

Практическое руководство к применению программы

Boiler – Расчёт теплопотерь зданием



ООО "ПОТОК" Программный комплекс "ТЕПЛООВ" тел./факс: – (495) 565-38-39

potok@potok.ru www.potok.ru www.teploov.ru

Содержание

Boleg – Расчёт бойлерных установок

1. Аннотация	3
2. Окно “Общие данные”	4
3. Окно “База”	8
4. Результаты расчета	13
5. Основные расчетные формулы	14
7. Список литературы	29
8. О пакете программ ТЕРПООV	30

1. Аннотация

Назначение программы

Программа предназначена для выполнения тепловых расчётов бойлерных установок, использующих скоростные водоводяные односекционные теплообменники (ОСТ 34-588-68), а также пароводяные двухходовые и четырёхходовые теплообменники серий ПП1 и ПП2 (ОСТ 108.271.105-76).

Программой поддерживается расчёт следующих схем бойлерных установок:

- водоводяного теплообменника;
- пароводяного теплообменника;
- пароводяной бойлерной установки, состоящей из последовательно соединённых пароводяных теплообменников (охладителей конденсата);
- двухступенчатой последовательной схемы;
- двухступенчатой смешанной схемы;
- двухступенчатой смешанной схемы с ограничением максимального расхода сетевой воды на ввод, использующей скоростные кожухотрубные водонагреватели с блоком опорных перегородок (ГОСТ 27590-88).

Исходными данными для расчёта являются:

- температура и теплосодержание насыщенного пара;
- температура конденсата;
- температура греющей и нагреваемой воды;
- теплопроизводительность.

Результаты расчёта представлены в табличной форме и включают:

- количество секций теплообменников;
- фактическую и расчётную поверхности нагрева;
- скорости греющей и нагреваемой воды;

- потери напора в трубках и межтрубном пространстве.

2. Окно “Общие данные”

Назначение и область применения

Программа предназначена для выполнения тепловых расчётов бойлерных установок, включающих скоростные водо-водяные односекционные теплообменники, а также пароводяные двухходовые и четырёхходовые теплообменники серий ПП1 и ПП2.

Основные функции

Программа выполняет расчёт бойлерных установок для следующих схем:

- параллельных схем;
- пароводяного теплообменника;
- пароводяной бойлерной установки, состоящей из последовательно соединённых пароводяных теплообменников (охладителей конденсата);
- двухступенчатой последовательной схемы;
- двухступенчатой смешанной схемы;
- двухступенчатой смешанной схемы с ограничением максимального расхода сетевой воды на ввод, использующей скоростные кожухотрубные водонагреватели с блоком опорных перегородок (ГОСТ 27590-88 Е).

Входные данные

Для расчёта требуются следующие исходные параметры:

- тип принципиальной схемы;
- параметры теплоносителя и нагреваемой воды;
- теплопроизводительность;
- температура греющей воды (если теплоноситель — вода) и нагреваемой воды;
- температура насыщенного пара и его теплосодержание (если теплоноситель — пар);
- температура конденсата.

Выходные данные

Результаты расчёта представлены в табличной форме и включают:

- номер и количество подогревателей в установке;
- гидравлические характеристики;
- количество секций теплообменников;
- фактическую и расчётную поверхность нагрева;
- скорости греющей и нагреваемой воды;
- потери напора в трубах и межтрубном пространстве;
- рекомендуемые типы водонагревателей.

Формируемые результаты сохраняются в текстовых документах для последующего использования.

Boiler - Расчёт бойлерных установок

Схема: Смешанная двухступенчатая схема

Назначение: водоснабжение

Нагрев воды в: трубках ☒ Учитывать снижение теплоотдачи в переход. области

Водонагреватели: 2 и 4 метровые ☐ С опорными перегородками

Толщина накипи, мм < 0,00 >

Место установки:

Длина, м: < 0,00 >

Высота, м: < 0,00 >

Ширина, м: < 0,00 >

Для воды:

Модель: Все

Диаметр корпуса: < 0 > ...

Температура воды в подающей магистрали системы ОВ при обычном отопительном графике, °C < 150 >

Температура воды в обратной магистрали системы ОВ при обычном отопительном графике, °C < 70 >

Температура нагреваемой воды на входе в бойлер, °C < 5 >

Температура нагреваемой воды на выходе из бойлера, °C < 65 >

Количество тепла на горячее водоснабжение, кВт < 1163 >

Температура воды в подающей магистрали системы ОВ в переходный период, °C < 70 >

Перепад темп-ры для распредел. нагрузок между ступенями $T_{mp} = \tau_{au} 20 - 12, ^\circ C$

Перепад: 12°C

Температура воды в обратной магистрали системы ОВ в переходный период, °C < 41 >

Количество тепла на отопление и вентиляцию, кВт < 930 >

Предельные значения расчетных величин

Процент запаса поверхности нагрева

Max < 25 > Min < 0 >

Максимальная скорость воды в подогревателе

Отопление < 1.0 > Горяч. водосн. < 1.0 >

Число Рейнольдса для переходной области

Re < 10000 >

Конфигурация - Схема5 Нет изменений ООО "ПОТОК" www.potok.ru Guardant ID: F079DD4B

рис. 1. Основное окно программы

Окно "**Общие данные**" предназначено для ввода исходных параметров, необходимых для расчёта бойлерных установок. В нём представлены основные характеристики системы, включая схему установки, параметры теплообменников, температурные режимы и предельные значения расчётных величин.

Основные элементы окна

1. Выбор схемы

- Поле **"Схема"** – выпадающий список для выбора конфигурации бойлерной установки (например, смешанная двухступенчатая схема).
- Поле **"Назначение"** – определяет сферу применения (например, водоснабжение).

2. Параметры теплообменников

- Поле **"Нагрев воды"** – выбор, где происходит, нагрев воды (в трубках или в межтрубном пространстве).
- Поле **"Водонагреватели"** – выбор типа и размера теплообменников (например, 2 и 4 метровые).
- Поле **"Толщина накипи, мм"** – ввод толщины отложений на стенках трубок.
- Флажок **"Учитывать снижение теплоотдачи в переходной области"** – позволяет учитывать изменения коэффициента теплоотдачи.
- Флажок **"С опорными перегородками"** – определяет конструктивные особенности теплообменника.
- Флажок **"Есть затраты тепла на вентиляцию"** доступен при выбранной схеме **"Двухступенчатая смешанная схема с ограничением"**.

3. Температурные параметры

Температуры воды и насыщенного пара.

4. Предельные значения расчётных величин

Поля **"Процент запаса поверхности нагрева (Max, Min)"** – диапазон допустимых запасов теплообменной поверхности.

- Поле **"Максимальная скорость воды"** – для систем отопления и горячего водоснабжения.
- Поле **"Число Рейнольдса для переходной области"** – важный параметр для расчёта теплообмена.

3. Окно “База”

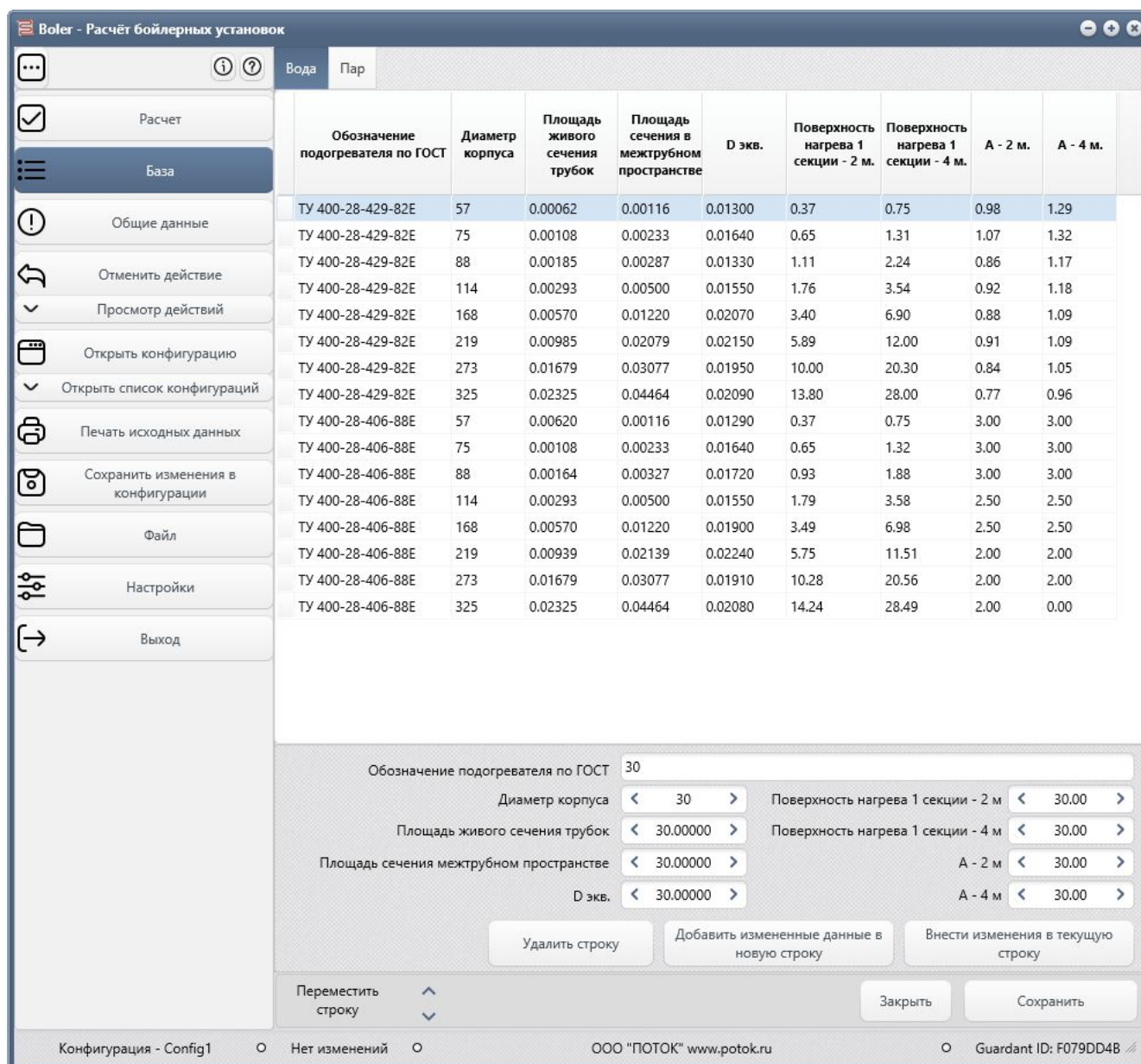


рис. 2. Окно “База”

Окно "База" предназначено для работы с базой данных подогревателей, используемых в бойлерных установках. Здесь можно просматривать, редактировать и добавлять новые записи, содержащие характеристики теплообменных аппаратов.

1. Основные элементы окна

1.1 Вкладки "Вода" и "Пар"

В верхней части окна расположены две вкладки:

- "Вода" – содержит параметры подогревателей, работающих с водяным теплоносителем.
- "Пар" – отображает характеристики подогревателей, использующих пар в качестве теплоносителя.

Переключение между вкладками позволяет работать с соответствующими группами теплообменников.

1.2 Таблица с параметрами подогревателей. Для вкладки "Вода".

В верхней части окна представлена таблица, содержащая характеристики подогревателей.

Колонки включают:

- Обозначение подогревателя по ГОСТ – стандартное название аппарата.
- Диаметр корпуса – размер корпуса теплообменника.
- Площадь живого сечения трубок – площадь сечения, через которое проходит теплоноситель.
- Площадь сечения в межтрубном пространстве – площадь потока в межтрубном пространстве.
- D экв. – эквивалентный диаметр.
- Поверхность нагрева 1 секции (2 м и 4 м) – площадь теплообмена одной секции для различных длин теплообменника.

1.3 Таблица с параметрами подогревателей. Для вкладки "Пар".

Колонки включают:

- Обозначение подогревателя по ГОСТ – стандартное наименование аппарата.
- № п.п. (в ГОСТ) – порядковый номер позиции в ГОСТ.
- t подачи воды ($^{\circ}\text{C}$) – температура воды на входе.
- Давление пара (МПа) – рабочее давление пара в теплообменнике (только для вкладки "Пар").
- Число ходов – количество проходов теплоносителя через аппарат.
- Поверхность нагрева (м^2) – общая площадь теплообмена.

- Масса (кг) – масса теплообменника.
- Площадь живого сечения трубок (m^2) – проходное сечение трубок.
- Среднее количество трубок в ряду – среднее количество труб в одном ряду.
- D корпуса (м) – диаметр корпуса.
- Длина (м) – общая длина теплообменника.

1.4 Панель фильтрации и редактирования данных (нижняя часть окна). Для вкладки "Вода".

Позволяет изменять или добавлять данные. Поля включают:

- Обозначение подогревателя по ГОСТ – ввод нового или редактируемого обозначения.
- Диаметр корпуса – задание нового значения диаметра.
- Площадь живого сечения трубок – редактируемая площадь трубного сечения.
- Площадь сечения межтрубного пространства – значение площади межтрубного сечения.
- D экв. – редактируемый эквивалентный диаметр.
- Поверхность нагрева 1 секции (2 м и 4 м) – корректировка значений.

1.5 Панель фильтрации и редактирования данных (нижняя часть окна). Для вкладки "Пар".

Поля ввода:

- Обозначение подогревателя по ГОСТ – ввод/редактирование названия.
- № п.п. (в ГОСТ) – изменение порядкового номера.
- t подачи воды – корректировка температуры подачи воды.
- Давление пара – ввод нового давления пара (активно только во вкладке "Пар").
- Число ходов – настройка количества ходов теплоносителя.
- Поверхность нагрева – изменение площади теплообмена.
- Масса – редактирование массы аппарата.
- Площадь живого сечения трубок – корректировка сечения трубок.
- Среднее количество трубок в ряду – изменение количества трубок.
- D корпуса – редактирование диаметра корпуса.
- Длина – задание длины теплообменника.

1.6 Кнопки управления

- "Удалить строку" – удаляет выбранную запись из базы.
- "Добавить измененные данные в новую строку" – создаёт новую запись на основе введённых значений.
- "Внести изменения в текущую строку" – обновляет выбранную запись.
- "Переместить строку" – изменяет порядок строк в таблице.
- "Заккрыть" – выход из окна базы данных.
- "Сохранить" – сохраняет все внесённые изменения.

2. Работа с окном "База"

2.1 Поиск и анализ данных

1. Выберите нужную вкладку – "Вода" или "Пар".
2. Найдите теплообменник в таблице, ориентируясь по ГОСТ или другим параметрам.
3. При необходимости используйте поля фильтрации в нижней части окна.

2.2 Редактирование существующей записи

1. Выберите строку, которую нужно изменить.
2. Внесите корректировки в соответствующие поля.
3. Нажмите "Внести изменения в текущую строку".
4. Сохраните изменения кнопкой "Сохранить".

2.3 Добавление новой записи

1. Перейдите в нужную вкладку ("Вода" или "Пар").
2. Заполните все поля внизу окна.
3. Нажмите "Добавить измененные данные в новую строку".
4. Сохраните данные.

2.4 Удаление записи

1. Выберите строку, которую нужно удалить.
2. Нажмите "Удалить строку".
3. Подтвердите удаление и сохраните изменения.

База бойлеров находится в папке - **C:\Users\Public\Documents\TeploOV\Boler\BolerBase.**

4. Результаты расчета

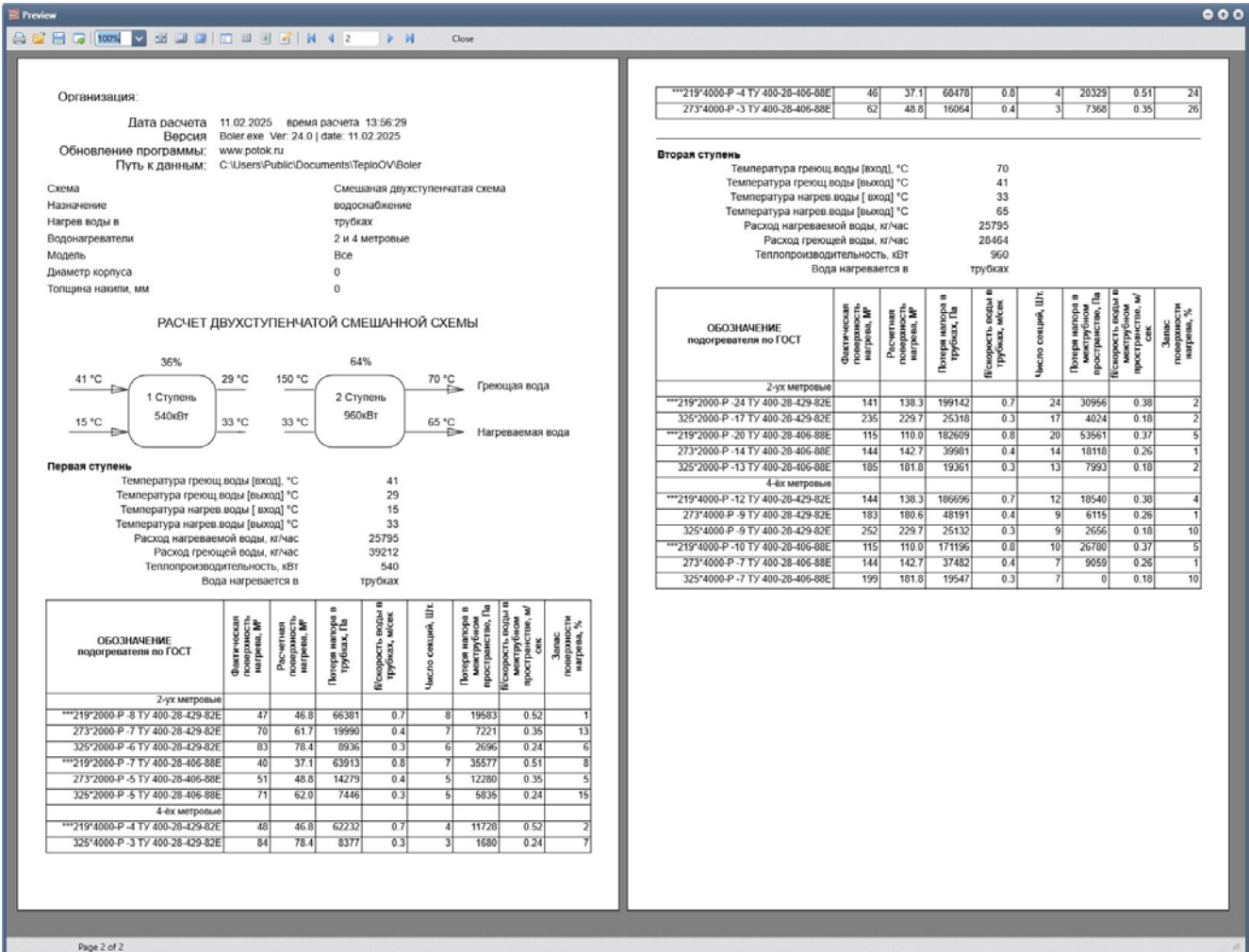


рис. 3. Результаты расчёта

Результаты можно сохранить в различных форматах, включая RTF (DOC), PDF и Excel, используя меню в верхней части окна.

5. Основные расчетные формулы

Расчёт водо-водяного теплообменника

Исходные данные:

Для выполнения расчёта необходимы следующие параметры:

- Теплопроизводительность;
- Температуры греющей и нагреваемой воды (в градусах Цельсия).

Методика расчёта:

1. Определение средней разности температур (ΔT):

- Если $(T_1 - TM_1) - (T_2 - TM_2) = 0$, то:
$$\Delta T = \frac{(T_1 - TM_1) - (T_2 - TM_2)}{2}$$
- Если $(T_1 - TM_1) - (T_2 - TM_2) \neq 0$, то:
$$\Delta T = \frac{(T_1 - TM_1) - (T_2 - TM_2)}{2.3 \times \log \frac{T_1 - TM_1}{T_2 - TM_2}}$$

где:

T_1, T_2 – температуры греющей воды на входе и выходе теплообменника;

TM_1, TM_2 – температуры нагреваемой воды на входе и выходе.

2. Определение средних температур:

- Средняя температура греющей воды: $T = 0.5 \times (T_1 + T_2)$
- Средняя температура нагреваемой воды: $TM = 0.5 \times (TM_1 + TM_2)$

3. Вычисление промежуточных коэффициентов:

- $B = 1210 + 18TM + 0.038TM^2$
- $J = 1210 + 18T + 0.038T^2$
- Q – теплопроизводительность (Гкал/ч)

4. Скорость нагреваемой воды:

$$W_m = \frac{G_m}{3600 \times F_{тр}}, (\text{м/сек})$$

- **G_м** – расход нагреваемой воды: $G_m = \frac{Q \times 10^3}{TM1 - TM2}, (\text{т/ч})$
- **F_{тр}** – площадь живого сечения трубок (м²)

5. Скорость греющей воды:

$$W_T = \frac{G_T}{3600 \times F_{тр}} (\text{м/сек})$$

- **G_т** – расход греющей воды: $G_T = \frac{Q \times 10^3}{T1 - T2}, (\text{т/ч})$
- **F_{м.тр}** – площадь живого сечения межтрубного пространства (м²)

6. Коэффициент теплоотдачи от стенки трубы к нагреваемой воде:

$$A1 = \frac{B \times W^{0.8}}{0.0145^{0.2}} \times FI, (\text{ккал/м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{град})$$

7. Коэффициент теплоотдачи от греющей воды к стенкам трубок:

$$A2 = \frac{J \times W^{0.8}}{D_{эКВ}^{0.8}} \times FI, (\text{ккал/м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{град})$$

- **D_{эКВ}** – эквивалентный диаметр межтрубного пространства (м)
- **FI** – понижающий коэффициент при переходном режиме (Re от 2300 до 10000):

$$FI = 0.464 \times \log(Re) - 3.28$$

8. Коэффициент теплопередачи:

$$K = \frac{0.95}{\frac{1}{A1} + \frac{1}{A2} + Y}, (\text{ккал/м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{град})$$

$$Y = \frac{T_{нак}}{\text{теплопроводность}} + 0,000011$$

- **T_{нак}** – толщина накипи (м), принимаемая по эксплуатационным данным.

9. Расчётная поверхность нагрева (м²):

$$F = \frac{Q \times 10^6}{\Delta T \times K}$$

10. Количество секций водоподогревателя:

$$N = \frac{F}{F_c}$$

- F_c – поверхность нагрева одной секции (м²)

11. Потеря напора в трубках:

$$H_{тр} = K \times W_{тр}^2 \times N$$

- $W_{тр}$ – скорость воды в трубках (м/сек)
- K – коэффициент гидравлического сопротивления:
 - Водонагреватель для отопления:
 - 775 (длина 4 м)
 - 480 (длина 2 м)
 - Водонагреватель для ГВС:
 - 3000 (длина 4 м)
 - 1600 (длина 2 м)

11. Потеря напора в межтрубном пространстве:

$$H_M = A \times W_M^2 \times N \times 1000$$

- A – коэффициент гидравлического сопротивления (по данным для типа водонагревателя)
- W_M – скорость воды в межтрубном пространстве (м/сек)

Расчёт пароводяного теплообменника

Исходные данные для расчёта пароводяных теплообменников:

- Теплопроизводительность (Гкал/час);
- Температура насыщенного пара (°C);
- Температура нагреваемой воды (°C).

Формулы расчёта:

1. Средняя температура стенки трубок

$$T_{\text{мср}} = 0.5 \times (T_{\text{Н}} + T_{\text{Н}})$$

- $T_{\text{Н}}$ - температура насыщенного пара в град,
- $T_{\text{м}}$ - средняя температура нагреваемой воды в град,

$$T_{\text{м}} = 0.5 \times (T_{\text{м1}} + T_{\text{м2}})$$

2. Промежуточные коэффициенты

$$\alpha = 4320 + 47,54 \times T_{\text{н}} - 0,14 \times T_{\text{н}}^2$$

$$\delta = 121 + 18T_{\text{м}} - 0.038T_{\text{м}}^2$$

3. Средняя разность температур

$$DT_{\text{мср}} = (T_{\text{н}} - T_{\text{м1}}) - (T_{\text{н}} - T_{\text{м2}})/2.3 * \log(T_{\text{н}} - T_{\text{м1}})/(T_{\text{н}} - T_{\text{м2}})$$

4. Скорость нагреваемой воды, м/сек:

$$W_{\text{м}} = G_{\text{м}}/(3600 * F_{\text{тр}});$$

- $G_{\text{м}}$ - расход нагреваемой воды в т/ч,
- $F_{\text{тр}}$ - площадь живого сечения трубок в м².

5. Коэффициент теплоотдачи от пара к стенкам трубок, расположенных горизонтально, ккал/м² ч град:

$$A1 = \alpha / ((T_{\text{н}} - T_{\text{мст}}) \times m \times 0.016)^{0.25}$$

- m - среднее количество трубок в вертикальном ряду.

6. Определение коэффициента теплоотдачи от стенок трубок к нагреваемой воде см. Раз.1 "расчёт параллельной схемы", п.6.

7. Величина $T_{\text{м}}$ ст сравнивается с новым значением, определяемым по формуле:

$$T_{\text{м'ст}} = (T_{\text{н}} * A1 + T_{\text{м}} * A2)/(A1 + A2)$$

если $|T_{мст} - T_{м'ст}| \geq 0.5$, то $T_{мст}$ присваивается значение $T_{м'ст}$ и определяются новые $A1$ и $A2$ вычисления прекращаются при выполнении неравенства.

8. Коэффициент теплопередачи, $\text{ккал/м}^2 \text{ ч град}$:

$$K = 1/(1/A1 + 1/A2 + 0.000011);$$

9. Расчетная поверхность нагрева (м^2):

$$F = \alpha/K;$$

10. Потеря напора в трубках:

$$H = B * W \text{ м}^2$$

Коэффициент **В** принимается:

- 2690 для 4-ходовых,
- 1360 для 2-ходовых с длиной секции 3 м
- 1070 для 2-ходовых с длиной секции 2 м.

Расчёт пароводяной бойлерной установки

Комплекс пароводяной бойлерной, как узел тепловой схемы состоит из пароводяного теплообменника (охладителя конденсата), регулятора уровня конденсата, обвязочных трубопроводов.

Исходными данными являются: теплопроизводительность установки в Гкал/час , температуры насыщенного

пара, конденсата и нагреваемой воды в градусах, теплосодержание насыщенного пара в ккал/кг .

1. Расход нагреваемой воды:

$$G_m = (Q \times 1000 / (T_{м1} - T_{м2})) \times (T/4)$$

- **Q** - теплопроизводительность в Гкал/час .
- **Тм1, Тм2**- температуры нагреваемой воды в градусах на выходе и на входе в бойлерную установку.

2. Расход пара:

$$G_T = (Q_{1000} / 0.95(I'' - T_{mk})) * (T/4)$$

- **0.95** - коэффициент запаса
- **I''** - теплосодержание насыщенного пара в ккал/кг,
- **T_{mk}** - температура конденсата в градусах.

3. Для определения температуры слоя конденсата на поверхности трубок используется метод последовательных приближений.

Задаемся первым приближением:

$$tau_{Pr} = T_n - 10$$

- **T_n** - температура пара в градусах.

Определяем температуру нагреваемой воды на выходе охладителя конденсата:

$$T_{m'1} = T_{m1} - G_T / G_M(I'' - tau_{pr})0.95$$

среднюю температуру нагреваемой воды:

$$T_m = (T_1 + T'1)/2;$$

среднюю температуру стенки:

$$T_{mст} = (T_m + T_n)/2;$$

температуру слоя конденсата на поверхности трубок:

$$tau_{Ok} = (T_n + T_{mст})/2$$

Полученные значения **tau пр** и **tau ок** сравниваются.

В случае, если **tau пр > tau ок** к значению **tau пр** прибавляется 0.5 град с, а если **tau пр < tau ок**, от значения **tau пр** вычитается 0.5 град с.

Расчёт повторяется при новом значении **tau пр** до тех пор, пока разница между **tau пр** и **tau ок** будет не >0.5 град.

4. Теплопроизводительность пароводяного теплообменника:

$$Q = G_M * (T_{M1} - T_{M'1}) * 10^{-3}, \text{ ккал/час}$$

5. Теплопроизводительность водоводяного теплообменника:

$$Q = G_M * (T_{M'1} - T_{M2}) * 10^{-3},$$

по вычисленным значениям теплопроизводительности и температуры нагреваемой воды на выходе из водоводяного теплообменника ($T_{M'1}$) можно рассчитать пароводяной и водоводяной теплообменники следуя методике, приведенной в пунктах "1" и "2" настоящего раздела.

Расчёт двухступенчатой последовательной схемы

В двухступенчатой последовательной схеме водоподогреватели первой и второй ступени включены последовательно с системой отопления (рис. 1б).

Исходными данными являются: расходы тепла на горячее водоснабжение и отопление в гкал/час., температуры воды в системе отопления в переходный период и при нормальном отопительном графике и температуре нагреваемой воды в градусах.

1. Расход нагреваемой воды:

$$G_M = (Q_{ГВ} * 1000 / (T_{M1} - T_{M2})) * (T/4),$$

- $Q_{ГВ}$ - балансовый часовой расход тепла на горячее водоснабжение в гкал/час;

2. Дополнительный расход теплофикационной воды на горячее водоснабжение:

$$G_{ГБ} = 1.2 * Q_{ГВ} * 1000 (T_{M1} - T_{Мр}) / (t_{ау1} - t_{ау20}) * (T_{M1} - T_{M2}),$$

- $T_{Мр} = t_{ау20} - t$ температура нагреваемой воды после I ступени. Обычно $t=8$ °С. Параметр t вынесен в исходные данные.

3. Расход воды на отопление и вентиляцию:

$$G_0 = Q_0 * 1000 / (T_{M10} - T_{M20}),$$

- T_{M10}, T_{M20} - температуры воды в системе в системе отопления при нормальном отопительном графике, °С.

4. Расчётный (балансовый) расход сетевой воды:

$$G_{\text{с}} = G_{\text{гс}} + G_0;$$

5. Теплопроизводительность 1 ступени при балансовой нагрузке:

$$Q_{1\text{с}} = Q_{\text{гс}} * 1000(T_{\text{мр}} - T_{\text{м2}})/(T_{\text{м1}} - T_{\text{м2}});$$

6. Температура сетевой воды в обратной линии ввода:

$$T_{2\text{с}} = t_{\text{ау20}} - Q_{1\text{с}}/G_{\text{с}};$$

7. Среднелогарифмическая разность температур в подогревателе 1 ступени:

$$D_{\text{ср.1с}} = (T_{2\text{с}} - T_{\text{м2}}) - (t_{\text{ау20}} - T_{\text{мр}})/2.3LG(T_{2\text{с}} - T_{\text{м2}})/(t_{\text{ау20}} - T_{\text{мр}});$$

8. Суммарный период температур сетевой воды в подогревателях 1 и 2 ступени:

$$T_2 = Q_{\text{гв}}/1.1G_{\text{с}},$$

$$G_{\text{м}} = 1.1 * G_{\text{с}};$$

9. Расчетный коэффициент смешения элеватора:

$$Q_{\text{м}} = T_1 - T_{\text{м1}}/(t_{\text{ау10}} - t_{\text{ау20}});$$

10. Коэффициент смешения элеватора:

$$Q_{\text{м}}' = (1 + Q_{\text{м}})/\psi D - 1,$$

где,

$$\psi = G_{1\text{D}}/G_{10}$$

11. безразмерная характеристика отопительной системы:

$$E_0 = 1/((0.5 + Q_{\text{м}}')/(1 + Q_{\text{м}}') + \psi_{\text{сим}}(T_{\text{мпр}} - 18)/(T_1 - t_{\text{ау20}}),$$

где,

$$\psi_{\text{сим}} = 1.1 * G_{1\text{с}}/G_0;$$

$$t_{\text{мпр}} = 0.5 * (t_{\text{ау20}} + 51.1);$$

12. Безразмерная характеристика подогревателя 1 ступени:

при $D_t < T_{m1} - T_{m2}$

$$\epsilon_1 = 1 / (0.35 + 0.65(T_{m1} - T_{m2}) / D_{t2} + 0.95 D_{t\text{ср.16}} * (T_{m1} - T_{m2}) / D_{t2}(T_{\text{мп.д.}} - T_{m2}) * (1/1.2)^{0.5};$$

при $D_t > T_{m1} - T_{m2}$

$$\epsilon_1 = 1 / ((0.65 + 0.35(T_{m1} - T_{m2}) / D_{t2} + 0.95 D_{t\text{ср.1д}} * (T_{m1} - T_{m2}) / D_{t2}(T_{\text{мп.д.}} - T_{m2})) * (1/1.2)^{0.5};$$

13. Температура воды после системы отопления:

$$T_{m20m} = ((T_1 - D_{t2} - E_1 * T_{m2})(1 - E_0) + 18E_0) / (1 - E_0(1 - E_0))$$

14. Производительность подогревателей 1 и 2 ступени:

$$Q_1 = Q_{\text{гв}}(T_{m20m} - T_{m2}) / D_{t2};$$

$$Q_2 = Q_{\text{гв}} - Q_1;$$

15. Температура сетевой воды перед системой отопления:

$$T_{10m} = T_1 - Q_2 / 1.1 G_1 D;$$

16. Температура сетевой воды в обратной линии ввода:

$$T_{2m} = T_{m20m} - Q_1 / 1.1 G_1 D;$$

17. Температура местной воды после подогревателя 1 ступени:

$$T_{\text{п.м.}} = T_{m2} + Q_1 / G_1 m;$$

По вычисленным значениям теплопроизводителей и температур греющей и нагреваемой воды можно рассчитать 1 и 2 ступени бойлерной, следуя методике пункта '1' настоящего раздела.

Расчет двухступенчатой смешанной схемы.

В смешанной схеме первая ступень водоподогревателей включена последовательно системе отопления, а вторая - параллельно. Исходные данные те же, что и при расчёте двухступенчатой последовательной схемы.

1. Расход нагреваемой воды, т/час:

$$G_{1m} = Q_{\text{г.в.}} * 1000 / (T_{m1} - T_{m2});$$

2. Производительность 2 ступени, гкал/час:

$$Q2 = G1m(Tm1 - Tmp)10^{-3},$$

где, $Tmp = t_{ay20} - t$, температура нагреваемой воды после I ступени. Обычно принимается $t=12$ °C. Параметр t вынесен в исходные данные.

3. Производительность 1 ступени, гкал/час:

$$Q1 = Q_{г.в.} - Q2;$$

4. Расход воды на отопление и вентиляцию, т/час:

$$G10 = Q2 * 1000 / (Tm10 - Tm20)$$

5. Расход греющей воды во второй ступени, т/час:

$$G12.1 = Q * 1000 / (t_{ay10} - t_{ay20})$$

6. Расход греющей воды в 1 ступени:

$$G12.1 = G10 + G12.2; [т/ч]$$

7. Температура греющей воды после 1 ступени, град:

$$Tay2 = t_{ay20} - Q1 * 1000 / G12.1;$$

На основе рассчитанных значений теплопроизводительности, а также температур греющей и нагреваемой воды, можно выполнить расчет первой и второй ступеней бойлерной системы горячего водоснабжения, следуя методике, изложенной в пункте 2.1 данного раздела.

Определение параметров двухступенчатой смешанной системы с ограничением максимального расхода сетевой воды на входе для схем присоединения водонагревателей горячего водоснабжения, использующих скоростные кожухотрубные теплообменники с блоком опорных перегородок (в соответствии с ГОСТ 27590-88).

Предлагаемая методика расчета двухступенчатой смешанной системы горячего водоснабжения с ограничением расхода сетевой воды учитывает недостатки

традиционного подхода, изложенного в «Руководстве по проектированию тепловых пунктов» (М., Стройиздат, 1983). В отличие от косвенного метода, где первая ступень определяется балансовой нагрузкой, а вторая — разницей между максимально-часовой нагрузкой и нагрузкой первой ступени, новый метод обеспечивает соблюдение принципа непрерывности, согласовывая температуры на выходе первой и входе второй ступени.

Основные положения новой методики:

1.1 Определение расхода греющей воды

- В условиях максимального водоразбора, при отсутствии подачи тепла на отопление, весь поток направляется на горячее водоснабжение.

- Для тепловых пунктов без вентиляционной нагрузки:

I. Расход греющей воды одинаков для обеих ступеней и принимается равным максимальному расчетному расходу сетевой воды при ограничении:

$$G_{г.в.макс.} = \max(G_{г.в.макс.}, G_o \text{ (для совмещенной нагрузки)}, G_o + K, G_{г.в.ср.} \text{ (для отопительной нагрузки)})$$

II. Определение максимального расхода по формуле:

$$G_{г.в.макс.} = \frac{0.55 \times Q_{г.в.макс.} \times 3.6}{C \times (t1' - t2')}$$

где:

t1', t2' — температуры воды в подающем трубопроводе после отопительной системы;

Q_{г.в.макс.} — максимальный часовой расход тепла на ГВС, Вт.

III. Для учета отопительной нагрузки:

$$G_o = \frac{Q_o \times 3.6}{C \times (t1 - t2)}$$

где:

t1, t2 — температуры, соответствующие расчетной наружной температуре для отопления;

Q_o — расчетный расход теплоты на отопление, Вт;

C — теплоемкость воды (4,19 кДж/кг·°C).

1.2 Контроль температуры сетевой воды после первой ступени

- Проверяется температура на выходе из первой ступени:

$$t_{1'} = t_{2'} - \frac{Q_{г.в.макс.} \times 3,6}{C - G_{н.макс.}}$$

- Если полученное значение ниже 15°C, принимается $t_{1'} = 15^\circ\text{C}$, и расход греющей воды корректируется:

$$G_{г.макс.} = \frac{3,6 \times Q_{г.в.макс.}}{(t_{1'} - 15) \times C}$$

1.3 Для тепловых пунктов с вентиляционной нагрузкой

- Расход греющей воды для второй ступени: $G_{г.в.макс.}$
- Для первой ступени: $G_{г.в.макс.} + G_o$

2. Определение расхода нагреваемой воды через обе ступени:

- Расход определяется исходя из максимально-часовой нагрузки $Q_{г.в.макс.}$ и температуры нагрева до 60°C во второй ступени:

$$G_{н.в.макс.} = \frac{Q_{г.в.макс.} \times 3,6}{C \times (60 - t_x)}$$

где:

t_x — температура воды на входе в систему ГВС.

2.1 Температурные условия первой ступени:

- Вода в первой ступени нагревается до температуры на 5°C ниже температуры воды в обратном трубопроводе системы отопления:

$$t_n = t_1 - 5$$

3. Расчет производительности водонагревателей:

- Для первой ступени:

$$Q_{г.в.I} = G_{н.макс.} \times (t_n - t_x) \times \frac{C}{3,6}$$

- Для второй ступени:

$$Q_{г.в.II} = G_{н.макс.} \times (60 - t_n) \times \frac{C}{3,6}$$

4. Температура греющей воды на выходе из водонагревателя горячего водоснабжения II-ой ступени на входе в водонагреватель I-ой ступени t_{11} находится из уравнения:

$$t_{11} = t_2 - \frac{Q_{г.в.} \times 3,6}{G_{г.макс.} \times C}$$

5. Температура сетевой воды после водонагревателя I-ой ступени:

$$t_2 = t_1 - \frac{Q_{г.в.} \times 3,6}{G_{г.макс.} \times C}$$

6. Определение температурного напора установки

• Если $\Delta t_b = \Delta t_m$, то

$$\Delta t = \frac{\Delta t_b - \Delta t_m}{\ln(\Delta t_b / \Delta t_m)}$$

где:

Δt_b и Δt_m — большая и меньшая разность температур на входе и выходе водонагревателя.

7. Определение скорости воды

• Для трубок:

$$W_{тр} = \frac{G_{н.макс.}}{3600 \times f_{тр}}$$

• Для межтрубного пространства:

$$W_{м.тр} = \frac{G_{г.макс.}}{3600 \times f_{м.тр}}$$

где:

$f_{тр}$ и $f_{м.тр}$ — площадь сечения трубок и межтрубного пространства (по табл. 1).

8. Определение коэффициентов теплоотдачи и теплопередачи

• Расчет коэффициентов теплоотдачи от греющей воды к стенке трубы (A_{Lo}) и от стенки к нагреваемой воде ($A_{Lв}$)

10. Расчет требуемой площади теплообмена

- Площадь поверхности нагрева:

$$F = \frac{Q_{я1}}{K \times \Delta t}$$

- Число секций водонагревателя округляется в большую сторону:

$$n = \frac{F}{f_{сек}}$$

11. Расчет потерь давления

- Для прохождения нагреваемой воды через трубки:

$$\Delta P_n = 7,5 \times W_{тр}^2 \times n$$

- Для греющей воды через межтрубное пространство:

$$\Delta P_{тр} = \Lambda \times W_{м.кв.,тр} \times n$$

где Λ — коэффициент, зависящий от типоразмера труб (определяется экспериментально).

Эта методика позволяет выполнять более точный расчет двухступенчатых водонагревателей, обеспечивая согласованность температурных параметров и эффективное использование теплоносителей.

Таблица 1

ТЕХ. ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОДОВОДЯНЫХ ПОДОГРЕВАТЕЛЕЙ ГОСТ 27590-88
(трубный пучок из гладких труб с каркасом опорно-направляющих перегородок)

Наруж диаме корпу са, Дн, мм	Чис- ло тру- бок, шт	Живое сечение трубок, м. кв.	Живое сечение межтруб ного пр остранс, м. кв	Эквива диамет межтру бного простр, мм	Поверхнос нагрева, м, к. при длине секции		Расчет. теплов производ. кВт при длине секции		Масса одной 4м се кции, кг.
					2м	4м	2м	4м	
57	4	0,00062	0,00116	0,0129	0,37	0,75	8	17	37
76	7	0,00108	0,00233	0,0164	0,65	1,32	13	28	52,4
89	10	0,00154	0,00327	0,0172	0,93	1,88	18	40	64,2
114	19	0,00293	0,005	0,0155	1,79	3,58	40	85	97,1
168	37	0,00570	0,0122	0,019	3,49	6,98	75	150	193,8
219	61	0,00939	0,02139	0,0224	5,75	11,51	115	240	301,3
273	109	0,01679	0,03077	0,0191	10,28	20,56	240	480	461,7
325	151	0,02325	0,04464	0,0208	14,24	28,49	300	630	594,4

Примечание:

Рабочее давление - 1 МПа. Теплопроизводительность определена при скорости воды внутри труб - 1 м/сек, равенстве расходов теплообмениваемых средств и температурном напоре 10 гр.С. При этом гидравлическое сопротивление в трубах не более 0,004 МПа при длине секции 2 метра и 0,006 МПа при длине секции 4 метра; в межтрубном пространстве соответственно 0,007 и 0,009 МПа.

7. Список литературы

1. **Программа тепловых расчетов бойлерных установок.** – М.: Союзмашпроект.
2. **Отраслевой стандарт.** *Подогреватели пароводяные.*
3. **Соловьев Ю.П.** *Проектирование крупных центральных котельных для комплекса тепловых потребителей.* – М.: Энергия, 1976.
4. **Руководство по проектированию тепловых пунктов.** – М.: Стройиндустрия, 1983.
5. **Строительный каталог.** *СК-8, раздел 82: Водоподогреватели.* – М., 1985.

8. О пакете программ ТЕРЛООV

- [ПОТОК](#) - программа для расчёта систем отопления, охлаждения теплоснабжения калориферов и оборудования
- [VSV](#) - программа для аэродинамического расчета систем вентиляции, аспирации и пневмотранспорта.
- [RTI](#) - программа для расчёта потерь тепла и инфильтрации помещениями зданий
- [KALOR](#) - программа для расчёта калориферов и воздухонагревателей, подбор типовых приточных камер, секций орошения.
- [BOLER](#) - программа для тепловых расчетов бойлерных установок.
- [STOL](#) - программа для расчёта воздухообмена предприятий общественного питания, расчёт, подбор и анализ работы кондиционера (сплит-системы, фанкойл 5°C, 7°C, 10°C)
- [VIBROS](#) - программа для расчёта выбросов котельной трубой

