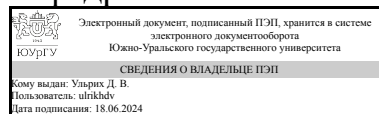


# ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:  
Заведующий выпускающей  
кафедрой



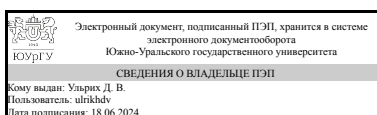
Д. В. Ульрих

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.Ф.ПЗ.04 Тепломассообмен  
для направления 08.03.01 Строительство  
уровень Бакалавриат  
профиль подготовки Теплогазоснабжение и микроклимат зданий  
форма обучения очная  
кафедра-разработчик Градостроительство, инженерные сети и системы

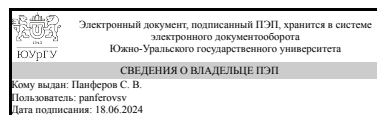
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 08.03.01 Строительство, утверждённым приказом Минобрнауки от 31.05.2017 № 481

Зав.кафедрой разработчика,  
Д.техн.н., доц.



Д. В. Ульрих

Разработчик программы,  
к.техн.н., доц., доцент



С. В. Панферов

## 1. Цели и задачи дисциплины

Целью дисциплины является комплексное изучение технической термодинамики и теплообмена как инженерной дисциплины. В результате освоения дисциплины обучающиеся должны освоить методы выполнения расчётов основных процессов теплообмена: теплопроводности в элементах конструкций, теплообмена при свободной и вынужденной конвекции, двухфазного теплообмена, радиационного теплообмена, научиться рассчитывать теплообменные аппараты и применять методы интенсификации теплопередачи.

## Краткое содержание дисциплины

Введение. Предмет курса. Стационарная и нестационарная теплопроводность. Конвективный теплообмен. Теплообмен при фазовых превращениях. Элементы теории теплообмена. Тепловое излучение. Расчёты теплообменных аппаратов.

## 2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

| Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)   | Планируемые результаты обучения по дисциплине  |
|---|--|
| ПК-3 Способен проводить оценку технических и технологических решений систем теплогазоснабжения и микроклимата зданий            | Знает: законы и основные физико-математические модели переноса теплоты и массы применительно к теплотехническим и теплотехнологическим установкам и системам.<br>Умеет: рассчитывать температурные поля (поля концентраций веществ) в потоках технологических жидкостей и газов, в элементах конструкции тепловых и теплотехнологических установок с целью интенсификации процессов теплообмена.<br>Имеет практический опыт: основ расчёта процессов теплопереноса в элементах теплотехнического и теплотехнологического оборудования. |
| ПК-4 Способен выполнять обоснование проектных решений, расчет и проектирование систем теплогазоснабжения и микроклимата зданий  | Знает: основы расчёта процессов теплопереноса в элементах теплотехнического и теплотехнологического оборудования.<br>Умеет: рассчитывать температурные поля (поля концентраций веществ) в потоках технологических жидкостей и газов, в элементах конструкции тепловых и теплотехнологических установок с целью интенсификации процессов теплообмена.<br>Имеет практический опыт: основ расчёта процессов теплопереноса в элементах теплотехнического и теплотехнологического оборудования.   |
| ПК-5 Способен организовывать работы по эксплуатации и техническому обслуживанию систем теплогазоснабжения и микроклимата зданий | Знает: законы и основные физико-математические модели переноса теплоты и массы применительно к теплотехническим и теплотехнологическим установкам и системам.<br>Умеет: обеспечивать нормальный температурный  |

|  |   |
|--|---|
|  | режим работы элементов оборудования и минимализировать потери теплоты;<br>рассчитывать передаваемые тепловые потоки.<br>Имеет практический опыт: основ расчёта процессов тепломассопереноса в элементах теплотехнического и теплотехнологического оборудования. |
|--|---|

### 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

| Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана     | Перечень последующих дисциплин, видов работ   |
|---|---|
| Гидравлика инженерных систем,<br>Основы гидравлики и теплотехники | Промышленная вентиляция и охрана воздушного бассейна,<br>Отопление,<br>Автоматизация систем теплогазоснабжения и микроклимата зданий,<br>Вентиляция,<br>Насосы, вентиляторы, компрессоры,<br>Газоснабжение,<br>Кондиционирование воздуха и холодоснабжение,<br>Теплогенерирующие установки,<br>Природные источники теплоты,<br>Теплоснабжение,<br>Теплофизика ограждающих конструкций,<br>Тепловой режим зданий,<br>Теплотехнические измерения,<br>Водно-химические режимы систем теплоснабжения,<br>Водоподготовка,<br>Производственная практика (преддипломная) (8 семестр),<br>Производственная практика (исполнительская) (6 семестр) |

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

| Дисциплина                       | Требования  |
|----------------------------------|---|
| Гидравлика инженерных систем     | Знает: фундаментальные законы гидростатики и гидродинамики, необходимые для понимания функционирования инженерных систем. Умеет: определять гидравлические сопротивления и потери напора при движении жидкости. Имеет практический опыт: расчета гидравлических параметров инженерных систем. |
| Основы гидравлики и теплотехники | Знает: фундаментальные законы гидростатики и гидродинамики, необходимые для понимания функционирования инженерных систем. Умеет: определять гидравлические сопротивления и потери напора при движении жидкости. Имеет практический опыт: расчета гидравлических параметров инженерных систем. |

## 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч., 55,25 ч. контактной работы

| Вид учебной работы   | Всего часов | Распределение по семестрам в часах |
|--|-------------|------------------------------------|
|  |             | Номер семестра                     |
|  |             | 4                                  |
| Общая трудоёмкость дисциплины  | 108         | 108                                |
| <i>Аудиторные занятия:</i>   | 48          | 48                                 |
| Лекции (Л)   | 32          | 32                                 |
| Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ) | 0           | 0                                  |
| Лабораторные работы (ЛР)   | 16          | 16                                 |
| <i>Самостоятельная работа (СРС)</i>  | 52,75       | 52,75                              |
| Выполнение курсового проекта   | 25          | 25                                 |
| Подготовка к лабораторным работам  | 6           | 6                                  |
| Подготовка к зачёту  | 21,75       | 21,75                              |
| Консультации и промежуточная аттестация                                    | 7,25        | 7,25                               |
| Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)                                   | -           | зачет,КП                           |

## 5. Содержание дисциплины

| № раздела | Наименование разделов дисциплины               | Объем аудиторных занятий по видам в часах |    |    |    |
|-----------|--|---|----|----|----|
|           |  | Всего                                     | Л  | ПЗ | ЛР |
| 1         | Введение. Предмет курса                        | 1   | 1  | 0  | 0  |
| 2         | Стационарная и нестационарная теплопроводность | 20  | 12 | 0  | 8  |
| 3         | Конвективный теплообмен                        | 12  | 8  | 0  | 4  |
| 4         | Теплообмен при фазовых превращениях            | 2   | 2  | 0  | 0  |
| 5         | Элементы теории массообмена                    | 2   | 2  | 0  | 0  |
| 6         | Тепловое излучение                             | 9   | 5  | 0  | 4  |
| 7         | Расчёт теплообменных аппаратов                 | 2   | 2  | 0  | 0  |

### 5.1. Лекции

| № лекции | № раздела | Наименование или краткое содержание лекционного занятия   | Кол-во часов |
|----------|-----------|---|--------------|
| 1        | 1         | Введение. Предмет курса. Основные понятия и определения теории теплообмена: теплопроводность, температурное поле, тепловой поток, конвективный теплообмен, теплообмен излучением, сложный теплообмен.   | 1            |
| 2        | 2         | Закон Фурье. Теплопроводность строительных материалов. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Условия однозначности. Граничные условия I, II, III и IV родов.                                     | 2            |
| 3        | 2         | Теплопроводность при стационарном режиме. Теплопроводность в плоской, цилиндрической и шаровой стенках, многослойные стенки, термическое сопротивление теплопроводности. Теплопроводность при граничных | 2            |

|    |   |  |   |
|----|---|--|---|
|    |   | условиях III рода.   |   |
| 4  | 2 | Теплопередача: коэффициент и термическое сопротивление. Критический диаметр цилиндрической стенки. Принципы технико-экономического расчёта тепловой изоляции трубопроводов.  | 2 |
| 5  | 2 | Теплопроводность вдоль тонкого стержня постоянного поперечного сечения. Температурное поле в ребре бесконечной и конечной длины. Принципы расчёта температурного поля в ребре переменного сечения. Тепловой поток ребра, коэффициент эффективности ребра. Теплопередача через оребрённую стенку.   | 2 |
| 6  | 2 | Стационарная теплопроводность, при наличии внутренних источников теплоты для тел различной геометрической формы. Расчёт температурного поля для случая двумерной стационарной теплопроводности.  | 2 |
| 7  | 2 | Нестационарная теплопроводность. Постановка и метод Фурье для расчёта температурного поля для тел различной геометрической формы: пластины, цилиндра шара. Понятие о регулярном тепловом режиме. Определение количества теплоты, отданного в процессе нестационарного теплообмена. Метод конечных разностей для решения задач нестационарной теплопроводности. | 2 |
| 8  | 3 | Основные понятия конвективного теплообмена. Закон Ньютона-Рихмана, сущность коэффициента теплоотдачи, основные факторы, определяющие его значение. Свободная и вынужденная конвекция. Ламинарный и турбулентный режимы течения. Число подобия Рейнольдса и его физический смысл.   | 2 |
| 9  | 3 | Система дифференциальных уравнений конвективного теплообмена: уравнения энергии, движения, сплошности. Условия однозначности.  | 2 |
| 10 | 3 | Основы теории подобия и моделирования процессов конвективного теплообмена. Числа подобия. Основы теории пограничного слоя: ламинарный, переходный, турбулентный режимы движения, тепловой и гидродинамический пограничные слои.  | 2 |
| 11 | 3 | Теплообмен при поперечном обтекании одиночной трубы и пучка труб. Расчётные зависимости для теплоотдачи. Теплообмен при течении жидкости в трубах, каналах. Теплоотдача при свободном движении жидкости. Теплоотдача при совместном осуществлении свободного и вынужденного движения.  | 2 |
| 12 | 4 | Теплообмен при фазовых превращениях. Конденсация. Основные физические закономерности и расчётные формулы. Теплообмен при кипении. Основные физические представления и расчётные формулы.   | 2 |
| 13 | 5 | Основные понятия и определения теории массообмена. Концентрационная, термо- и бародиффузия, Закон Фика. Конвективный массообмен. Система дифференциальных уравнений конвективного тепло-массообмена. Основные физические представления и методы расчётов. Массоперенос в капиллярнопористых телах  | 2 |
| 14 | 6 | Тепловое излучение. Основные понятия и определения. Законы Планка, Вина, Релея-Джинса, Стефана-Больцмана, Кирхгофа, Ламберта и др.   | 2 |
| 15 | 6 | Излучение в системе серых тел.   | 2 |
| 16 | 6 | Излучение газов и паров.   | 1 |
| 17 | 7 | Классификация теплообменных аппаратов. Основы теплового расчёта теплообменных аппаратов рекуперативного и регенеративного типов.   | 2 |

## 5.2. Практические занятия, семинары

Не предусмотрены

## 5.3. Лабораторные работы

| № занятия | № раздела | Наименование или краткое содержание лабораторной работы   | Кол-во часов |
|-----------|-----------|---|--------------|
| 1         | 2         | Определение коэффициента теплопроводности строительных материалов методом плиты при стационарном тепловом потоке  | 2            |
| 2         | 2         | Определение коэффициента теплопроводности теплоизоляционных материалов методом трубы  | 2            |
| 3         | 2         | Определение коэффициента температуропроводности твёрдых тел методом регулярного теплового режима  | 2            |
| 4         | 2         | Исследование температурного поля и определение коэффициентов теплоотдачи для внутренней и внешней поверхностей стены здания   | 2            |
| 5         | 3         | Исследование теплозащитных свойств наружной стены   | 2            |
| 6         | 3         | Исследование теплозащитных свойств окна   | 2            |
| 7         | 6         | Исследование температурного поля и определение коэффициентов теплоотдачи для внутренней и внешней поверхностей окна со спаренными переплётами и двойным остеклением | 2            |
| 8         | 6         | Определение суммарных коэффициентов теплоотдачи и степени черноты при сложном теплообмене между телами  | 2            |

#### 5.4. Самостоятельная работа студента

| Выполнение СРС                    |  |         |              |
|-----------------------------------|--|---------|--------------|
| Подвид СРС                        | Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс   | Семестр | Кол-во часов |
| Выполнение курсового проекта      | Цветков, Ф. Ф. Тепломассообмен [Текст] учебник для вузов по направлению "Теплоэнергетика" Ф. Ф. Цветков, Б. А. Григорьев. - М.: Издательский дом МЭИ, 2011. - 559 с. ил.   | 4       | 25           |
| Подготовка к лабораторным работам | Панферов, С. В. Тепломассообмен [Текст] учеб. пособие к лаб. работам по направлению "Теплоэнергетика и теплотехника" С. В. Панферов, С. В. Панферов, Е. К. Дорошенко ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Теплогазоснабжение и вентиляция ; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательский Центр ЮУрГУ, 2015. - 38, [2] с. ил. электрон. версия | 4       | 6            |
| Подготовка к зачёту               | Цветков, Ф. Ф. Тепломассообмен [Текст] учебник для вузов по направлению "Теплоэнергетика" Ф. Ф. Цветков, Б. А. Григорьев. - М.: Издательский дом МЭИ, 2011. - 559 с. ил.   | 4       | 21,75        |

#### 6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации

Контроль качества освоения образовательной программы осуществляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов учебной деятельности обучающихся.

##### 6.1. Контрольные мероприятия (КМ)

| №<br>КМ | Се-<br>местр | Вид<br>контроля                  | Название<br>контрольного<br>мероприятия             | Вес | Макс.<br>балл | Порядок начисления баллов  | Учи-<br>тыва-<br>ется<br>в ПА |
|---------|--------------|----------------------------------|---|-----|---------------|--|-------------------------------|
| 1       | 4            | Текущий<br>контроль              | Выполнение и<br>защита<br>лабораторной<br>работы 1. | 1   | 1             | 1 балл - студент выполнил и защитил<br>лабораторную работу<br>0 баллов - студент не выполнил и не<br>защитил лабораторную работу   | зачет                         |
| 2       | 4            | Текущий<br>контроль              | Выполнение и<br>защита<br>лабораторной<br>работы 2. | 1   | 1             | 1 балл - студент выполнил и защитил<br>лабораторную работу<br>0 баллов - студент не выполнил и не<br>защитил лабораторную работу   | зачет                         |
| 3       | 4            | Текущий<br>контроль              | Выполнение и<br>защита<br>лабораторной<br>работы 3. | 1   | 1             | 1 балл - студент выполнил и защитил<br>лабораторную работу<br>0 баллов - студент не выполнил и не<br>защитил лабораторную работу   | зачет                         |
| 4       | 4            | Текущий<br>контроль              | Выполнение и<br>защита<br>лабораторной<br>работы 4  | 1   | 1             | 1 балл - студент выполнил и защитил<br>лабораторную работу<br>0 баллов - студент не выполнил и не<br>защитил лабораторную работу   | зачет                         |
| 5       | 4            | Текущий<br>контроль              | Выполнение и<br>защита<br>лабораторной<br>работы 5  | 1   | 1             | 1 балл - студент выполнил и защитил<br>лабораторную работу<br>0 баллов - студент не выполнил и не<br>защитил лабораторную работу   | зачет                         |
| 6       | 4            | Текущий<br>контроль              | Выполнение и<br>защита<br>лабораторной<br>работы 6. | 1   | 1             | 1 балл - студент выполнил и защитил<br>лабораторную работу<br>0 баллов - студент не выполнил и не<br>защитил лабораторную работу   | зачет                         |
| 7       | 4            | Проме-<br>жуточная<br>аттестация | Курсовой проект                                     | -   | 5             | 5 баллов - курсовой проект полностью<br>соответствует техническому заданию,<br>пояснительная записка имеет логичное,<br>последовательное изложение материала с<br>соответствующими расчётами и выводами.<br>На защите студент показывает глубокое<br>знание темы, свободно оперирует<br>специальной терминологией, с лёгкостью<br>отвечает на поставленные вопросы.<br>4 балла - курсовой проект полностью<br>соответствует техническому заданию,<br>пояснительная записка имеет логичное,<br>последовательное изложение материала с<br>соответствующими расчётами и выводами,<br>однако при её выполнении были<br>допущены исправленные в последствии<br>ошибки, или имелись прочие недочёты. На<br>защите студент показывает знание темы,<br>оперирует специальной терминологией,<br>отвечает на поставленные вопросы без<br>существенных затруднений.<br>3 балла - курсовой проект полностью<br>соответствует техническому заданию,<br>пояснительная записка имеет<br>нелогичность или непоследовательность в<br>изложении материала с соответствующими | зачет                         |

|   |   |                          |       |   |   |       |
|---|---|--------------------------|-------|---|---|-------|
|   |   |                          |       |   | <p>расчётами и выводами, однако при её выполнении были допущены исправленные в последствии ошибки, или имелись прочие недочёты. На защите студент показывает слабое знание темы, оперирует специальной терминологией в удовлетворительной мере, отвечает на поставленные вопросы с затруднениями, демонстрирует недостаток аргументации при ответах или даёт неполные ответы.</p> <p>2 балла - курсовой проект не полностью соответствует техническому заданию, пояснительная записка имеет нелогичность или непоследовательность в изложении материала с соответствующими расчётами и выводами, однако при её выполнении были допущены исправленные в последствии ошибки, или имелись прочие недочёты. На защите студент показывает слабое знание темы, оперирует специальной терминологией в удовлетворительной мере, отвечает на поставленные вопросы с затруднениями, демонстрирует недостаток аргументации при ответах или даёт неполные ответы.</p> <p>1 балл - курсовой проект не полностью соответствует техническому заданию, пояснительная записка имеет нелогичность или непоследовательность в изложении материала с соответствующими расчётами и выводами, в последствии ошибки не исправлены. На защите студент показывает слабое знание темы, на поставленные вопросы не отвечает.</p> <p>0 баллов - курсовой проект не соответствует выданному заданию или студент не получил задание на курсовой проект.</p> |       |
| 8 | 4 | Промежуточная аттестация | Зачёт | - | 5 <p>5 баллов - выставляется студенту, в полном объеме раскрывшему все вопросы билета.</p> <p>4 балла - выставляется студенту, в неполном объеме раскрывшему все вопросы билета. В том случае если ответы были неполными, или содержали несущественные ошибки.</p> <p>3 балла - выставляется студенту, в неполном объеме раскрывшему все вопросы билета с ошибками и недочетами.</p> <p>2 балла - выставляется студенту, сумевшему дать правильный ответ на один вопрос, на второй вопрос ответ не дан.</p> <p>1 балл - выставляется студенту, который раскрыл ответ только на один вопрос со значительными ошибками недочетами.</p> <p>0 баллов - выставляется студенту, который</p>   | зачет |



|  |  |  |  |  |                                   |  |
|--|--|--|--|--|-----------------------------------|--|
|  |  |  |  |  | не раскрыл ответы на оба вопроса. |  |
|--|--|--|--|--|-----------------------------------|--|

## 6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

| Вид промежуточной аттестации | Процедура проведения   | Критерии оценивания                     |
|------------------------------|--|---|
| курсовые проекты             | Задание для выполнения курсового проекта выдаётся в конце второй недели семестра. За три недели до окончания семестра студент сдаёт работу на проверку. После проверки курсового проекта, студент исправляет недочёты. Преподаватель выставляет предварительную оценку и допускает студента к защите. В последние две недели семестра проводится защита курсовых работ. На защиту студент представляет исправленную версию пояснительной записки (при необходимости). Защиту курсового проекта принимает преподаватель, руководивший его выполнением. В процессе защиты студент отвечает на ряд вопросов, касающихся выполнения курсового проекта. По результатам ответов выставляется оценка. | В соответствии с п. 2.7 Положения       |
| зачет                        | Зачет проходит в устной форме. В аудиторию заходят не более четырёх студентов. Обучающиеся берут билеты и 30 минут готовятся к сдаче зачёта, после чего дают ответы на 2 вопроса в билете в устной форме. При необходимости студенту могут быть заданы дополнительные вопросы.   | В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения |

## 6.3. Паспорт фонда оценочных средств

| Компетенции | Результаты обучения   | № КМ |   |   |   |   |   |   |   |
|-------------|---|------|---|---|---|---|---|---|---|
|             |   | 1    | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| ПК-3        | Знает: законы и основные физико-математические модели переноса теплоты и массы применительно к теплотехническим и теплотехнологическим установкам и системам.   | +    | + | + | + | + | + | + | + |
| ПК-3        | Умеет: рассчитывать температурные поля (поля концентраций веществ) в потоках технологических жидкостей и газов, в элементах конструкции тепловых и теплотехнологических установок с целью интенсификации процессов теплообмена. | +    | + | + | + | + | + | + | + |
| ПК-3        | Имеет практический опыт: основ расчёта процессов теплопереноса в элементах теплотехнического и теплотехнологического оборудования.  | +    | + | + | + | + | + | + | + |
| ПК-4        | Знает: основы расчёта процессов теплопереноса в элементах теплотехнического и теплотехнологического оборудования.   | +    | + |   | + | + | + | + | + |
| ПК-4        | Умеет: рассчитывать температурные поля (поля концентраций веществ) в потоках технологических жидкостей и газов, в элементах конструкции тепловых и теплотехнологических установок с целью интенсификации процессов теплообмена. | +    | + |   | + | + | + | + | + |
| ПК-4        | Имеет практический опыт: основ расчёта процессов теплопереноса в элементах теплотехнического и теплотехнологического оборудования.  | +    | + |   | + | + | + | + | + |
| ПК-5        | Знает: законы и основные физико-математические модели переноса теплоты и массы применительно к теплотехническим и теплотехнологическим установкам и системам.   | +    | + | + | + | + | + | + | + |
| ПК-5        | Умеет: обеспечивать нормальный температурный режим работы элементов оборудования и минимализировать потери теплоты; рассчитывать передаваемые тепловые потоки.  | +    | + | + | + | + | + | + | + |



Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

1. ООО "ГарантУралСервис"-Гарант(31.12.2022)
2. -Стандартинформ(бессрочно)

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

| Вид занятий                     | № ауд.     | Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий  |
|---------------------------------|------------|---|
| Практические занятия и семинары | 327 (Л.к.) | основное оборудование для проведения практических занятий, справочная литература  |
| Лекции                          | 330 (Л.к.) | демонстрационный аудиторный комплекс (мультимедийная установка).<br>Предустановленное программное обеспечение: Microsoft-Office (бессрочно), Microsoft-Windows (бессрочно).   |
| Лабораторные занятия            | 327 (Л.к.) | Стенды (7 шт): 1. Определение коэффициента теплопроводности теплоизоляционных материалов методом плиты. 2. Определение коэффициента теплопроводности теплоизоляционных материалов методом трубы. 3. Исследование теплозащитных качеств наружной стены. 4. Исследование теплозащитных свойств окна со спаренными переплётами и двойным остеклением. 5. Определение коэффициента температуропроводности твёрдых тел методом регулярного теплового режима. 6. Определение суммарных коэффициентов теплоотдачи и приведённой степени черноты при сложном теплообмене между телами. 7. Определение степени черноты поверхности тела методом сравнения. |