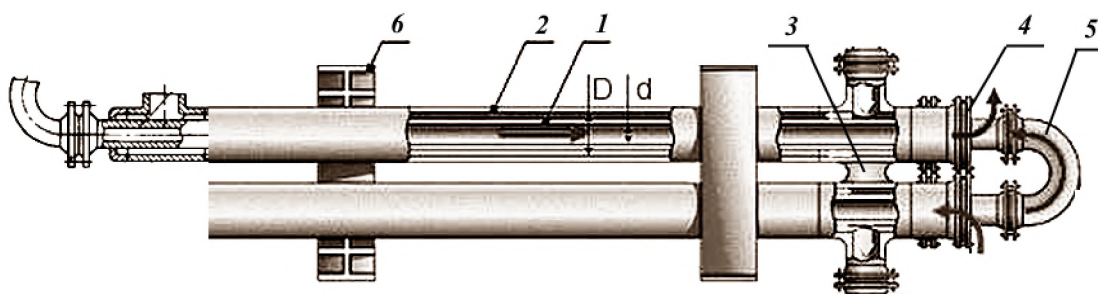


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Пензенский государственный технологический университет» (ПензГТУ)

К. В. Таранцев

ТЕПЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Учебное пособие



ПЕНЗА
Издательство
Пензенского государственного
технологического университета
2020

УДК 66.021.1
Т19

Рецензенты:

доктор физико-математических наук, доцент, заведующий кафедрой
«Процессы и аппараты химической технологии им. Н. И. Гельперина»
федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования «МИРЭА – Российский
технологический университет» (г. Москва)
А. В. Вязьмин;

доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой
«Машины и аппараты химических производств» федерального
государственного бюджетного образовательного учреждения высшего
образования «Казанский национально-исследовательский
технологический университет» (г. Казань)
С. И. Поникаров

Таранцев, К. В.

Т19 Тепловые процессы и аппараты химической технологии :
учеб. пособие / К. В. Таранцев. – Пенза : Изд-во Пенз. гос.
технол. ун-та, 2020. – 148 с.

ISBN 978-5-989033-37-9

Рассмотрены теоретические основы тепловых процессов химической технологии, применяемых в природоохранной технике. Показаны схемы и принцип действия аппаратов для их проведения. Даны методы расчета типовых процессов и аппаратов.

Издание подготовлено на кафедре «Биотехнологии и технологическая безопасность» и предназначено для обучающихся по направлению подготовки 18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии».

УДК 66.021.1

ISBN 978-5-989033-37-9

© Издательство Пензенского
государственного технологического
университета, 2020
© Таранцев К. В., 2020

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	5
1. ТЕПЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ.....	6
1.1. Основные положения теплопроводности	6
1.1.1. Температурное поле.....	7
1.1.2. Градиент температуры.....	8
1.1.3. Основной закон теплопроводности	9
1.1.4. Дифференциальное уравнение теплопроводности	10
1.1.5. Краевые условия	14
1.2. Основное уравнение теплопередачи	15
1.3. Конвекция и теплоотдача	17
1.4. Подобие процессов теплоотдачи	20
1.5. Теплоотдача при конденсации насыщенных паров	23
1.6. Теплоотдача в теплообменных аппаратах	25
1.7. Теплопередача.....	28
1.7.1. Теплопередача при постоянных температурах теплоносителей.....	28
1.7.2. Теплопередача при переменных температурах теплоносителей.....	30
2. ПРОМЫШЛЕННЫЕ СПОСОБЫ ПОДВОДА И ОТВОДА ТЕПЛОТЫ В ХИМИЧЕСКОЙ АППАРАТУРЕ	31
2.1. Нагревание водяным паром	31
2.2. Нагревание топочными газами	33
2.3. Нагревание промежуточными теплоносителями.....	37
2.4. Нагревание электрическим током	44
2.5. Охлаждение	47
2.6. Конденсация	50
3. ТЕПЛООБМЕННЫЕ АППАРАТЫ	54
3.1. Общие сведения	54
3.2. Виды теплообменников.....	55
3.2.1. Аппараты теплообменные кожухотрубчатые.....	55
3.2.2. Аппараты теплообменные трубчатые без кожуха	69
3.2.3. Аппараты теплообменные с прямой теплоотдачей.....	72

3.2.4. Аппараты теплообменные с наружным обогревом.....	73
3.2.5. Аппараты теплообменные с электрическим обогревом.....	77
3.2.6. Аппараты теплообменные регенеративные	77
3.2.7. Конденсаторы смешения	79
3.2.8. Аппараты теплообменные листовые	80
3.2.9. Аппараты теплообменные с воздушным охлаждением	85
3.2.10. Аппараты теплообменные блочные.....	87
4. ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ВЫБОР ТЕПЛООБМЕННИКОВ	89
4.1. Конструктивные показатели	89
4.2. Показатели качества	90
4.3. Экономические показатели.....	94
5. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ, КОНСТРУКТИВНЫЙ И ПРОЧНОСТНОЙ МЕТОДЫ РАСЧЕТА ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ.....	97
Поверочный расчет	135
6. ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА ТЕПЛООБМЕНА В КОЖУХОТРУБЧАТЫХ ТЕПЛООБМЕННИКАХ	138
7. ЗАДАНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ	142
Контрольные вопросы.....	146
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	148

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Плановский, А. Н. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии / А. Н. Плановский, П. И. Николаев. – Москва : Химия, 1987. – 540 с.
2. Дытнерский, Ю. И. Процессы и аппараты химической технологии : в 2 кн. / Ю. И. Дытнерский. – Москва : Химия, 1995. – 400 с.
3. Касаткин, А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии / А. Г. Касаткин. – 9-е изд. – Москва : Химия, 1973. – 750 с.
4. Основные процессы и аппараты химической технологии : пособие по проектированию / под ред. Ю. И. Дытнерского. – 2-е изд. – Москва : Химия, 1991. – 494 с.
5. Павлов, К. Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии / К. Ф. Павлов, П. Г. Романков, А. А. Носков. – Ленинград : Химия, 1981. – 560 с.
6. Гельперин, Н. И. Основные процессы и аппараты химической технологии / Н. И. Гельперин. – Москва : Химия, 1981. – 812 с.
7. Романков, П. Г. Методы расчета процессов и аппаратов химической технологии / П. Г. Романков, В. Ф. Фролов, О. М. Флисюк, М. И. Курочкина. – Санкт-Петербург : Химия, 1993. – 496 с.
8. Михалев, М. А. Основы теплопередачи / М. А. Михалев, И. М. Михалева. – Москва : Энергия, 1977. – 342 с.
9. Бакластов, А. М. Проектирование, монтаж и эксплуатация теплообменных установок : учеб. пособие для вузов / А. М. Бакластов, В. А. Горбенко, П. Г. Удыма ; под ред. А. М. Бакластова. – Москва : Энергоиздат, 1981. – 336 с.
10. Галин, Н. М. Теплообмен / Н. М. Галин, Л. П. Кириллов. – Москва : Энергоатомиздат, 1987. – 376 с.
11. Теория теплообмена / С. И. Исаев и др. ; под ред. Л. И. Леонтьева. – Москва : Высшая школа, 1979. – 496 с.
12. Кутепов, А. М. Гидродинамика и теплообмен при парообразовании / А. М. Кутепов, Л. С. Стерман, Н. Г. Стюшкин. – 3-е изд. – Москва : Высшая школа, 1986.
13. Романков, П. Г. Теплообменные процессы химической технологии / П. Г. Романков, В. Ф. Фролов. – Ленинград : Химия, 1982. – 288 с.

14. Справочник по теплообменникам. – Москва : Химия, 1982. – 328 с.

15. Вихман, Г. Л. Основы конструирования и расчета аппаратов и машин нефтеперерабатывающих заводов / Г. Л. Вихман, С. А. Круглов. – Москва : Машиностроение, 1987. – 328 с.

16. Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств: примеры и задачи / М. Ф. Михалев и др. – Ленинград : Машиностроение, 1984. – 301 с.

17. Соколов, В. И. Основы расчета и конструирования машин и аппаратов пищевых производств / В. И. Соколов. – Москва : Колос, 1992. – 398 с.

18. Домашнев, А. Д. Конструирование и расчет химических аппаратов / А. Д. Домашнев. – Москва : Машиностроение, 1961. – 624 с.

19. Конструирование и расчет машин химических производств / Ю. И. Гусев и др. – Москва : Машиностроение, 1985. – 408 с.

Учебное издание

Таранцев Константин Валентинович

**ТЕПЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ
ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ**

Подписано в печать 00.00.2020.
Формат 60×84¹/₁₆. Усл. печ. л. 8,60.
Заказ № 000. Тираж 500.

Пензенский государственный технологический университет
Адрес: 440039, Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11
Тел. (8412) 49-54-41; факс: (8412) 49-60-86;
e-mail: rector@penzgtu.ru

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Пензенский государственный технологический университет»**

К. В. Таранцев

ТЕПЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Учебное пособие

Пенза 2020