

## **Оглавление**

Предисловие научного редактора перевода

### **Часть I**

## **Основные положения**

### **Глава 1**

#### **Солнечное излучение**

1.1. Солнце

1.2. Солнечная постоянная

1.3. Спектральное распределение заатмосферного излучения

1.4. Изменчивость потока заатмосферного излучения

1.5. Определения

1.6. Направление распространения прямого солнечного излучения

1.7. Углы для следящих поверхностей

1.8. Отношение потоков прямого солнечного излучения, поступающих на наклонную и горизонтальную поверхности

1.9. Затенение

1.10. Заатмосферное излучение, поступающее на горизонтальную поверхность

1.11. Выводы

Литература

### **Глава 2**

#### **Солнечное излучение на поверхности Земли**

2.1. Определения

2.2. Пиргелиометры и пиргелиометрические шкалы

2.3. Пиранометры

2.4. Измерение продолжительности солнечного сияния

2.5. Данные о солнечном излучении

2.6. Ослабление солнечного излучения в атмосфере

2.7. Оценка средних значений солнечного излучения

2.8. Оценки потоков солнечного излучения при ясном небе

2.9. Распределение ясных и облачных дней и часов

2.10. Прямая и рассеянная составляющие часовой суммы солнечного излучения

2.11. Прямая и рассеянная составляющие дневного солнечного излучения

2.12. Прямая и рассеянная составляющие среднемесячной дневной суммы солнечного излучения

2.13. Определение часовых сумм солнечного излучения на основе суточных данных

2.14. Солнечное излучение, падающее на наклонную поверхность

2.15. Излучение на наклонных поверхностях: изотропный небосвод

2.16. Излучение на наклонных поверхностях: анизотропный небосвод

2.17. Увеличение потока солнечного излучения

2.18. Прямое излучение на движущихся поверхностях

2.19. Среднее излучение на наклонных поверхностях: изотропный

небосвод

2.20. Среднее излучение на наклонных поверхностях: КТ-метод

2.21. Влияние ориентации приемной поверхности на  $H_T$

2.22. Используемость

2.23. Обобщенная используемость

2.24. Дневная используемость

2.25. Заключение

Литература

## **Глава 3**

### **Некоторые вопросы теории теплообмена**

3.1. Спектр электромагнитного излучения

3.2. Фотонное излучение

3.3. Черное тело — идеальный поглотитель и излучатель

3.4. Закон Планка и закон смещения Вина

3.5. Уравнение Стефана—Больцмана

3.6. Таблицы энергии излучения черного тела

3.7. Интенсивность и плотность потока излучения

3.8. Радиационный теплообмен между серыми поверхностями

3.9. Излучение небосвода

3.10. Коэффициент теплопередачи излучением

3.11. Свободная конвекция между плоскими параллельными пластинами и между концентрическими цилиндрами

3.12. Подавление конвекции

3.13. V-образная гофрированная поглощающая панель

3.14. Формулы теплообмена для течения в трубах и каналах

3.15. Конвективный коэффициент теплоотдачи за счет ветра

3.16. Теплообмен и потери давления в насадках и перфорированных пластинах

3.17. Метод эффективности-NTU для расчета теплообменников

Литература

## **Глава 4**

### **Радиационные характеристики непрозрачных материалов**

4.1. Поглощательная способность и степень черноты

4.2. Закон Кирхгофа

4.3. Отражательная способность поверхностей

4.4. Соотношения между поглощательной способностью, степенью черноты и отражательной способностью

4.5. Интегральная степень черноты и поглощательная способность

4.6. Расчет степени черноты и поглощательной способности

4.7. Измерение радиационных свойств поверхности

4.8. Селективные поверхности

4.9. Методы достижения селективности

4.10. Оптимальные свойства селективной поверхности

4.11. Угловая зависимость поглощательной способности в области солнечного спектра

4.12. Поглощательная способность полостных приемников

4.13. Зеркально отражающие поверхности

Литература

## **Глава 5**

### **Прохождение излучения через остекление: поглощенное излучение**

5.1. Отражение излучения

5.2. Поглощение излучения остеклением

5.3. Оптические свойства прозрачных покрытий

5.4. Пропускание рассеянного излучения

5.5. Приведенная поглощательная способность

5.6. Угловая зависимость ( $\tau\alpha$ )

5.7. Спектральная зависимость пропускательной способности

5.8. Влияние поверхностных слоев на пропускательную способность

5.9. Поглощенное солнечное излучение

5.10. Среднемесячное поглощенное солнечное излучение

5.11. Поглощательная способность помещений

5.12. Поглощательная способность фотоэлементов

5.13. Заключение

Литература

## **Глава 6**

### **Плоские солнечные коллекторы**

6.1. Описание плоских коллекторов

6.2. Основное уравнение энергетического баланса

6.3. Распределения температуры в плоских коллекторах

6.4. Полный коэффициент тепловых потерь коллектора

6.5. Распределение температуры между трубами и коэффициент эффективности коллектора

6.6. Распределение температуры в направлении течения жидкости

6.7. Коэффициент отвода тепла от коллектора и коэффициент расхода

6.8. Критический уровень солнечного излучения

6.9. Средние температуры жидкости и панели

6.10. Эффективная приведенная поглощательная способность

6.11. Влияние пыли и затенения

6.12. Влияние теплоемкости в плоских коллекторах

6.13. Геометрические формы поглощающей панели жидкостного коллектора

6.14. Воздухонагреватели

6.15. Измерение характеристик коллектора

6.16. Параметры, характеризующие коллектор

6.17. Испытания коллектора: КПД, модификатор угла падения и постоянная времени

6.18. Результаты испытаний

6.19. Преобразование результатов тепловых испытаний

6.20. Поправки на расход в  $F_R(\tau\alpha)_n$  и  $F_R U_L$

- 6.21. Распределение расхода в солнечных коллекторах
  - 6.22. Характеристики коллектора в условиях эксплуатации
  - 6.23. Практические рекомендации по плоским коллекторам
  - 6.24. Примеры
  - 6.25. Заключение
- Литература

## **Глава 7**

### **Концентрирующие солнечные коллекторы**

- 7.1. Конфигурации концентрирующих солнечных коллекторов
  - 7.2. Коэффициент концентрации
  - 7.3. Тепловые параметры коллекторов с концентраторами
  - 7.4. Оптические характеристики концентрирующих солнечных коллекторов
  - 7.5. Массивы цилиндрических приемников
  - 7.6. Оптические свойства неизображающих концентраторов
  - 7.7. Ориентация коллекторов с CPC и поглощенная ими энергия
  - 7.8. Параметры коллекторов с CPC
  - 7.9. Линейные изображающие концентраторы: геометрия
  - 7.10. Изображения, создаваемые идеальными линейными концентраторами
  - 7.11. Изображения, создаваемые неидеальными линейными концентраторами
  - 7.12. Использование метода построения хода лучей для определения параметров концентраторов
  - 7.13. Модификаторы угла падения излучения и энергетические балансы
  - 7.14. Параболические концентраторы
  - 7.15. Системы с центральным приемником
  - 7.16. Практические соображения
- Литература

## **Глава 8**

### **Аккумуляция энергии**

- 8.1. Графики нагрузки и выработки солнечного коллектора
  - 8.2. Аккумуляция энергии в солнечных энергоустановках
  - 8.3. Водяной аккумулятор
  - 8.4. Стратификация в водяном аккумуляторе
  - 8.5. Аккумуляторы с твердой насадкой
  - 8.6. Теплоаккумулирующие стены
  - 8.7. Сезонное аккумуляция
  - 8.8. Аккумуляция тепла на основе фазовых переходов
  - 8.9. Химические аккумуляторы энергии
  - 8.10. Электрохимические аккумуляторы
- Литература

## **Глава 9**

### **Нагрузки потребителей солнечной энергии**

9.1. Примеры нагрузок зависящих от времени

9.2. Нагрузки горячего водоснабжения

9.3. Отопительные нагрузки, градусо-дни и температура равновесия

9.4. Коэффициент тепловых потерь здания

9.5. Теплоаккумулирующая способность здания

9.6. Нагрузки охлаждения

9.7. Тепловые нагрузки плавательных бассейнов

Литература

## **Глава 10**

### **Тепловой расчет системы**

10.1. Модели основных компонент системы

10.2. Коэффициент эффективности теплообменника коллекторного контура

10.3. Коэффициенты учета потерь в трубопроводах и воздуховодах

10.4. Регуляторы

10.5. Массивы коллекторов: последовательное соединение

10.6. Характеристики частично затененных коллекторов

10.7. Массив последовательно соединенных по-разному

ориентированных коллекторов

10.8. Использование модифицированных уравнений коллектора

10.9. Модели систем

10.10. Доля покрытия и доля экономии

10.11. Заключение

Литература

## **Глава 11**

### **Экономика солнечных установок**

11.1. Затраты на солнечные энергоустановки

11.2. Модельные переменные

11.3. Показатели экономической эффективности

11.4. Дисконтирование и инфляция

11.5. Выводы

Литература

## **Часть II Применения**

## **Глава 12**

### **Солнечный нагрев воды: активный и пассивный**

12.1. Системы нагрева воды

12.2. Замерзание и кипение

12.3. Дополнительный нагрев

- 12.4. Системы с принудительной циркуляцией
  - 12.5. Установки с малым расходом теплоносителя
  - 12.6. Установки с естественной циркуляцией
  - 12.7. Солнечные водонагреватели аккумуляционного типа
  - 12.8. Реконструкция водонагревательных систем
  - 12.9. Водонагреватели в системах отопления и охлаждения
  - 12.10. Испытание и нормирование солнечных водонагревателей
  - 12.11. Экономика солнечного нагрева воды
  - 12.12. Подогрев воды в плавательных бассейнах
  - 12.13. Выводы
- Литература

## **Глава 13**

### **Отопление зданий: активные системы**

- 13.1. Исторические заметки
  - 13.2. Системы солнечного отопления
  - 13.3. Жидкостная система теплоснабжения дома CSU-III с плоскими солнечными коллекторами
  - 13.4. Воздушная система теплоснабжения дома CSU-II
  - 13.5. Параметрическое исследование системы отопления
  - 13.6. Системы солнечного отопления с тепловыми насосами
  - 13.7. Системы аккумулирования тепла на основе фазовых переходов
  - 13.8. Системы межсезонного аккумулирования энергии
  - 13.9. Системы использования солнечной энергии и провальной электроэнергии
  - 13.10. Перегрев системы солнечного отопления
  - 13.11. Экономика солнечного отопления
  - 13.12. Некоторые соображения об архитектуре зданий
- Литература

## **Глава 14**

### **Отопление зданий: пассивное и активное**

- 14.1. Концепции пассивного обогрева
  - 14.2. Критерии комфорта и отопительные нагрузки
  - 14.3. Подвижная теплоизоляция и управление ею
  - 14.4. Затенение: навесы и козырьки
  - 14.5. Системы с прямым облучением
  - 14.6. Стены и крыши типа солнечный коллектор-аккумулятор
  - 14.7. Теплицы
  - 14.8. Гибридные системы с активными солнечными коллекторами и пассивным аккумулированием тепла
  - 14.9. Другие гибридные системы
  - 14.10. Применения пассивных систем
  - 14.11. Перераспределение тепла в пассивных зданиях
  - 14.12. Экономика пассивных систем солнечного отопления
- Литература

## **Глава 15**

### **Солнечное охлаждение**

15.1. Солнечное абсорбционное охлаждение

15.2. Теория абсорбционного охлаждения

15.3. Комбинированный солнечный нагрев и охлаждение

15.4. Моделирование солнечного кондиционера воздуха

15.5. Опыт эксплуатации солнечных холодильных установок

15.6. Применение солнечного абсорбционного охлаждения для кондиционирования воздуха

15.7. Солнечное испарительное охлаждение

15.8. Вентиляционные и рециркуляционные испарительные циклы

15.9. Солнечно-механическое охлаждение

15.10. Другие возможности «солнечного» кондиционирования воздуха

15.11. Пассивное охлаждение

Литература

## **Глава 16**

### **Солнечное тепло в промышленных установках**

16.1. Интеграция с промышленными установками

16.2. Особенности проектирования систем

16.3. Экономика промышленных тепловых установок

16.4. Открытые системы подогрева воздуха

16.5. Системы подогрева воздуха с рециркуляцией

16.6. Открытые системы нагрева воды в промышленности

16.7. Системы промышленного подогрева воды с рециркуляцией

16.8. Нагрев воды с помощью мелких солнечных прудов

16.9. Выводы

Литература

## **Глава 17**

### **Солнечные тепловые энергоустановки и электростанции**

17.1. Системы теплового преобразования энергии

17.2. Солнечная насосная установка

17.3. Системы LUZ

17.4. Электростанции с центральным приемником

17.5. Солнечные электростанции «SOLAR ONE» и «SOLAR TWO»

Литература

## **Глава 18**

### **Солнечные пруды: испарительные процессы**

18.1. Солнечные пруды с градиентом концентрации соли

18.2. Теория солнечных прудов

18.3. Практическое применение солнечных прудов

18.4. Солнечная дистилляция

18.5. Испарители  
18.6. Прямая солнечная сушка  
18.7. Заключение  
Литература

### Часть III

## Методы оценки характеристик солнечных энергоустановок

### Глава 19

#### Моделирование солнечных энергоустановок

19.1. Программы моделирования  
19.2. Полезность моделирования  
19.3. Результаты моделирования  
19.4. TRNSYS: программа моделирования тепловых процессов  
19.5. Моделирование и эксперимент  
19.6. Метеорологические данные  
19.7. Ограничения моделирования  
Литература

### Глава 20

#### Инженерный расчет активных систем: метод $f$ -диаграмм

20.1. Обзор инженерных методов расчета  
20.2. Метод  $f$ -диаграмм  
20.3. Метод  $f$ -диаграмм для жидкостных систем  
20.4. Метод  $f$ -диаграмм для воздушных систем  
20.5. Системы горячего водоснабжения  
20.6. Допущения и погрешности метода  $f$ -диаграмм  
20.7. Расчет параллельной солнечно-теплонасосной системы  
20.8. Заключение  
Литература

### Глава 21

#### Инженерный расчет активных систем методом используемости

21.1. Часовая используемость  
21.2. Дневная используемость  
21.3. Метод  $-\phi, f$ -диаграмм  
21.4. Заключение  
Литература

### Глава 22

#### Инженерный расчет пассивных и гибридных систем

22.1. Подходы к расчету пассивных систем  
22.2. Метод соотношения солнечного излучения и нагрузки  
22.3. Метод неиспользуемости: системы прямого нагрева  
22.4. Метод неиспользуемости: теплоаккумулирующая стена-коллектор



22.5. Гибридные системы: активный сбор тепла с пассивным аккумулярованием

22.6. Другие гибридные системы

Литература

## **Глава 23**

### **Инженерный расчет фотоэлектрических систем**

23.1. Фотоэлектрические преобразователи

23.2. Характеристики и модели фотопреобразователей

23.3. Температура фотоэлемента

23.4. Характеристики нагрузки. Системы с прямым подключением нагрузки к ФЭП

23.5. Регуляторы и устройства слежения за максимальной мощностью

23.6. Практические приложения

23.7. Инженерные методы расчета

23.8. Фотоэлектрические генераторы с концентраторами

23.9. Заключение

Литература

## **Глава 24**

### **Энергия ветра**

24.1. Введение

24.2. Ресурсы энергии ветра

24.3. Одномерная модель ветроколеса

24.4. Оценка средней мощности и выработки электроэнергии ветроэлектрической установкой

24.5. Заключение

Литература

## **Приложение 1**

### **Условные обозначения**

П1.1. Обозначения

П1.2. Обозначения, касающиеся излучения

## **Приложение 2**

### **Международная система единиц (SI)**

## **Приложение 3**

### **Среднемесячные $R_b$ в зависимости от $\phi$ и $\phi - \beta$**

Приложение 4

Свойства некоторых материалов

**Приложение 5**  
**Климатические данные**

**Приложение 6**  
**Диаграммы положения Солнца**

**Приложение 7**  
**Средние коэффициенты затенения свесов крыши**

**Список дополнительной литературы**