

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ
Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота

А.Е.Дамаев

**СУДОВЫЕ КОТЕЛЬНЫЕ
И ПАРПРОИЗВОДЯЩИЕ УСТАНОВКИ**

Методические указания для самостоятельной работы курсантов очной формы
обучения по специальности
26.05.06 «Эксплуатация судовых энергетических установок»

Калининград
Издательство БГАРФ
2020

*Документ управляется программными средствами TRIM-QM.
Проверь актуальность версии по оригиналу, хранящемуся в TRIM-QM.*

Содержание

1. Список условных сокращений
2. Общие организационно-методические указания
3. Примерный тематический план занятий
4. Общий перечень рекомендованной литературы
5. Содержание программы дисциплины и методические указания к темам курса
6. Примерный перечень тем лабораторных работ.....
7. Примерная перечень тем практических работ
8. Примерная тематика курсовых работ.

1. Список условных сокращений

ВПК	- вспомогательный паровой котел
ГД	- главный двигатель
КИП	- контрольно-измерительные приборы
ГСМ	- горюче-смазочные материалы
КУП	- котел утилизационный паровой
МКО	- машинно-котельное отделение
МКУБ	- Международный кодекс управления безопасностью
МКО	- машинно-котельное отделение
МКУБ	- Международный кодекс управления безопасностью
ОХиТБ	- охрана труда и техника безопасности
ПК	- паровой котел
ПТЭ	- правила технической эксплуатации
РМРС	- Российский морской регистр судоходства
МК ПДНВ	-78-международный кодекс «Правила дипломирования и несения вахты»
САР	- система автоматического регулирования
САРГ	- система автоматического регулирования горения
САРП	- система автоматического регулирования питания котла водой
СЭУ	- судовая энергетическая установка
ТМК	- термомаслянный котел
УК	- утилизационный котел
УПК	- утилизационный паровой котел
УПКК	- утилизационный паровой котел комбинированный
Д _к	- паропроизводительность, кг/час
Р _к	- рабочее давление в паровом котле

2. Общие организационно-методические указания

Контрольные задания и методические указания составлены в соответствии с учебным планом для курсантов очной формы обучения по специальности 26.05.06 «Эксплуатация судовых энергетических установок»:

- требований Государственного общеобразовательного стандарта высшего профессионального образования по подготовки специалистов направления «Эксплуатация судовых энергетических установок»

- примерной программы дисциплины по направления «Эксплуатация судовых энергетических установок»

- рабочей учебной программы дисциплины «Судовые котельные установки», утвержденные на заседании кафедры СЭУ.

1.1 Цель и задачи дисциплины.

Цель изучения дисциплины является:

- освоение теоретических основ работы судовых ППГ, их конструкций, систем, обеспечивающих работу ППГ.

- умение при модернизации судовой парогенераторной установки использовать последние достижения научно-исследовательских проектно-конструкторских работ в области парогенераторостроения.

- изучение нормативные документы и требования классификационного общества (РМРС) и МК ПДНВ -78 в объеме требований к ПГУ. Полученных знаний должно быть достаточным для выполнения проектирования паровых котлов.

1.2 Задачами изучения дисциплины являются следующие объекты:

- конструктивные схемы, используемые на судах в паровых котлах и их применение;

- конструктивные особенности котлов и их элементов, физические и химические процессы, их характеристики;

- тепловой баланс котельной установки;

- тепловые потери и пути их снижения в паровых котлах и, следовательно, экономии топливно-энергетических ресурсов;

- топливо: характеристики, организация эффективного сгорания топлива в топках ПК;

- организация надежной и эффективной теплопередачи в парогенераторах;

- организация эффективного распределения пара на судовые потребители;

- докотловая обработка питательной воды;

- водно-химические режимы и внутрикотловая обработка котловой воды;

- основы прочностных расчетов элементов парогенераторов;

- материалы, применяемые в ПГ и их характеристики;

- системы автоматического регулирования САРГ и САРП;

- требования, предъявляемые к ППГ РМРС, международными конвенциями и другими государственными и международными документами;

1.3 Квалификационные требования к уровню освоения содержания дисциплины.

В результате изучения дисциплины курсант/студент должен:

- Иметь представление взаимосвязи ПГУ, СЭУ и судна в целом, изучить состав и назначение каждого элемента котельной установки, а также виды потребителей тепловой энергии на судне;
- Знать основные конструкции паровых и термомасляных котлов, устройство и характеристики элементов корпуса парового котла, конструкции топочных устройств
- Изучить основы сгорания жидкого топлива, материального баланса горения топлива, характеристики топливного факела;
- Изучить основы процесса парообразования, виды циркуляции воды в котле;
- Уметь выполнять тепловой расчет парового котла, расчет аэродинамических сопротивлений газоздушного тракта, расчет на прочность элементов корпуса котла;
- Изучить влияние накипи на теплопередачу в поверхностях нагрева котла и способы борьбы с ней методами докотловой и внутрикотловой обработки воды;
- Изучить способы автоматического регулирования горения и питания в паровых котлах различного типа;
- Иметь навыки работы с документацией по ПГУ, чертежами.

3. Примерный тематический план занятий

Таблица 1

Номера, наименования разделов и тем программы дисциплины	Всего по дневной форме обучения, часы	По заочной форме обучения	
		Лекции, часы	Лабор./ практич. занятия, часы
Тема 1. Введение. Теоретические основы котловых процессов. Тема 2. Сжигание жидких топлив в судовых котлах. Тема 3. Топочные устройства. Тема 4. Тепловой баланс котла. Тема 5. Процессы теплообмена в котле. Тема 6. Гидродинамические характеристики котлов. Тема 7. Материалы. Требования РМРС. Тема 8. Котельная установка и			

<p>потребители пара. Тема 9. Конструкции паровых котлов. Тема 10. Системы, обслуживающие судовые котлы (топливная, питательная, зажигания). Тема 11. Утилизационные судовые котлы. Тема 12. Системы автоматического регулирования, сигнализации и защиты. Охрана труда и техника безопасности.</p>			
Итого			

4. Общий перечень рекомендованной литературы.

Основная

- 1 Российский морской Регистр судоходства. Правила классификации и постройки судов, т.2. - СПб, 2008. - 636 с.
- 2 Правила технической эксплуатации судовых вспомогательных паровых котлов. - СПб.: ГИПРОРЫБФЛОТ, 1999. - 80 с.
- 3 Денисенко Н. И. и другие. Судовые котельные установки. - СПб.: Элмор, 2005. - 286 с.
- 4 Бразновский В. К. Техническая эксплуатация судовых парогенераторов. - Калининград: БГАРФ, 2010. - 74 с.
- 5 Корнилов Э В и другие. Вспомогательные, утилизационные, термомаслянные котлы морских судов. - Одесса: ЭкспрессРеклама, 2008. - 240 с.

Дополнительная

- 6 Енин В И Судовые паровые котлы. – М.: Транспорт, 1984. - 248 с.

5. Содержание программы дисциплины и методические указания к темам курса.

Тема 1. Введение. Теоретические основы котловых процессов.

Развитие котлостроения. Назначение судовых котлов. Принцип действия котла. Показатели полезности судовых котлов. Классификация судовых котлов. Требования к судовым котлам.

Методические указания

Технический прогресс, начиная с 18 века ищет, современную энергию. Ею стала тепловая энергия пара. Началось активное проектирование и строительство паровых котлов. Энергия пара на морских судах применяется в 3-х направлениях: для привода главного двигателя (главные ПК), для привода судовых генераторов (для получения электричества) с использованием паровых машин и паровых турбин (вспомогательные ПК и УПК) и получение тепловой энергии для

отопления, получения горячей воды для бытовых и технических нужд, подогрева ГСМ (ПК и УПК). Развитие котлостроения шло по нескольким направлениям с характерными для них техническими показателями. Судовые ПК и УПК имеют повышенные технические требования разработанные РМРС.

Литература: [3.- с. 3-16; 4.- с. 5-13];

Вопросы для самопроверки:

- 1 Что стало поворотным моментом начала котлостроения?
- 2 Виды энергии, получаемые при сгорании топлива на судне?
- 3 Принцип действия парового котла?
- 4 Технические и экономические показатели парогенераторов?
- 5 Классификация судовых парогенераторов?
- 6 Требования к судовым парогенераторам?

Тема 2. Сжигание жидких топлив в топках паровых котлов.

Топливо ПК. Характеристики жидких топлив. Основные положения теории топочных процессов. Процесс горения жидкого топлива. Сжигание водотопливных эмульсий.

Методические указания

Классификация топлива ПК. Основные характеристики жидкого топлива. Стехиометрическое уравнение горения. Материальный баланс процесса горения. Коэффициент избытка воздуха и его влияние при эксплуатации ПК на различных нагрузках. Основные положения теории топочных процессов. Процесс горения одиночной капли жидкого топлива. Сжигание жидкого топлива в факеле. Сжигание газового топлива. Водотопливные эмульсии, их сжигание и перспективы их использования.

Литература: [3.- с.16-34];

Вопросы для самопроверки:

- 7 Характеристики жидкого топлива?
- 8 Материальный баланс процесса горения?
- 9 Основные положения теории топочных процессов?
- 10 Сжигание жидкого топлива в факеле?
- 11 Сжигание водотопливных эмульсий и перспективы использования в ПК?

Тема 3. Топочное устройство паровых котлов.

Определение и назначение топочного устройства ПК. Конструкции топочного устройства ПК.

Методические указания

Определение топочного устройства ПК. Назначение топочного устройства ПК. Устройство и принцип работы механической форсунки. Устройство и принцип работы паро-механической форсунки. Устройство и принцип работы ротационной форсунки. Устройство и принцип работы агрегатированной форсунки.

Литература: [3.- с. 35-42];

Вопросы для самопроверки:

- 12 Механические форсунки: назначение, устройство, принцип работы?
- 13 Ротационные форсунки: назначение, устройство, принцип работы?

14 Агрегатированные форсунки: назначение, устройство, принцип работы?

Тема 4. Тепловой баланс парового котла.

Прямой и обратный тепловой баланс котла. Тепловые потери. Тепловой баланс утилизационного котла.

Методические указания

Тепловой баланс котла. Его графическая интерпретация. Метод обратного теплового баланса. Схема тепловых потерь в котле. Рассмотреть тепловые потери: с уходящими газами, от химической неполноты сгорания, от механической неполноты сгорания, в окружающую среду. Зависимость тепловых потерь от режимов работы ПК. Тепловой баланс утилизационного котла, его уравнение и схема расчета.

Литература: [3.- с. 43-54];

Вопросы для самопроверки:

15 Прямой тепловой баланс парового котла?

16 Обратный тепловой баланс парового котла?

17 Тепловые потери?

18 Тепловой баланс утилизационного парового котла?

Тема 5. Процесс теплообмена в паровом котле.

Основные понятия для расчетов процессов теплообмена. Процессы теплопередачи и теплопроводности в ПК. Конвективный и лучевой теплообмен. Теплопередача в поверхностях нагрева котлов. Эффективность теплообмена при эксплуатации ПК.

Методические указания

Основные понятия и исходные данные для расчетов процессов теплообмена. Процессы теплопередачи и теплопроводности в ПК. Конвективный теплообмен и его графики зависимости от условий эксплуатации ПК. Теплопередача в: парообразующих поверхностях нагрева, пароперегревателях, экономайзерах (водоподогревателях), воздухоподогревателях, поверхностях нагрева утилизационных котлов. Эффективность конвективного теплообмена в эксплуатации ПК и УПК. Влияние накипи, шлама, сажи и гудрона на технические и экономические показатели эксплуатации ПК и УПК.

Литература: [3.- с. 54-81];

Вопросы для самопроверки:

19 Основные понятия процесса теплообмена в паровом котле?

20 Процесс теплопередачи в топке котла?

21 Конвективный теплообмен?

22 Процесс теплопередачи в парообразующих поверхностях нагрева?

23 Процесс теплопередачи в водоподогревателях?

24 Теплопередача в поверхностях нагрева утилизационных котлов?

25 Эффективность конвективного теплообмена в эксплуатации?

Тема 6. Гидродинамические характеристики паровых котлов.

Аэро- и газодинамические характеристики котлов. Процесс парообразования. Естественная и принудительная циркуляции в ПК.

Методические указания

Аэро- и газодинамические характеристики котлов. Схемы воздушного и газового трактов. Виды местных сопротивлений при движении жидкости и газов. Процесс парообразования в большом объеме. Процесс парообразования в парообразующих трубках. Естественная и принудительная циркуляции в ПК.

Литература: [3.- с. 82-92];

Вопросы для самопроверки:

- 26 Аэро- и газодинамические характеристики котлов?
- 27 Процесс парообразования в большом объеме?
- 28 Процесс парообразования в парообразующих трубках?
- 29 Процесс естественной циркуляции?

Тема 7. Материалы. Требование РМРС.

МАКО и РМРС. Требования РМРС к ПК и УПК Материалы для постройки и ремонта ПК и УПК. Основные положения расчета на прочность элементов ПК и УПК.

Методические указания

МАКО и РМРС: назначение, задачи, цели и требования к ПК и УПК. Виды освидетельствования РМРС судовых ПК и УПК Материалы для постройки и ремонта ПК и УПК. Основные положения расчета на прочность элементов ПК и УПК: водяных и дымогарных трубок, водяных и пароводяных барабанов, трубных решеток и других элементов.

Литература: [3.- с. 93-104];

Вопросы для самопроверки:

- 30 Виды освидетельствования РМРС судовых котлов?
- 31 Требования РМРС к судовым паровым котлам?
- 32 Какие материалы используются в судовых паровых котлах?
- 33 Произвести расчет на прочность днищ коллекторов.
- 34 Произвести расчет на прочность кипятильных труб.
- 35 Произвести расчет на прочность трубной решетки пароводяного и водяного коллекторов.
- 36 Основные понятия и показатели надежности судовых парогенераторов?

Тема 8. Котельная установка и потребители пара.

Схемы котельных установок с котлами: газотрубными, водотрубными, комбинированными, водяными, утилизационными, термомаслянными. Судовые потребители пара.

Методические указания.

Необходимо рассмотреть схемы котельных установок с котлами: газотрубными, водотрубными, комбинированными, водяными, утилизационными, термомаслянными. Судовые потребители пара и их значение в безопасности мореплавания, быта экипажа и пассажиров. Режимы использования потребителей пара. Судовая арматура: назначение, конструкция, требования к ней. Гарнитура паровых котлов.

Литература: [3.- с. 113-157; 4.- с. 8-13; 5.- с. 71-79];

Вопросы для самопроверки:

37 Судовая котельная установка с газотрубным котлом: схема установки, работа, особенности эксплуатации?

38 Судовая котельная установка с водотрубным котлом: схема установки, работа, особенности эксплуатации?

39 Судовая котельная установка с комбинированным котлом: схема установки, работа, особенности эксплуатации?

40 Судовая утилизационная установка с газотрубным котлом: схема установки, работа, особенности эксплуатации?

41 Судовая утилизационная установка с водотрубным котлом: схема установки, работа, особенности эксплуатации?

42 Судовая утилизационная установка с комбинированным котлом: схема установки, работа, особенности эксплуатации?

43 Судовая утилизационная установка с глубокой утилизацией тепла?

44 Судовая термомаслянная установка: назначение, устройство, принцип работы?

45 Особенности эксплуатации термомаслянных установок?

46 Судовые установки с водяными котлами: назначение, устройство, принцип работы и особенности эксплуатации?

47 Арматура: назначение, классификация, требования, устройство?

48 Гарнитура: назначение, классификация, требования, устройство?

49 Трубопроводы, используемые в судовых парогенераторных установках?

50 Судовые потребители пара: классификация и требования к ним?

51 Режимы использования судовых потребителей?

Тема 9. Конструкции паровых котлов.

Судовые паровые котлы: назначение, классификация. Паровые котлы: водотрубные, газотрубные, комбинированные, водяные и термомаслянные: технические данные, устройство, особенности конструкции и эксплуатации.

Методические указания.

Общие сведения о конструкциях современных судовых котлов. Главные и вспомогательные котлы: назначения и требования к ним. Водотрубные котлы: технические данные, устройство, особенности конструкции и эксплуатации. Газотрубные котлы: технические данные, устройство, особенности конструкции и эксплуатации. Огнетрубно-водотрубные котлы: технические данные, устройство, особенности конструкции и эксплуатации. Комбинированные паровые котлы: технические данные, устройство, особенности конструкции. Термомаслянные котлы: технические данные, устройство, особенности конструкции.

Литература: [3.- с. 122-141; 4 – с. 9-13; 5 – 10-79]

Вопросы для самопроверки:

52 Судовые паровые котлы: классификация и общие сведения?

53 Водотрубный паровой котел: основные характеристики, устройство и особенности?

54 Газотрубный паровой котел: основные характеристики и устройство и особенности?

- 55 Комбинированный паровой котел: основные характеристики, устройство и особенности?
- 56 Термомасляный котел: основные характеристики, устройство и особенности?
- 57 Огне водотрубный паровой котел : основные характеристики, устройство и особенности?
- 58 Водогрейный котел: основные характеристики, устройство и особенности?

Тема 10. Системы, обслуживающие паровые котлы.

В котельных установках имеются следующие системы: питательная, продувания котла, добавочной воды, конденсатная, ввода химических реагентов, автоматического регулирования, сигнализации и защиты, забортной воды, паровая, топливная, подачи воздуха и отвод дымовых газов. Следует изучить схемы систем, их назначение и принцип работы.

Методические указания.

Необходимо изучить принципиальные схемы и требования РМРС, «Правила технической эксплуатации вспомогательных механизмов, устройств и систем» к системам судовой котельной установки. Питательная система: устройство, обслуживание, требования к ней, особенности эксплуатации. Топливная система: устройство, обслуживание, требования к ней, особенности использования различных сортов топлива. Значение, нормы и физический смысл верхнего и нижнего продувания парового котла. Системы подачи воздуха и отвода дымовых газов: устройство, обслуживание, требования к ней. Накипеобразование и методы борьбы с ней. Коррозия поверхностей нагрева и методы борьбы с ней.

Литература: [3.- с. 158-167; 2.- с 64-68];

Вопросы для самопроверки:

- 59 Судовые системы парогенераторов: классификация, общие и требования РМРС?
- 60 Питательные системы: схема, работа, требования?
- 61 Топливные системы: схема, работа, требования?
- 62 Системы подачи воздуха и отвод газов: схема, работа, требования?
- 63 Паровые системы: схема, работа, требования?
- 64 Системы конденсата и добавочной воды: схема, работа, требования?
- 65 Системы верхнего и нижнего продувания котла: схема, работа, требования?
- 66 Внутренняя очистка парогенераторов, устройство, принцип работы,
- 67 Накипеобразование и методы его снижения.

Тема 11. Утилизационные судовые котлы.

Системы утилизации тепла. Утилизационные судовые котлы: требование РМРС и Правила технической эксплуатации судовых утилизационных установок, классификация и конструкции утилизационных котлов.

Методические указания.

Необходимо рассмотреть схемы простой и глубокой утилизации тепла. Назначение, требования, классификация и основные характеристики утилизационных котлов. Устройство и особенности эксплуатации водотрубного УК, газотрубного УК, комбинированного УК. Технические и экономические

характеристики судовой энергетической установки при использовании судовой утилизационной установки.

Литература: [3.- с. 141-146; 4 – 12-13]

Вопросы для самопроверки:

68 Утилизационный водотрубный паровой котел: основные характеристики и устройство?

69 Утилизационный газотрубный паровой котел: основные характеристики и устройство?

Тема 12. Системы автоматического регулирования, сигнализации и защиты.

Судовая котельная установка как объект автоматического регулирования, сигнализации и защиты как. Основные понятия и определения системы САР. Системы автоматического регулирования питания котла водой. Системы автоматического регулирования горения. Система сигнализации и защиты судовых котлов.

Методические указания.

Системы автоматического регулирования, сигнализации и защиты как объект регулирования. Средства системы управления СКУ. СКУ как система «человек-машина». Объекты регулирования. Релейная схема САР. Пропорциональная система САР. Релейно-пропорциональная система САР. Системы автоматического регулирования питания котлов: схемы, устройство регуляторов, принцип работы. Системы автоматического регулирования горения в топках котлов: схемы, устройство регуляторов, принцип работы. Не отключающие системы защиты котла по: превышению давления, в случае прекращения подачи воздуха в топку или недостаточного напора, при обрыве факела у форсунки, при достижении нижнего предельного уровня в котле. Блокировочные устройства в системах автоматического управления СКУ. Сигнализация в системах автоматического управления СКУ: информационная, предупредительная и аварийная. Системы автоматического регулирования утилизационных котлов, схемы регулирования, требования к САР и особенности работы систем регулирования.

Литература: [3.- с. 172-195];

Вопросы для самопроверки:

70 Системы автоматического регулирования, сигнализации и защиты как объект регулирования?

71 Системы автоматического регулирования, сигнализации и защиты: основные понятия и определения?

72 Системы автоматического регулирования питания котла водой?

73 Системы автоматического регулирования горения?

74 Система сигнализации и защиты судовых котлов?

75 Системы автоматического регулирования утилизационных контуров?

6. Примерный перечень лабораторных работ.

Таблица № 1

Наименование темы	Содержание лабораторной работы	Кол-во часов
Характеристики жидкого топлива	Определение характеристик топлива с использованием лаборатории СКЛАМТ-1	2
Устройство комбинированного котла и котельной установки на его базе на тренажере ERS-4000	Изучить устройство котельной установки на базе комбинированного котла на тренажере ERS-4000	2
Геометрические характеристики топливного факела механической форсунки котла	Выполнить испытания качества распыливания топлива форсунки котла на испытательном стенде	2
Характеристики котловой воды	Определение характеристик котловой воды с использованием лаборатории СКЛАВ-1	2
Устройство огнетрубного котла КВА 0.5/5, его элементов и систем	Изучение на образце арматуры котла, их назначении и особенности, систем, обслуживающих котел	2

7. Примерный перечень практических занятий

Таблица № 2

Наименование темы	Содержание практической работы	Кол-во часов
Конструкции топочных устройств	На моделях изучить конструкции топочных устройств	
Сжигание жидких топлив	Выполнить расчет объема воздуха, теоретически необходимого для сжигания 1 кг жидкого топлива, объем продуктов сгорания	
Тепловой баланс ПК	Выполнить расчет КПД котла по прямому и обратному балансам	
Парообразование и процесс кипения воды в котле	По плакатам изучить особенности парообразования и кипения в трубах и в большом объеме	
Тепловые потери в ПК	Изучить факторы влияния на тепловые потери в ПК	

Процессы теплообмена в ПК	На ПК КВА 0.5\5 рассмотреть виды теплообмена (излучени, конвекция, теплопроводность) в огнетрубном ПК	
Прочностной расчет элементов ПК	Рассчитать толщины коллекторов и парообразующих труб ПК, рассмотреть возможность использования формулы для расчета толщин в целях определения допустимого давления пара при коррозионном износе жлементов ПК.	

8. Примерная тематика курсовых работ.

7.1 Проверочный расчет и проектирование утилизационного парового котла.

7.2 Проверочный расчет и проектирование водотрубного парового котла

Задания и указания для выполнения курсовой работы необходимо взять из методических указаний и контрольных заданий для курсового проектирования судового водотрубного парового котла для курсантов и студентов специальности «Эксплуатация судовых энергетических установок» под редакцией Бразновского В.К.

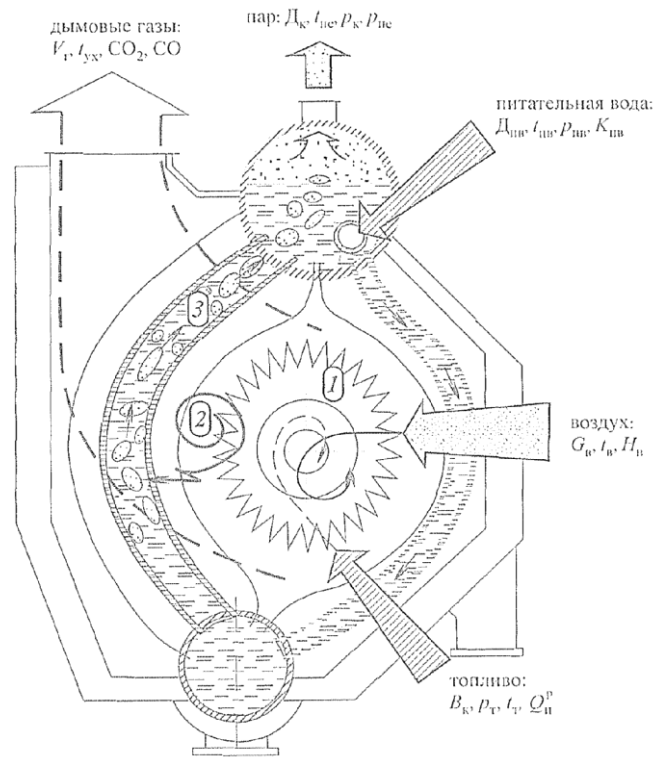


Рис. 1. Схема материальных потоков рабочего процесса котла: 1 — процесс сгорания топлива; 2 — процесс теплопередачи; 3 — процесс парообразования