                       | 114                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 96         | 0.03        | 8           | 0.7           | 4          |      |         |  |  |   |            |            |             |             |               |            |      |         |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |    |    |    |     |      |     |   |     |    |     |    |    |     |      |   |   |     |    |    |    |     |     |      |     |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |    |    |     |     |      |   |   |     |    |    |    |    |     |      |     |   |     |    |     |    |    |     |      |     |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |     |     |     |     |      |     |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |    |    |     |     |      |     |    |     |    |     |     |     |     |      |   |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |    |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |     |    |     |     |      |     |    |     |    |    |    |     |     |      |     |          |  |  |  |  |  |  |   |         |          |          |       |        |      |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |   |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |   |     |   |   |     |     |      |    |   |   |   |     |    |      |    |     |   |    |     |    |      |    |     |   |
| 8                                                       | 105                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 100        | 0.03        | 12          | 1             | 1          |      |         |  |  |   |            |            |             |             |               |            |      |         |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |    |    |    |     |      |     |   |     |    |     |    |    |     |      |   |   |     |    |    |    |     |     |      |     |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |    |    |     |     |      |   |   |     |    |    |    |    |     |      |     |   |     |    |     |    |    |     |      |     |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |     |     |     |     |      |     |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |    |    |     |     |      |     |    |     |    |     |     |     |     |      |   |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |    |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |     |    |     |     |      |     |    |     |    |    |    |     |     |      |     |          |  |  |  |  |  |  |   |         |          |          |       |        |      |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |   |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |   |     |   |   |     |     |      |    |   |   |   |     |    |      |    |     |   |    |     |    |      |    |     |   |
| 9                                                       | 179                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 74         | 0.05        | 11          | 0.7           | 4          |      |         |  |  |   |            |            |             |             |               |            |      |         |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |    |    |    |     |      |     |   |     |    |     |    |    |     |      |   |   |     |    |    |    |     |     |      |     |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |    |    |     |     |      |   |   |     |    |    |    |    |     |      |     |   |     |    |     |    |    |     |      |     |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |     |     |     |     |      |     |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |    |    |     |     |      |     |    |     |    |     |     |     |     |      |   |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |    |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |     |    |     |     |      |     |    |     |    |    |    |     |     |      |     |          |  |  |  |  |  |  |   |         |          |          |       |        |      |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |   |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |   |     |   |   |     |     |      |    |   |   |   |     |    |      |    |     |   |    |     |    |      |    |     |   |
| 10                                                      | 157                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 84         | 0.07        | 16          | 0.2           | 3          |      |         |  |  |   |            |            |             |             |               |            |      |         |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |    |    |    |     |      |     |   |     |    |     |    |    |     |      |   |   |     |    |    |    |     |     |      |     |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |    |    |     |     |      |   |   |     |    |    |    |    |     |      |     |   |     |    |     |    |    |     |      |     |   |     |    |     |     |    |     |      |     |   |     |    |     |     |     |     |      |     |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |    |    |     |     |      |     |    |     |    |     |     |     |     |      |   |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |    |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |     |     |    |     |      |     |    |     |    |    |    |    |     |      |     |    |     |    |     |    |     |     |      |     |    |     |    |    |    |     |     |      |     |          |  |  |  |  |  |  |   |         |          |          |       |        |      |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |   |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |    |     |   |   |     |    |      |   |     |   |   |     |     |      |    |   |   |   |     |    |      |    |     |   |    |     |    |      |    |     |   |

| Запланированные результаты обучения по дисциплине                                                                                  | Вопросы/задания для проверки                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |             |            |               |               |            |               |               |          |     |    |      |    |     |   |            |             |            |             |            |   |    |     |     |     |      |    |     |     |    |     |     |      |    |     |    |     |     |    |     |     |     |     |     |     |    |      |    |     |     |    |     |     |     |     |     |   |    |     |    |      |    |     |    |     |     |     |      |    |     |     |    |     |     |      |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |    |    |    |     |    |     |     |    |   |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |    |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |           |           |           |               |               |            |               |               |          |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|------------|---------------|---------------|------------|---------------|---------------|----------|-----|----|------|----|-----|---|------------|-------------|------------|-------------|------------|---|----|-----|-----|-----|------|----|-----|-----|----|-----|-----|------|----|-----|----|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|------|----|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|---|----|-----|----|------|----|-----|----|-----|-----|-----|------|----|-----|-----|----|-----|-----|------|----|-----|----|-----|-----|----|----|-----|----|-----|-----|----|----|-----|----|-----|-----|----|----|-----|----|-----|----|----|----|-----|----|-----|-----|----|---|-----|----|-----|-----|----|----|-----|----|-----|-----|----|----|-----|----|-----|----|----------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---|-----------|-----------|-----------|---------------|---------------|------------|---------------|---------------|----------|
|                                                                                                                                    | <table><tr><td>11</td><td>152</td><td>88</td><td>0.04</td><td>16</td><td>0.3</td><td>4</td></tr><tr><td>12</td><td>159</td><td>80</td><td>0.04</td><td>13</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>13</td><td>195</td><td>85</td><td>0.04</td><td>16</td><td>0.8</td><td>2</td></tr><tr><td>14</td><td>149</td><td>67</td><td>0.06</td><td>12</td><td>0.2</td><td>1</td></tr><tr><td>15</td><td>155</td><td>81</td><td>0.1</td><td>9</td><td>0.6</td><td>1</td></tr><tr><td>16</td><td>116</td><td>64</td><td>0.09</td><td>15</td><td>0.3</td><td>1</td></tr><tr><td>17</td><td>144</td><td>63</td><td>0.1</td><td>14</td><td>0.5</td><td>1</td></tr><tr><td>18</td><td>103</td><td>81</td><td>0.07</td><td>8</td><td>0.1</td><td>2</td></tr><tr><td>19</td><td>192</td><td>68</td><td>0.03</td><td>15</td><td>0.2</td><td>1</td></tr><tr><td>20</td><td>189</td><td>66</td><td>0.06</td><td>13</td><td>1</td><td>1</td></tr></table>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |             |            |               |               |            |               |               | 11       | 152 | 88 | 0.04 | 16 | 0.3 | 4 | 12         | 159         | 80         | 0.04        | 13         | 1 | 1  | 13  | 195 | 85  | 0.04 | 16 | 0.8 | 2   | 14 | 149 | 67  | 0.06 | 12 | 0.2 | 1  | 15  | 155 | 81 | 0.1 | 9   | 0.6 | 1   | 16  | 116 | 64 | 0.09 | 15 | 0.3 | 1   | 17 | 144 | 63  | 0.1 | 14  | 0.5 | 1 | 18 | 103 | 81 | 0.07 | 8  | 0.1 | 2  | 19  | 192 | 68  | 0.03 | 15 | 0.2 | 1   | 20 | 189 | 66  | 0.06 | 13 | 1   | 1  |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |    |    |    |     |    |     |     |    |   |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |    |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |           |           |           |               |               |            |               |               |          |
| 11                                                                                                                                 | 152                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 88          | 0.04       | 16            | 0.3           | 4          |               |               |          |     |    |      |    |     |   |            |             |            |             |            |   |    |     |     |     |      |    |     |     |    |     |     |      |    |     |    |     |     |    |     |     |     |     |     |     |    |      |    |     |     |    |     |     |     |     |     |   |    |     |    |      |    |     |    |     |     |     |      |    |     |     |    |     |     |      |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |    |    |    |     |    |     |     |    |   |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |    |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |           |           |           |               |               |            |               |               |          |
| 12                                                                                                                                 | 159                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 80          | 0.04       | 13            | 1             | 1          |               |               |          |     |    |      |    |     |   |            |             |            |             |            |   |    |     |     |     |      |    |     |     |    |     |     |      |    |     |    |     |     |    |     |     |     |     |     |     |    |      |    |     |     |    |     |     |     |     |     |   |    |     |    |      |    |     |    |     |     |     |      |    |     |     |    |     |     |      |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |    |    |    |     |    |     |     |    |   |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |    |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |           |           |           |               |               |            |               |               |          |
| 13                                                                                                                                 | 195                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 85          | 0.04       | 16            | 0.8           | 2          |               |               |          |     |    |      |    |     |   |            |             |            |             |            |   |    |     |     |     |      |    |     |     |    |     |     |      |    |     |    |     |     |    |     |     |     |     |     |     |    |      |    |     |     |    |     |     |     |     |     |   |    |     |    |      |    |     |    |     |     |     |      |    |     |     |    |     |     |      |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |    |    |    |     |    |     |     |    |   |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |    |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |           |           |           |               |               |            |               |               |          |
| 14                                                                                                                                 | 149                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 67          | 0.06       | 12            | 0.2           | 1          |               |               |          |     |    |      |    |     |   |            |             |            |             |            |   |    |     |     |     |      |    |     |     |    |     |     |      |    |     |    |     |     |    |     |     |     |     |     |     |    |      |    |     |     |    |     |     |     |     |     |   |    |     |    |      |    |     |    |     |     |     |      |    |     |     |    |     |     |      |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |    |    |    |     |    |     |     |    |   |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |    |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |           |           |           |               |               |            |               |               |          |
| 15                                                                                                                                 | 155                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 81          | 0.1        | 9             | 0.6           | 1          |               |               |          |     |    |      |    |     |   |            |             |            |             |            |   |    |     |     |     |      |    |     |     |    |     |     |      |    |     |    |     |     |    |     |     |     |     |     |     |    |      |    |     |     |    |     |     |     |     |     |   |    |     |    |      |    |     |    |     |     |     |      |    |     |     |    |     |     |      |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |    |    |    |     |    |     |     |    |   |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |    |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |           |           |           |               |               |            |               |               |          |
| 16                                                                                                                                 | 116                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 64          | 0.09       | 15            | 0.3           | 1          |               |               |          |     |    |      |    |     |   |            |             |            |             |            |   |    |     |     |     |      |    |     |     |    |     |     |      |    |     |    |     |     |    |     |     |     |     |     |     |    |      |    |     |     |    |     |     |     |     |     |   |    |     |    |      |    |     |    |     |     |     |      |    |     |     |    |     |     |      |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |    |    |    |     |    |     |     |    |   |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |    |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |           |           |           |               |               |            |               |               |          |
| 17                                                                                                                                 | 144                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 63          | 0.1        | 14            | 0.5           | 1          |               |               |          |     |    |      |    |     |   |            |             |            |             |            |   |    |     |     |     |      |    |     |     |    |     |     |      |    |     |    |     |     |    |     |     |     |     |     |     |    |      |    |     |     |    |     |     |     |     |     |   |    |     |    |      |    |     |    |     |     |     |      |    |     |     |    |     |     |      |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |    |    |    |     |    |     |     |    |   |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |    |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |           |           |           |               |               |            |               |               |          |
| 18                                                                                                                                 | 103                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 81          | 0.07       | 8             | 0.1           | 2          |               |               |          |     |    |      |    |     |   |            |             |            |             |            |   |    |     |     |     |      |    |     |     |    |     |     |      |    |     |    |     |     |    |     |     |     |     |     |     |    |      |    |     |     |    |     |     |     |     |     |   |    |     |    |      |    |     |    |     |     |     |      |    |     |     |    |     |     |      |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |    |    |    |     |    |     |     |    |   |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |    |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |           |           |           |               |               |            |               |               |          |
| 19                                                                                                                                 | 192                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 68          | 0.03       | 15            | 0.2           | 1          |               |               |          |     |    |      |    |     |   |            |             |            |             |            |   |    |     |     |     |      |    |     |     |    |     |     |      |    |     |    |     |     |    |     |     |     |     |     |     |    |      |    |     |     |    |     |     |     |     |     |   |    |     |    |      |    |     |    |     |     |     |      |    |     |     |    |     |     |      |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |    |    |    |     |    |     |     |    |   |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |    |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |           |           |           |               |               |            |               |               |          |
| 20                                                                                                                                 | 189                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 66          | 0.06       | 13            | 1             | 1          |               |               |          |     |    |      |    |     |   |            |             |            |             |            |   |    |     |     |     |      |    |     |     |    |     |     |      |    |     |    |     |     |    |     |     |     |     |     |     |    |      |    |     |     |    |     |     |     |     |     |   |    |     |    |      |    |     |    |     |     |     |      |    |     |     |    |     |     |      |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |    |    |    |     |    |     |     |    |   |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |    |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |           |           |           |               |               |            |               |               |          |
| Уметь: составлять и рассчитывать уравнения теплового баланса и теплопередачи для теплообменного оборудования различного назначения | <p>1.<b>Задача 8.2.</b> В сушилку вводится смесь из свежего воздуха при <math>t_0</math> и <math>\varphi_0</math> и отработанного воздуха <math>t_2</math> и <math>\varphi_2</math> в массовом соотношении 1:3, считая на сухой воздух. Найти удельный расход сушильного агента и удельный расход теплоты в сушилке, если смесь подогревается в калорифере до <math>t_1</math>. Определить, теплотопотери или теплопритоки преобладают в сушильной установке.</p> <table><tr><th colspan="6">ФП-01-17</th></tr><tr><th>№</th><th><math>t_0</math>, оC</th><th><math>\varphi_0</math></th><th><math>t_2</math>, оC</th><th><math>\varphi_2</math></th><th><math>t_1</math>, оC</th></tr><tr><td>0</td><td>25</td><td>50%</td><td>50</td><td>80%</td><td>80</td></tr><tr><td>1</td><td>5</td><td>59%</td><td>75</td><td>78%</td><td>132</td></tr><tr><td>2</td><td>23</td><td>50%</td><td>74</td><td>72%</td><td>80</td></tr><tr><td>3</td><td>20</td><td>48%</td><td>72</td><td>84%</td><td>114</td></tr><tr><td>4</td><td>6</td><td>70%</td><td>56</td><td>83%</td><td>142</td></tr><tr><td>5</td><td>14</td><td>51%</td><td>79</td><td>74%</td><td>93</td></tr><tr><td>6</td><td>7</td><td>52%</td><td>69</td><td>70%</td><td>89</td></tr><tr><td>7</td><td>15</td><td>61%</td><td>55</td><td>87%</td><td>141</td></tr><tr><td>8</td><td>20</td><td>62%</td><td>58</td><td>72%</td><td>130</td></tr><tr><td>9</td><td>19</td><td>65%</td><td>68</td><td>78%</td><td>137</td></tr><tr><td>10</td><td>18</td><td>57%</td><td>64</td><td>66%</td><td>122</td></tr><tr><td>11</td><td>26</td><td>57%</td><td>60</td><td>66%</td><td>121</td></tr><tr><td>12</td><td>13</td><td>55%</td><td>76</td><td>90%</td><td>99</td></tr><tr><td>13</td><td>13</td><td>68%</td><td>63</td><td>70%</td><td>122</td></tr><tr><td>14</td><td>9</td><td>41%</td><td>69</td><td>76%</td><td>111</td></tr><tr><td>15</td><td>11</td><td>57%</td><td>73</td><td>76%</td><td>116</td></tr><tr><td>16</td><td>16</td><td>53%</td><td>57</td><td>69%</td><td>99</td></tr></table> <p><b>Задача 12.</b> Вычислить состав равновесной паровой фазы при температуре <math>t_1</math> для жидкой смеси, состоящей из <math>X_6</math> мольной доли бензола и <math>X_7</math> толуола, считая, что данная смесь характеризуется законом Рауля. Найти также, какого состава смесь бензола и толуола кипит при температуре <math>t_2</math> и при давлении <math>P</math>.</p> <table><tr><th colspan="10">ФП-01-17</th></tr><tr><th>№</th><th><math>t_1</math>,оC</th><th><math>X_6</math>, %</th><th><math>X_7</math>, %</th><th><math>P_{s6}(t_1)</math></th><th><math>P_{s7}(t_1)</math></th><th><math>t_2</math>, оC</th><th><math>P_{s6}(t_2)</math></th><th><math>P_{s7}(t_2)</math></th><th><math>P</math>, мм</th></tr></table> |             |            |               |               |            |               |               | ФП-01-17 |     |    |      |    |     | № | $t_0$ , оC | $\varphi_0$ | $t_2$ , оC | $\varphi_2$ | $t_1$ , оC | 0 | 25 | 50% | 50  | 80% | 80   | 1  | 5   | 59% | 75 | 78% | 132 | 2    | 23 | 50% | 74 | 72% | 80  | 3  | 20  | 48% | 72  | 84% | 114 | 4   | 6  | 70%  | 56 | 83% | 142 | 5  | 14  | 51% | 79  | 74% | 93  | 6 | 7  | 52% | 69 | 70%  | 89 | 7   | 15 | 61% | 55  | 87% | 141  | 8  | 20  | 62% | 58 | 72% | 130 | 9    | 19 | 65% | 68 | 78% | 137 | 10 | 18 | 57% | 64 | 66% | 122 | 11 | 26 | 57% | 60 | 66% | 121 | 12 | 13 | 55% | 76 | 90% | 99 | 13 | 13 | 68% | 63 | 70% | 122 | 14 | 9 | 41% | 69 | 76% | 111 | 15 | 11 | 57% | 73 | 76% | 116 | 16 | 16 | 53% | 57 | 69% | 99 | ФП-01-17 |  |  |  |  |  |  |  |  |  | № | $t_1$ ,оC | $X_6$ , % | $X_7$ , % | $P_{s6}(t_1)$ | $P_{s7}(t_1)$ | $t_2$ , оC | $P_{s6}(t_2)$ | $P_{s7}(t_2)$ | $P$ , мм |
| ФП-01-17                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |             |            |               |               |            |               |               |          |     |    |      |    |     |   |            |             |            |             |            |   |    |     |     |     |      |    |     |     |    |     |     |      |    |     |    |     |     |    |     |     |     |     |     |     |    |      |    |     |     |    |     |     |     |     |     |   |    |     |    |      |    |     |    |     |     |     |      |    |     |     |    |     |     |      |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |    |    |    |     |    |     |     |    |   |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |    |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |           |           |           |               |               |            |               |               |          |
| №                                                                                                                                  | $t_0$ , оC                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | $\varphi_0$ | $t_2$ , оC | $\varphi_2$   | $t_1$ , оC    |            |               |               |          |     |    |      |    |     |   |            |             |            |             |            |   |    |     |     |     |      |    |     |     |    |     |     |      |    |     |    |     |     |    |     |     |     |     |     |     |    |      |    |     |     |    |     |     |     |     |     |   |    |     |    |      |    |     |    |     |     |     |      |    |     |     |    |     |     |      |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |    |    |    |     |    |     |     |    |   |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |    |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |           |           |           |               |               |            |               |               |          |
| 0                                                                                                                                  | 25                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 50%         | 50         | 80%           | 80            |            |               |               |          |     |    |      |    |     |   |            |             |            |             |            |   |    |     |     |     |      |    |     |     |    |     |     |      |    |     |    |     |     |    |     |     |     |     |     |     |    |      |    |     |     |    |     |     |     |     |     |   |    |     |    |      |    |     |    |     |     |     |      |    |     |     |    |     |     |      |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |    |    |    |     |    |     |     |    |   |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |    |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |           |           |           |               |               |            |               |               |          |
| 1                                                                                                                                  | 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 59%         | 75         | 78%           | 132           |            |               |               |          |     |    |      |    |     |   |            |             |            |             |            |   |    |     |     |     |      |    |     |     |    |     |     |      |    |     |    |     |     |    |     |     |     |     |     |     |    |      |    |     |     |    |     |     |     |     |     |   |    |     |    |      |    |     |    |     |     |     |      |    |     |     |    |     |     |      |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |    |    |    |     |    |     |     |    |   |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |    |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |           |           |           |               |               |            |               |               |          |
| 2                                                                                                                                  | 23                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 50%         | 74         | 72%           | 80            |            |               |               |          |     |    |      |    |     |   |            |             |            |             |            |   |    |     |     |     |      |    |     |     |    |     |     |      |    |     |    |     |     |    |     |     |     |     |     |     |    |      |    |     |     |    |     |     |     |     |     |   |    |     |    |      |    |     |    |     |     |     |      |    |     |     |    |     |     |      |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |    |    |    |     |    |     |     |    |   |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |    |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |           |           |           |               |               |            |               |               |          |
| 3                                                                                                                                  | 20                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 48%         | 72         | 84%           | 114           |            |               |               |          |     |    |      |    |     |   |            |             |            |             |            |   |    |     |     |     |      |    |     |     |    |     |     |      |    |     |    |     |     |    |     |     |     |     |     |     |    |      |    |     |     |    |     |     |     |     |     |   |    |     |    |      |    |     |    |     |     |     |      |    |     |     |    |     |     |      |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |    |    |    |     |    |     |     |    |   |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |    |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |           |           |           |               |               |            |               |               |          |
| 4                                                                                                                                  | 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 70%         | 56         | 83%           | 142           |            |               |               |          |     |    |      |    |     |   |            |             |            |             |            |   |    |     |     |     |      |    |     |     |    |     |     |      |    |     |    |     |     |    |     |     |     |     |     |     |    |      |    |     |     |    |     |     |     |     |     |   |    |     |    |      |    |     |    |     |     |     |      |    |     |     |    |     |     |      |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |    |    |    |     |    |     |     |    |   |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |    |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |           |           |           |               |               |            |               |               |          |
| 5                                                                                                                                  | 14                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 51%         | 79         | 74%           | 93            |            |               |               |          |     |    |      |    |     |   |            |             |            |             |            |   |    |     |     |     |      |    |     |     |    |     |     |      |    |     |    |     |     |    |     |     |     |     |     |     |    |      |    |     |     |    |     |     |     |     |     |   |    |     |    |      |    |     |    |     |     |     |      |    |     |     |    |     |     |      |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |    |    |    |     |    |     |     |    |   |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |    |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |           |           |           |               |               |            |               |               |          |
| 6                                                                                                                                  | 7                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 52%         | 69         | 70%           | 89            |            |               |               |          |     |    |      |    |     |   |            |             |            |             |            |   |    |     |     |     |      |    |     |     |    |     |     |      |    |     |    |     |     |    |     |     |     |     |     |     |    |      |    |     |     |    |     |     |     |     |     |   |    |     |    |      |    |     |    |     |     |     |      |    |     |     |    |     |     |      |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |    |    |    |     |    |     |     |    |   |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |    |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |           |           |           |               |               |            |               |               |          |
| 7                                                                                                                                  | 15                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 61%         | 55         | 87%           | 141           |            |               |               |          |     |    |      |    |     |   |            |             |            |             |            |   |    |     |     |     |      |    |     |     |    |     |     |      |    |     |    |     |     |    |     |     |     |     |     |     |    |      |    |     |     |    |     |     |     |     |     |   |    |     |    |      |    |     |    |     |     |     |      |    |     |     |    |     |     |      |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |    |    |    |     |    |     |     |    |   |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |    |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |           |           |           |               |               |            |               |               |          |
| 8                                                                                                                                  | 20                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 62%         | 58         | 72%           | 130           |            |               |               |          |     |    |      |    |     |   |            |             |            |             |            |   |    |     |     |     |      |    |     |     |    |     |     |      |    |     |    |     |     |    |     |     |     |     |     |     |    |      |    |     |     |    |     |     |     |     |     |   |    |     |    |      |    |     |    |     |     |     |      |    |     |     |    |     |     |      |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |    |    |    |     |    |     |     |    |   |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |    |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |           |           |           |               |               |            |               |               |          |
| 9                                                                                                                                  | 19                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 65%         | 68         | 78%           | 137           |            |               |               |          |     |    |      |    |     |   |            |             |            |             |            |   |    |     |     |     |      |    |     |     |    |     |     |      |    |     |    |     |     |    |     |     |     |     |     |     |    |      |    |     |     |    |     |     |     |     |     |   |    |     |    |      |    |     |    |     |     |     |      |    |     |     |    |     |     |      |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |    |    |    |     |    |     |     |    |   |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |    |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |           |           |           |               |               |            |               |               |          |
| 10                                                                                                                                 | 18                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 57%         | 64         | 66%           | 122           |            |               |               |          |     |    |      |    |     |   |            |             |            |             |            |   |    |     |     |     |      |    |     |     |    |     |     |      |    |     |    |     |     |    |     |     |     |     |     |     |    |      |    |     |     |    |     |     |     |     |     |   |    |     |    |      |    |     |    |     |     |     |      |    |     |     |    |     |     |      |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |    |    |    |     |    |     |     |    |   |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |    |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |           |           |           |               |               |            |               |               |          |
| 11                                                                                                                                 | 26                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 57%         | 60         | 66%           | 121           |            |               |               |          |     |    |      |    |     |   |            |             |            |             |            |   |    |     |     |     |      |    |     |     |    |     |     |      |    |     |    |     |     |    |     |     |     |     |     |     |    |      |    |     |     |    |     |     |     |     |     |   |    |     |    |      |    |     |    |     |     |     |      |    |     |     |    |     |     |      |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |    |    |    |     |    |     |     |    |   |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |    |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |           |           |           |               |               |            |               |               |          |
| 12                                                                                                                                 | 13                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 55%         | 76         | 90%           | 99            |            |               |               |          |     |    |      |    |     |   |            |             |            |             |            |   |    |     |     |     |      |    |     |     |    |     |     |      |    |     |    |     |     |    |     |     |     |     |     |     |    |      |    |     |     |    |     |     |     |     |     |   |    |     |    |      |    |     |    |     |     |     |      |    |     |     |    |     |     |      |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |    |    |    |     |    |     |     |    |   |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |    |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |           |           |           |               |               |            |               |               |          |
| 13                                                                                                                                 | 13                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 68%         | 63         | 70%           | 122           |            |               |               |          |     |    |      |    |     |   |            |             |            |             |            |   |    |     |     |     |      |    |     |     |    |     |     |      |    |     |    |     |     |    |     |     |     |     |     |     |    |      |    |     |     |    |     |     |     |     |     |   |    |     |    |      |    |     |    |     |     |     |      |    |     |     |    |     |     |      |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |    |    |    |     |    |     |     |    |   |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |    |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |           |           |           |               |               |            |               |               |          |
| 14                                                                                                                                 | 9                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 41%         | 69         | 76%           | 111           |            |               |               |          |     |    |      |    |     |   |            |             |            |             |            |   |    |     |     |     |      |    |     |     |    |     |     |      |    |     |    |     |     |    |     |     |     |     |     |     |    |      |    |     |     |    |     |     |     |     |     |   |    |     |    |      |    |     |    |     |     |     |      |    |     |     |    |     |     |      |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |    |    |    |     |    |     |     |    |   |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |    |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |           |           |           |               |               |            |               |               |          |
| 15                                                                                                                                 | 11                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 57%         | 73         | 76%           | 116           |            |               |               |          |     |    |      |    |     |   |            |             |            |             |            |   |    |     |     |     |      |    |     |     |    |     |     |      |    |     |    |     |     |    |     |     |     |     |     |     |    |      |    |     |     |    |     |     |     |     |     |   |    |     |    |      |    |     |    |     |     |     |      |    |     |     |    |     |     |      |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |    |    |    |     |    |     |     |    |   |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |    |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |           |           |           |               |               |            |               |               |          |
| 16                                                                                                                                 | 16                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 53%         | 57         | 69%           | 99            |            |               |               |          |     |    |      |    |     |   |            |             |            |             |            |   |    |     |     |     |      |    |     |     |    |     |     |      |    |     |    |     |     |    |     |     |     |     |     |     |    |      |    |     |     |    |     |     |     |     |     |   |    |     |    |      |    |     |    |     |     |     |      |    |     |     |    |     |     |      |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |    |    |    |     |    |     |     |    |   |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |    |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |           |           |           |               |               |            |               |               |          |
| ФП-01-17                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |             |            |               |               |            |               |               |          |     |    |      |    |     |   |            |             |            |             |            |   |    |     |     |     |      |    |     |     |    |     |     |      |    |     |    |     |     |    |     |     |     |     |     |     |    |      |    |     |     |    |     |     |     |     |     |   |    |     |    |      |    |     |    |     |     |     |      |    |     |     |    |     |     |      |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |    |    |    |     |    |     |     |    |   |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |    |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |           |           |           |               |               |            |               |               |          |
| №                                                                                                                                  | $t_1$ ,оC                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | $X_6$ , %   | $X_7$ , %  | $P_{s6}(t_1)$ | $P_{s7}(t_1)$ | $t_2$ , оC | $P_{s6}(t_2)$ | $P_{s7}(t_2)$ | $P$ , мм |     |    |      |    |     |   |            |             |            |             |            |   |    |     |     |     |      |    |     |     |    |     |     |      |    |     |    |     |     |    |     |     |     |     |     |     |    |      |    |     |     |    |     |     |     |     |     |   |    |     |    |      |    |     |    |     |     |     |      |    |     |     |    |     |     |      |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |    |    |    |     |    |     |     |    |   |     |    |     |     |    |    |     |    |     |     |    |    |     |    |     |    |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |           |           |           |               |               |            |               |               |          |

| Запланированные результаты обучения по дисциплине | Вопросы/задания для проверки |           |           |           |             |             |           |             |             |            |
|---------------------------------------------------|------------------------------|-----------|-----------|-----------|-------------|-------------|-----------|-------------|-------------|------------|
|                                                   |                              |           |           |           | мм рт<br>ст | мм<br>рт ст |           | мм рт<br>ст | мм<br>рт ст | рт ст      |
|                                                   | <b>0</b>                     | <b>60</b> | <b>40</b> | <b>60</b> | <b>391</b>  | <b>139</b>  | <b>90</b> | <b>1022</b> | <b>407</b>  | <b>760</b> |
|                                                   | 1                            | 69        | 67        | 33        | 534         | 226         | 90        | 1000        | 477         | 676        |
|                                                   | 2                            | 104       | 59        | 41        | 1520        | 784         | 79        | 720         | 323         | 598        |
|                                                   | 3                            | 62        | 64        | 36        | 433         | 177         | 96        | 1196        | 590         | 969        |
|                                                   | 4                            | 87        | 38        | 62        | 914         | 429         | 105       | 1566        | 813         | 1155       |
|                                                   | 5                            | 95        | 62        | 38        | 1161        | 570         | 73        | 601         | 261         | 293        |
|                                                   | 6                            | 83        | 38        | 62        | 811         | 372         | 100       | 1348        | 680         | 1286       |
|                                                   | 7                            | 88        | 56        | 44        | 942         | 444         | 80        | 742         | 335         | 720        |
|                                                   | 8                            | 103       | 66        | 34        | 1475        | 757         | 95        | 1161        | 570         | 1085       |
|                                                   | 9                            | 102       | 34        | 66        | 1432        | 731         | 94        | 1127        | 550         | 758        |
|                                                   | 10                           | 68        | 27        | 73        | 518         | 218         | 67        | 503         | 211         | 396        |
|                                                   | 11                           | 65        | 22        | 78        | 474         | 196         | 103       | 1475        | 757         | 1460       |
|                                                   | 12                           | 92        | 20        | 80        | 1062        | 512         | 97        | 1233        | 612         | 1202       |
|                                                   | 13                           | 65        | 38        | 62        | 474         | 196         | 102       | 1432        | 731         | 1130       |
|                                                   | 14                           | 78        | 66        | 34        | 698         | 312         | 64        | 460         | 190         | 296        |
|                                                   | 15                           | 94        | 64        | 36        | 1127        | 550         | 62        | 433         | 177         | 360        |
|                                                   | 16                           | 108       | 26        | 74        | 1713        | 904         | 95        | 1161        | 570         | 871        |

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5 («отлично»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 100*

*Описание характеристики выполнения знания: студент получил правильные ответы по всем выданным задачам*

*Оценка: 4 («хорошо»)*

*Описание характеристики выполнения знания: -*

*Оценка: 3 («удовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания: -*

*Оценка: 2 («неудовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания: студент не сдал хотя бы одно из выданных заданий*

**КМ-7. Коллоквиум «Основы проектирования и расчета теплообменных аппаратов» (архив)**

**Формы реализации:** Устная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Коллоквиум

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студенту предлагается устно ответить на несколько вопросов из разных разделов курса, при необходимости пояснить свой ответ формулами и схемами. Студент должен продемонстрировать знание основных определений, умение объяснить ход решения задач, понимание основных процессов, происходящих в теплообменниках, и методик их расчета. Время беседы с преподавателем может составлять 10-15 минут.

**Краткое содержание задания:**

Проводится по всем разделам курса, которые разбираются на практических занятиях.

**Контрольные вопросы/задания:**

| Запланированные результаты обучения по дисциплине                                                                                              | Вопросы/задания для проверки                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Знать: основные методы расчета тепломассообменного оборудования предприятий, входящего в состав объектов теплоэнергетики и теплотехники</p> | <p>1.</p> <ol style="list-style-type: none"><li>Общий список вопросов к коллоквиуму:</li><li></li><li>Чем отличаются рекуперативные, регенеративные и смешительные теплообменные аппараты? Дать определение каждому виду т/а.</li><li>Какие различают т/а по взаимному направлению движения теплоносителей? Какая схема тока считается наиболее эффективной?</li><li>Какие различают рекуперативные т/а по конструкции? Как определить скорость теплоносителя? Как определить число ходов теплоносителя? Уравнение постоянства массового расхода.</li><li>Назвать примерные значения коэффициента теплоотдачи для воды, пара, воздуха, дымовых газов.</li><li>Зачем в кожухотрубных аппаратах применяются сегментные перегородки?</li><li>Что определяется с помощью поверочного (проектного) расчета?</li><li>От чего зависит изменение температур теплоносителей в теплообменнике? Нарисовать температурный график для теплообменника с противотоком или прямотоком при различных соотношениях расходных теплоёмкостей теплоносителей.</li><li>Чем отличается расчет теплообменного аппарата, в котором происходит и фазовый переход одного из теплоносителей и изменение его температуры?</li><li>Что такое коэффициент теплоотдачи (дать определение)? От чего он зависит?</li><li>Что такое коэффициент теплопередачи (дать определение)? От чего он зависит?</li><li>Уравнение теплопередачи и его составляющие.</li><li>Записать тепловой и материальный баланс для конкретного типа теплообменника.</li><li>Где коэффициент теплоотдачи будет больше: на вертикальной трубе или на горизонтальной?</li><li>Физический смысл числа Рейнольдса, Прандля, Грасгофа.</li><li>Определение идеального теплообменника.</li><li>Физический смысл эффективности теплообменника, числа единиц переноса.</li><li>Что такое КПД ребра, оребренной поверхности? Как они соотносятся?</li><li>Зачем применяют оребрение?</li></ol> |

| Запланированные результаты обучения по дисциплине | Вопросы/задания для проверки                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                   | <p>21. Идеальное ребро – что это?</p> <p>22. Степень оребрения. Коэффициент теплопередачи при оребрении с 2х сторон.</p> <p>23. Что такое абсолютная влажность воздуха? Относительная влажность воздуха?</p> <p>24. Что такое влагосодержание воздуха? Чем оно отличается от абсолютной влажности воздуха?</p> <p>25. Температура мокрого термометра и точка росы.</p> <p>26. Процессы в h-d диаграмме: нагрев, охлаждение, адиабатное увлажнение, осушка, смешение.</p> <p>27. Скруббер. Что из себя представляет. Процессы. Тип т\а. Что является поверхностью теплообмена?</p> <p>Построение процесса в скруббере. Зачем строится процесс?</p> <p>Нарисовать процесс в прямо- и противоточном скруббере.</p> <p>При какой температуре воды будет происходить увлажнение воздуха? Осушка?</p> <p>1. Области применения сушильных т/а. Процесс сушки в h-d-диаграмме. Удельный расход сушильного агента и удельный расход теплоты – что за величины?</p> <p>2. Теоретическая и реальная сушилка.</p> <p>3. Сушильные агенты.</p> <p>4. Выпарка – что за процесс. Процессы в выпарной установке.</p> <p>5. Физико-химическая температурная депрессия. Виды депрессий.</p> <p>6. Многоступенчатые выпарные установки – принцип действия.</p> <p>7. Материальный баланс выпарной установки.</p> <p>8. Полезный и располагаемый перепад температур.</p> <p>9. Жидкие смеси. Концентрация. Закон Дальтона. Закон Рауля. Диаграммы состояния.</p> <p>10. Перегонка и ректификация. Определение, различия.</p> <p>11. Чем отличается выпарка от перегонки?</p> <p>12. Принцип работы ректификационной установки.</p> <p>13. Определение теоретического числа тарелок. Флегмовое число.</p> <p>14. Многоступенчатая перегонка в диаграмме t-x,y.</p> |

#### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5 («отлично»)*

*Описание характеристики выполнения знания:* студент продемонстрировал знание основных определений, понимание основных процессов, происходящих в теплообменниках, знание их конструкции и методик расчета, и сумел объяснить ход решения задач

*Оценка: 4 («хорошо»)*

*Описание характеристики выполнения знания:* студент продемонстрировал знание основных определений, понимание основных процессов, происходящих в тепломассообменных аппаратах, знание их конструкции и методик расчета, и сумел объяснить ход решения задач, но допустил при этом незначительные логические ошибки

*Оценка: 3 («удовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания:* студент в целом продемонстрировал знание основных определений, понимание основных процессов, происходящих в тепломассообменных аппаратах, знание их конструкции и методик расчета, и сумел объяснить ход решения задач, но допустил при этом значительные и даже грубые ошибки в размерностях и формулах, но сумел самостоятельно исправить их в ходе ответа

*Оценка: 2 («неудовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания:* студент в целом не продемонстрировал знание основных определений и процессов, происходящих в тепломассообменных аппаратах, не сумел объяснить ход решения задач, допустил при этом грубые ошибки, которые не смог исправить в ходе ответа

## СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

7 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

|                                                                                                                                                                                                                                           |                                                         |                            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|----------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                           | ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1<br>Кафедра ТМПУ               | Утверждаю:<br>Зав.кафедрой |
| МЭИ                                                                                                                                                                                                                                       | Дисциплина: Тепломассообменное оборудование предприятий |                            |
|                                                                                                                                                                                                                                           | ИЭВТ                                                    | 25.12. 2021 г.             |
| студент в целом не продемонстрировал знание основных определений и процессов, происходящих в тепломассообменных аппаратах, не сумел объяснить ход решения задач, допустил при этом грубые ошибки, которые не смог исправить в ходе ответа |                                                         |                            |
| 1. Применение и классификация теплообменных аппаратов.                                                                                                                                                                                    |                                                         |                            |
| 2. Изменение температур насадки регенератора. Коэффициент аккумуляции насадки. Температурный гистерезис.                                                                                                                                  |                                                         |                            |

Пример задачи:

1. В кожухотрубном теплообменном аппарате нагревается вода от температуры +60 оС до температуры + 120 оС. Расход воды - 12 м<sup>3</sup>/ч. Вода нагревается насыщенным водяным паром с температурой +160 оС и теплотой парообразования 2200 кДж/кг. Оценить площадь теплообменной поверхности, найти расход пара и эффективность аппарата.

### Процедура проведения

К экзамену допускаются студенты, выполнившие все текущие контрольные мероприятия на оценку не ниже «Удовлетворительно».

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.

Экзаменационное задание выбирается студентом случайным образом и состоит из билета с двумя вопросами по теории дисциплины, предполагающими развернутый ответ с необходимыми письменными пояснениями (схемы и формулы), и практического задания в виде задачи. Экзаменатор также может задать несколько дополнительных вопросов по программе экзамена.

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

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-1ПК-1 Способен использовать нормативную документацию при разработке объектов теплоэнергетики и теплотехники

### **Вопросы, задания**

- 1.1. Применение и классификация теплообменных аппаратов.
2. Основные конструкции рекуперативных теплообменных аппаратов.



3. Кожухотрубные и секционные теплообменные аппараты. Конструкции и применение.
4. Пластинчатые теплообменники для жидких и газообразных теплоносителей. Конструкции и применение.
5. Основные конструкции теплообменных аппаратов. Змеевиковые, спиральные теплообменники.
6. Характерные параметры теплоносителей в теплообменных аппаратах - скорости, температуры, коэффициенты теплоотдачи.
7. Виды расчета теплообменных аппаратов – тепловой конструктивный, поверочный, гидравлический и др.
8. Классификация и краткая характеристика основных методов расчета теплообменных аппаратов.
9. Определение тепловой нагрузки аппарата на основании решения системы дифференциальных уравнений переноса.
10. Последовательность теплового конструктивного и компоновочного расчета кожухотрубного теплообменника.
11. Эффективность теплообменника. Ее физический смысл. Число единиц переноса.
12. Последовательность расчета теплообменника методом  $E - N$ .
13. Расчет коэффициентов теплоотдачи в теплообменных аппаратах в случае их зависимости от температуры поверхности теплообмена.
14. Оребренные трубчатые теплообменники. Конструкции и применение. Характеристики оребрения. Технология оребрения.
15. Эффективность оребрения. Эффективность оребренной поверхности. Расчет коэффициента теплопередачи для оребренных поверхностей.
16. Гидравлический расчет теплообменных аппаратов. Основные виды гидравлических потерь в теплообменниках. Определение требуемой мощности на прокачку теплоносителя
17. Способы увеличения тепловой нагрузки в теплообменных аппаратах (оребрение, интенсификация теплообмена).
18. Рекуперативные теплообменники периодического действия с водяным и паровым подогревом. Определение времени нагрева теплоносителя.
19. Регенеративные теплообменные аппараты. Их основные конструкции. Преимущества и недостатки по сравнению с рекуперативными.
20. Изменение температур насадки регенератора. Коэффициент аккумуляции насадки. Температурный гистерезис.
21. Коэффициент теплопередачи регенеративного теплообменника. Сравнение тепловой эффективности регенератора и рекуператора.
22. Принцип работы тепловых труб. Типы фитилей. Определения количества переданного тепла. Ограничения на работу тепловых труб. Теплообменные аппараты на тепловых трубах.
23.  $H-d$  диаграмма влажного воздуха. Вид основных процессов обработки воздуха.
24. Конструкции смесительных теплообменников. Тепловой и материальный баланс.
25. Основные процессы обработки воздуха в смесительных теплообменниках в  $H-d$  диаграмме.
26. Последовательность построения процесса обработки воздуха в смесительных теплообменниках. Средняя разность температур в смесительных теплообменниках.
27. Последовательность расчета насадочных скрубберов
28. Теплообменники влажного воздуха. Их расчет при помощи коэффициента влаговываждения.
29. Соотношение Льюиса и уравнение Меркеля. Их применение для расчета теплообменных аппаратов влажного воздуха.
30. Системы оборотного водоснабжения. Их назначение и классификация.
31. Градирни, их виды, конструкции и сравнительная характеристика.

32. Вентиляторные градирни и аппараты воздушного охлаждения. Их конструкции.
33. Применение, принцип работы и конструкции выпарных установок.
34. Принцип действия выпарных аппаратов. Материальный и тепловой баланс выпарной установки. Определение количества пара на выпарку.
35. Располагаемая и полезная разности температур в выпарных установках. Типы депрессий в выпарных установках, их вычисление
36. Последовательность расчета однокорпусной выпарной установки.
37. Особенности расчета средней разности температур и коэффициента теплоотдачи в греющей камере выпарного аппарата.
38. Области применения сушильных установок. Периоды сушки материалов. Равновесное и критическое влагосодержание.
39. Классификация влажных материалов и принципиальные схемы установок для их сушки. Сушильные агенты.
40. Кинетика сушки. Методы расчета времени сушки в ее первом и втором периодах.
41. Перегонка и ректификация. Их применение. Отличие процессов выпарки и перегонки.
42. Типы смесей жидких компонентов. Закон Рауля.
43. Диаграммы растворов жидких смесей. (Р-х, t-х,у, х-у- диаграммы ). Их построение и назначение. Построение процесса простой перегонки в фазовой диаграмме
44. Простая, непрерывная и многократная перегонка. Схемы установок. Процесс простой перегонки в t-х,у диаграмме.
45. Схема и принцип действия ректификационной колонны. Флегмовое число и его влияние на работу колонны.
46. Схема и принцип работы ректификационной установки. Материальный баланс ректификационной установки. Определение числа теоретических тарелок

### Материалы для проверки остаточных знаний

- 1.
1. Назвать области применения теплообменных аппаратов.
2. На какие группы разделяют теплообменники по принципу действия?
3. Какая схема является наиболее эффективной схемой движения теплоносителей в теплообменнике?
4. Что является целью поверочного расчета?
5. Как рассчитать средний температурный напор в перекрестноточном теплообменнике?
6. Укажите диапазон допустимых значений коэффициентов теплоотдачи для воздуха.
7. Что такое идеальный теплообменный аппарат с точки зрения его тепловой эффективности?
8. Каковы преимущества метода эффективности и числа единиц переноса?
9. Зачем в кожухотрубных теплообменных аппаратах применяются сегментные перегородки?
10. Что такое тепловая эффективность теплообменного аппарата?
11. Зачем применяют оребрение поверхностей теплообмена?
12. Что такое идеальное ребро?
13. Верно ли утверждение: эффективность одиночного ребра всегда ниже эффективности оребренной поверхности?
14. В кожухотрубном теплообменном аппарате нагревается вода от температуры +60 градусов Цельсия до температуры + 120 градусов Цельсия. Расход воды -  $12 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Вода нагревается насыщенным водяным паром с температурой +160 градусов Цельсия и теплотой парообразования  $2200 \text{ кДж/кг}$ . **Оценить площадь теплообменной поверхности, найти расход пара и эффективность аппарата.**
15. **Пользуясь h-d-диаграммой влажного воздуха, определить остальные параметры воздуха, если известно, что**
  - температура по мокрому термометру  $12 \text{ }^\circ\text{C}$ ,

- влагосодержание 3 г/кг.

**Найти температуру по сухому воздуху, энтальпию воздуха и относительную влажность.**

Ответы:

1. Энергетика, промышленность, сельское хозяйство, в быту, теплоснабжение, транспорт, все из вышеперечисленного, ничего из вышеперечисленного 2. радиаторные; смесительные; конденсаторные; сушильные; регенеративные; ректификационные; выпарные; кожухотрубные; секционные; стальные; барабанные; тепломассообменные; квазимонохроматические; пластинчатые; калориферы; охладительные; воздуховоздушные; конвекторные; медные; спирально-навивные; рекуперативные; нагревающие; паровые; латунные 3. прямоточная; однокходовая; противоточная; четырехходовая; перекрестноточная; схема с двумя ходами по горячему теплоносителю и четырьмя ходами по холодному; теплоносителю; сложная схема тока 4. определение коэффициентов теплоотдачи; определение коэффициента теплопередачи; определение площади поверхности теплообмена; определение тепловой мощности теплообменника; определение температур теплоносителей на выходе; определение температур теплоносителей на входе; определение конструктивных характеристик теплообменного аппарата; определение падения давления теплоносителей; определение мощности, необходимой для прокачки теплоносителей; определение толщин элементов конструкции и прочности соединений; определение затрат на производство теплообменника, подбора оптимальных режимов работы и конструктивных параметров аппарата; все из вышеперечисленного; ничего из вышеперечисленного 5. как разность большего и меньшего температурного напора между входом и выходом, определенную для противоточной схемы тока; как среднюю логарифмическую разность температур, определенную для противоточной схемы тока; как среднюю логарифмическую разность температур, определенную для противоточной схемы тока, с учетом поправки на переменность теплофизических свойств жидкости вблизи стенки; как разность между средними арифметическими температурами теплоносителей, определенную для противоточной схемы тока; как среднюю логарифмическую разность температур; как среднюю логарифмическую разность температур, определенную для прямоточной схемы тока с учетом поправки на переменность теплофизических свойств жидкости вблизи стенки; как среднюю логарифмическую разность температур, определенную для сложной схемы тока, с учетом поправки на схему тока; как среднюю логарифмическую разность температур, определенную для противоточной схемы тока, с учетом поправки на схему тока; 6. 20 – 100 Вт/(м<sup>2</sup>град); 5 – 10 Вт/(м<sup>2</sup>град); 300 – 10 000 Вт/(м<sup>2</sup>град); 300 – 600 Вт/(м<sup>2</sup>град); 20 – 120 Вт/(м<sup>2</sup>град); 10 000 – 15 000 Вт/(м<sup>2</sup>град); 3 000 – 20 000 Вт/(м<sup>2</sup>град); 7. абсолютно гладкая поверхность теплообмена; нет потерь в окружающую среду; имеет шарообразную форму; схема тока - многократный перекрестный ток с общим противотоком; теплоносители движутся противоточно; средний логарифмический температурный напор; нет температурного напора; минимальные затраты на прокачку теплоносителя; горячий теплоноситель охлаждается полностью; полностью срабатывается температурный напор; 8. проектом расчете; поверочном расчете; прочностном расчете; технико-экономическом расчете; любом расчете; 9. для сужения проходного сечения по межтрубному пространству; для сужения проходного сечения по трубному пространству; для повышения прочности конструкции; для облегчения обслуживания аппарата; для уменьшения температур теплоносителей; для компенсации температурных напряжений в элементах конструкции; для красоты - зависит от бренда; для увеличения площади поверхности теплообмена; 10. его коэффициент полезного действия; отношение его тепловой мощности к электрической

мощности, требуемой на прокачку теплоносителей; отношение его тепловой мощности к тепловой мощности идеального теплообменника; это то, насколько хорошо передается теплота; 11. чтобы увеличить площадь поверхности теплообмена; чтобы развить площадь поверхности теплообмена со стороны теплоносителя с низким коэффициентом теплоотдачи; чтобы сделать конструкцию аппарата прочнее; чтобы увеличить коэффициент теплоотдачи со стороны газа; чтобы увеличить аэродинамическое сопротивление аппарата; чтобы организовать нужную схему движения теплоносителей; 12. Ввести ответ в поле самостоятельно. 13. Да/нет. 14. Ответ задачи зависит от того, какими значениями коэффициентов теплоотдачи задается студент. Он должен вспомнить и выбрать правильный диапазон значений и задаться любым значением из этого диапазона. Затем определить значение коэффициента теплоотдачи. Тепловую мощность и расход пара надо определить из теплового баланса. Площадь поверхности теплообмена - из уравнения теплопередачи. Эффективность определяется исходя из физического смысла этой величины. 15. По прилагающейся к вопросу H-d-диаграмме определяем положение точки, характеризующей данное состояние влажного воздуха.

Верный ответ: 1. Энергетика, промышленность, сельское хозяйство, в быту, теплоснабжение, транспорт. 2. Рекуперативные, регенеративные и смешительные. 3. Противоток. 4. Определение тепловой мощности аппарата, а также выходных температур теплоносителей. 5. Как средний логарифмический напор для противоточной схемы движения с учетом поправки на схему тока. 6. 20 - 100 Вт/(м<sup>2</sup>\*К) 7. Это теплообменник с противоточной схемой движения теплоносителя, в котором нет потерь в окружающую среду и в котором полностью срабатывается температурный напор. 8. В поверочном расчете этот метод не требует проведения большого числа итераций. 9. Для сужения площади проходного сечения в межтрубном пространстве. 10. Это отношение тепловой мощности реального теплообменника к тепловой мощности идеального теплообменника. 11. Чтобы развить поверхность теплообмена со стороны теплоносителя с меньшим коэффициентом теплоотдачи (газа). 12. Это ребро, температура которого по всей высоте неизменна и равна температуре основания. 13. Да. 14. Например, если задаться коэффициентом теплоотдачи для воды 1000 Вт/(м<sup>2</sup>\*К), а для насыщенного пара - 10 000 Вт/(м<sup>2</sup>\*К), то получится следующий ответ: площадь поверхности теплообмена составляет 14,2 м<sup>2</sup>, расход пара - 0,38 кг/с, эффективность теплообменника - 60%. 15. По прилагающейся к вопросу H-d-диаграмме определяем положение точки, характеризующей данное состояние влажного воздуха и получаем следующий ответ: температура по сухому термометру составит ~26,5 градусов Цельсия, энтальпия воздуха 34 кДж/кг, относительная влажность ~15%.

**2. Компетенция/Индикатор:** ИД-2<sub>ПК-1</sub> Принимает участие в разработке принципиальных схем и оборудования для объектов теплоэнергетики и теплотехники

### Вопросы, задания

#### 1. Примерные типы экзаменационных задач по курсу «Тепломассообменное оборудование предприятий».

1. Оценить площадь поверхности теплообменного аппарата по рекомендуемым значениям коэффициентов теплоотдачи.
2. Рассчитать коэффициент теплопередачи в теплообменном аппарате по характеристикам проточной части, расходу и температурам теплоносителей.
3. Оценить площадь поверхности теплообменного аппарата по заданной эффективности и известной зависимости  $E=f(N)$ .
4. Найти эффективность теплообменного аппарата по известному тепловому балансу.

5. Найти конечные температуры теплоносителей в теплообменнике по его начальным температурам, расходам и значению эффективности.
6. Найти температуру поверхности теплообмена по температурам теплоносителей и коэффициентам теплоотдачи.
7. Найти время нагрева жидкости в рекуперативном теплообменнике периодического действия (бойлере-аккумуляторе).
8. Определить степень оребрения по геометрии ребер.
9. Определить коэффициент теплопередачи со стороны оребренной и неоребренной поверхности.
10. Найти КПД ребра и КПД оребренной поверхности по известным характеристикам ребер и коэффициенту теплоотдачи.
11. Определить перепад давлений в теплообменном аппарате.
12. Определить требуемую мощность на прокачку теплоносителя в теплообменном аппарате.
13. Определить коэффициент теплопередачи в теплообменнике с влаговыведением.
14. Найти конечное влагосодержание (либо температуру газа) в смесительном теплообменнике из его теплового баланса, считая газ на выходе полностью насыщенным.
15. Найти количество вторичного пара (либо крепкого раствора) в выпарной установке, используя материальные балансы.
16. Найти примерный расход пара на выпарку в одноступенчатой выпарной установке.
17. Определить время сушки материала в первом периоде.
18. Определить значение гидростатической депрессии по высоте столба жидкости и давлению в корпусе аппарата.
19. Определить конечное влагосодержание после заданного времени сушки в первом периоде.
20. Определить тепловой поток с поверхности теплообмена в случае зависимости коэффициента теплоотдачи от температуры.
21. Рассчитать конечные разности температур теплоносителей в противоточном (прямоточном) теплообменнике при известной поверхности теплообмена.
22. Найти изменение эффективности оребрения при изменении коэффициента теплоотдачи.
23. Определить изменение перепада давления в теплообменнике при изменении скорости теплоносителя.
24. Определить изменение перепада давлений теплообменнике с при изменении температур теплоносителей

### **Материалы для проверки остаточных знаний**

#### **1. Задача:**

В кожухотрубном теплообменном аппарате нагревается вода от температуры  $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$  до температуры  $+120\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Расход воды -  $12\text{ м}^3/\text{ч}$ . Вода нагревается насыщенным водяным паром с температурой  $+160\text{ }^{\circ}\text{C}$  и теплотой парообразования  $2200\text{ кДж/кг}$ . Оценить площадь теплообменной поверхности, найти расход пара и эффективность аппарата

#### **Ответы:**

Ответ задачи зависит от того, какими значениями коэффициентов теплоотдачи задается студент. Он должен выбрать правильный диапазон значений и задаться любым значением из этого диапазона. Затем определить значение коэффициента теплоотдачи. Тепловую мощность и расход пара надо определить из теплового баланса. Площадь поверхности теплообмена - из уравнения теплопередачи. Эффективность определяется исходя из физического смысла этой величины

Верный ответ: Ответ к задаче: эффективность теплообменника 0,6 расход пара 0,38 кг/с если задаться коэффициентом теплоотдачи  $5000 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{град)}$  для воды и  $15000 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{град)}$  для пара, то площадь поверхности  $3,4 \text{ м}^2$

## **II. Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5 («отлично»)*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «ОТЛИЧНО» выставляется студенту, правильно выполнившему практическое задание, который показал при ответе на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы, что владеет материалом изученной дисциплины, свободно применяет свои знания для объяснения различных явлений и решения задач

*Оценка: 4 («хорошо»)*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «ХОРОШО» выставляется студенту, правильно выполнившему практическое задание и в основном правильно ответившему на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы, но допустившему при этом принципиальные ошибки

*Оценка: 3 («удовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» выставляется студенту, который в ответах на вопросы экзаменационного билета допустил существенные и даже грубые ошибки, но затем исправил их сам, а также не выполнил практическое задание из экзаменационного билета, но либо наметил правильный путь его выполнения, либо по указанию экзаменатора решил другую задачу из того же раздела дисциплины

*Оценка: 2 («неудовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» выставляется студенту, который: а) не ответил на вопросы экзаменационного билета и не смог решить, либо наметить правильный путь решения задачи из билета; б) не смог решить, либо наметить правильный путь решения задачи из экзаменационного билета и другой задачи на тот же раздел дисциплины, выданной взамен нее; в) при ответе на дополнительные вопросы обнаружил незнание большого раздела экзаменационной программы

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

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и экзаменационной составляющих. В приложение к диплому выносится оценка за 7 семестр и за курсовой проект.

**Для курсового проекта/работы:**

**7 семестр**

**Форма проведения: Защита КП/КР**

***I. Процедура защиты КП/КР***

***II. Описание шкалы оценивания***

*Оценка: 5 («отлично»)*

*Описание характеристики выполнения знания:* - устный рассказ студента был логично выстроен, достаточно развернут, не содержал принципиальных ошибок, употребляемая терминология соответствовала уровню подготовки студента 4-го курса ИПЭЭф НИУ «МЭИ»; - на представленных чертежах, схеме и РПЗ не было обнаружено принципиальных ошибок и неточностей; - студентом были даны исчерпывающие и правильные ответы на большинство заданных вопросов (не менее 90%)

*Оценка: 4 («хорошо»)*

*Описание характеристики выполнения знания:* - устный рассказ студента был логично выстроен, достаточно развернут, не содержал принципиальных ошибок, употребляемая терминология соответствовала уровню подготовки студента 4-го курса ИПЭЭф НИУ «МЭИ»; - представленные чертежи, схема и РПЗ были выполнены на высоком уровне, но содержат некоторые неточности и не принципиальные ошибки; - студентом были даны исчерпывающие и правильные ответы на большинство заданных вопросов (не менее 70%)

*Оценка: 3 («удовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания:* - устный рассказ студента был логично выстроен, достаточно развернут, не содержал принципиальных ошибок, употребляемая терминология соответствовала уровню подготовки студента 4-го курса ИПЭЭф НИУ «МЭИ»; - представленные чертежи, схема и РПЗ были выполнены на удовлетворительном уровне, но содержат некоторые неточности и не принципиальные ошибки; - студент в целом дал удовлетворительные ответы на вопросы комиссии (не менее 50%)

*Оценка: 2 («неудовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания:* Курсовой проект считается выполненным на оценку «Неудовлетворительно», если студентом не выполнены условия, предполагающие оценку «Удовлетворительно»

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

Оценка за курсовой проект определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ». В приложение к диплому выносятся оценка за 7 семестр и за курсовой проект.