

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФАКТИЧЕСКОГО ПОТРЕБЛЕНИЯ ТЕПЛА НА ОТОПЛЕНИЕ ЗДАНИЯ

г. Владимир, Владимирский государственный университет

Методика позволяет достаточно просто, быстро и без больших затрат проверить соответствие фактического теплопотребления проектным данным. Результаты можно распространить для расчета за тепловую энергию между муниципальными котельными и муниципальными потребителями

Анализ соответствия эксплуатационных и проектных данных производится с помощью измерения температур и расхода теплоносителя; температур наружного воздуха и в помещении; наружной и внутренней температур стен здания.

Используя данные измерений с большей достоверностью, чем по проектным данным, определяется максимальный часовой расход тепла, удельная тепловая характеристика, среднемесячная температура внутри помещения при рассматриваемом режиме подачи тепловой энергии.

Методика может быть использована при расчетах за потребляемую тепловую энергию при отсутствии приборного учета.

1. Нарушение температурного графика

Если теплопотери здания, режим и система отопления соответствуют проекту, в помещении поддерживается температура +18°C.

При постоянном расходе сетевой воды отношение перепада температур в подающем и обратном трубопроводах на входе в здание к перепаду температур внутри и снаружи здания величина постоянная:

$$\frac{\tau_1 - \tau_2}{t_g - t_n} = \frac{qV}{c\rho G} \quad (1)$$

где: τ_1 и τ_2 – температуры сетевой воды в подающем и обратном трубопроводах на входе в здание, °С; t_g и t_n – температуры воздуха внутри и снаружи здания, °С; V – объем здания; м³; q – удельная тепловая

характеристика здания, $\text{ккал}/\text{м}^3\text{ч}^\circ\text{C}$; c – теплоемкость воды $\text{ккал}/(\text{кг } ^\circ\text{C})$, ρ – плотность воды $\text{кг}/\text{м}^3$, G – расход теплоносителя, $\text{м}^3/\text{ч}$.

Для г. Владимира при температурном графике $150^\circ/70^\circ$ величина этой постоянной должна быть:

$$\frac{150 - 70}{18 + 27} = 1,78.$$

Ежегодно утверждаемый для г. Владимира температурный график отличается от предусмотренного проектом - $150^\circ/70^\circ$, фактический график - $130^\circ/70^\circ$. При температуре наружного воздуха ниже -15°C температура воды в подающем трубопроводе не поднимается выше 102°C (срезка).

Если тепловая характеристика здания и расход теплоносителя – проектные, измерив температуры теплоносителя на входе и выходе из здания и температуру наружного воздуха, можно определить среднюю температуру внутри помещения, используя уравнение (1).

Например, по температурному графику теплосети для г. Владимира (см. табл. Приложения) при температуре наружного воздуха -1°C температура теплоносителя $\tau_1/\tau_2 = 71^\circ/36,7^\circ$; а температура внутри помещения при проектном расходе теплоносителя составит:

$$t_e = [(\tau_1 - \tau_2) + 1,78(-1)] / 1,78 = [(71 - 36,7) + 1,78(-1)] / 1,78 = 18,29^\circ\text{C}.$$

Тоже при $t_n = -15^\circ\text{C}$ - $\tau_1 = 102^\circ\text{C}$, $\tau_2 = 46,6^\circ\text{C}$ (см. табл. Приложения)

$$t_e = [(102 - 46,6) + 1,78(-15)] / 1,78 = 16,16^\circ\text{C}.$$

При $t_n = -27^\circ\text{C}$ по графику $\tau_1 = 90^\circ\text{C}$, $\tau_2 = 37,5^\circ\text{C}$

$$t_e = [(90 - 37,5) + 1,78(-27)] / 1,78 = 1,42^\circ\text{C}.$$

Таким образом, если бы температурный график теплосети, принятый в г. Владимире выполнялся, то при расчете фактической теплотери здания можно было бы с небольшим приближением принимать нормативную температуру воздуха в помещении $+18^\circ\text{C}$ только до срезки (температура наружного воздуха не ниже -15°C).

Температурный график в г. Владимире в последние отопительные периоды практически не выполняется.

Например, при наружной температуре -6°C температура воды в прямом трубопроводе была 70°C вместо 83°C , предусмотренной графиком, а температура воды в обратном трубопроводе 48°C .

$$\text{При } \tau_1 = 90^\circ\text{C} \quad t_e = [(90 - 48) + 1,78(-6)] / 1,78 = 17,6^\circ\text{C}.$$

При $\tau_1 = 70^\circ\text{C}$ и проектном расходе теплоносителя средняя температура воздуха внутри здания снизилась бы до:

$$t_e = [(70 - 48) + 1,78(-6)] / 1,78 = 6,4^\circ\text{C}.$$

Это не произошло по четырем причинам. Во-первых, имеется проектный запас по величине фактических теплотерь зданий. Во-вторых, расход теплоносителя, как правило, отличается от проектного. В-третьих, при низких температурах повышаются внутренние тепловыделения. В-четвертых,

достаточно велика инерционность здания. Поэтому при определении фактического теплопотребления здания, кроме учета фактических температур теплоносителя, необходимо знание его фактического расхода.

2. Расчет теплопотребления эксплуатируемого здания

Фактический расход теплоносителя или проектная величина максимальной тепловой потери здания $Q_{ч.мах}$.

Расход теплоносителя G (т/ч) для эксплуатируемого здания, необходимый для подачи в здание расчетного количества тепловой энергии Q (Ккал/ч) при заданных температурах воды в подающем и обратном трубопроводах, определяется поставщиком тепла по проектной максимальной часовой теплопотери здания $Q_{ч.мах.пр.}$ (Гкал/ч) при расчетной температуре наружного воздуха (для г. Владимир $t_n = -28^\circ\text{C}$)

$$G \approx 10^{-3} Q_{ч.мах.пр.} / (\tau_1 - \tau_2). \quad (2)$$

Если имеет место дефицит тепловой энергии или сетевой воды, фактический расход теплоносителя $G_{ф}$ может быть меньше расчетного при существующей разнице температур воды в подающем и обратном трубопроводах.

Поставщик тепловой энергии вводит ограничения по расходу теплоносителя, как правило, путем установки расчетной ограничительной шайбы или расчетного сопла элеватора (конуса). Диаметр отверстия (мм) диафрагмы или сопла элеватора, ограничивающий расход теплоносителя, рассчитывается поставщиком тепловой энергии по располагаемому на данном участке перепаду напора воды ΔH (м) в подающем и обратном трубопроводах и расходу теплоносителя по уравнению:

$$D_c = k \sqrt[4]{G^2 / \Delta H}, \quad (3)$$

где $k = 9,6$ – для сопла элеватора, $k = 10$ – для диафрагмы.

При установленной тепловой инспекцией ограничительной шайбе (известном диаметре сопла элеватора) максимальный расход теплоносителя (в т/ч) определяется, исходя из формулы (3):

$$G = \frac{D_c^2 \sqrt{\Delta H}}{k^2}. \quad (4)$$

Расход теплоносителя может быть также определен путем измерения с помощью переносного ультразвукового расходомера. Результаты измерения или расчета $G_{ф}$ используются для определения **фактически необходимого максимального теплопотребления здания** $Q_{ч.мах.ф.}$ по уравнению:

$$Q_{ч.мах.ф.} = c_v G_{ф} (\tau_{1,u} - \tau_{2,u}) (t_{в,p} - t_{н,p}) / (t_{в} - t_{н})_u, \quad (5)$$

где $\tau_{1,u}$ и $\tau_{2,u}$ – измеренные температуры теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах; $(t_{в} - t_{н})_u$ – разность температур воздуха внутри и снаружи здания в период измерения расхода; $t_{в,p}$, $t_{н,p}$ – соответственно внутренняя и наружная расчетные (нормативные) температуры воздуха.

3. Расчет максимального часового расхода тепла (Гкал/ч) по измеренной (заданной) максимальной разнице температур в подающем и обратном трубопроводах и измеренном (заданном) расходе сетевой воды производится по уравнению:

$$Q_{max.u} = 10^{-3} \cdot G_u \cdot c \cdot (\tau_{1,u} - \tau_{2,u})_{max}, \quad (6)$$

где c - теплоемкость воды, принимается равной 1 Ккал/кг °С.

4. Расчет (проверка) температуры внутри помещения по измеренному расходу тепловой энергии

Исходные данные:

- проектный часовой расход тепла Q_{np} , Ккал/ч;
- измеренный (заданный) расход сетевой воды G_{ϕ} , т/ч;
- измеренные (заданные) температуры воды в подающем τ_1 и обратном τ_2 трубопроводах;
- измеренная (заданная) температура наружного воздуха t_n °С.

Рассчитанная для г. Владимира по данным измерений расхода и температур теплоносителя температура внутри помещения:

$$t_e = t_n + (t_{e.p.} - t_{om.p.}) \frac{10^{-3} c G_{\phi} (\tau_{1u} - \tau_{2u})}{Q_{np}}. \quad (7)$$

Этой формулой можно пользоваться только для ориентировочной оценки влияния на температуру в помещении изменения температуры и расхода теплоносителя, если система отопления в помещении проектная.

Большая разница измеренной и рассчитанной по (7) температурам свидетельствует о большом несоответствии проектных и фактических теплопотерь помещения.

5. Расчет удельной тепловой характеристики эксплуатируемого здания или отдельного помещения по данным измерений

- объем здания $V_{зд}$, м³;
- рассчитанный по данным измерений часовой расход тепла Q_u , Ккал/ч;
- измеренная температура наружного воздуха t_n , °С;
- измеренная температура внутри помещения t_e , °С.

Расчетная по данным измерений удельная тепловая характеристика здания $q_{уд.v}$ Ккал/м³ч°С (Ккал/м²ч°С) находится по зависимостям

$$q_{уд.v} = \frac{Q_u}{V_{зд} (t_e - t_n)} \quad \text{или} \quad q_{уд.F} = \frac{Q_u}{F (t_e - t_n)}, \quad (8)$$

где Q_u - максимальный часовой расход теплоты по данным измерений и расчета по (6), ккал/ч; F - общая площадь помещений здания, м².

Теплопотери отдельного помещения (квартиры) общей площадью $F_{кв}$ по тепловому балансу (в ккал/ч) определяются по уравнению:

$$Q_{ч.б} = q_{вд.г} F_{кв} (t_в - t_n). \quad (9)$$

Теплопотери отдельного помещения (квартиры) объемом $V_{кв}$ (ккал/ч) определяются приближенно по тепловому балансу

$$Q_{ч.б} = q_{вд.г} V_{кв} (t_в - t_n). \quad (10)$$

При этом для уменьшения ошибки необходимо проводить измерения не ранее трех суток после резких изменений наружных температур. Такого рода выдержка позволит снизить влияние теплоемкости здания. Возможно проведение замеров в периоды потепления и похолодания. Число замеров не менее двух, один при потеплении, другой при похолодании климата. Результаты необходимо усреднить.

6. Примеры анализа результатов измерений и расчетов

Требуется проверить соответствие эксплуатационных данных проектным по отоплению 5-ти этажного кирпичного дома объемом 21200 м³.

Проектные данные:

Расчетная температура в квартирах дома, $t_{в.п.д}$ +18 °С.

Максимальная часовая нагрузка, Q_{max} 0,285 Гкал/ч.

Удельная тепловая характеристика, $q_{вд.г}$ 0,28 ккал/м³ч°С

Годовая потребность в тепловой энергии на отопление. 706 Гкал.

Система отопления рассчитана на температурный график 150°/70°.

В соответствии с этими данными с помощью ограничительной шайбы или расчетного сопла элеватора тепловой инспекцией устанавливается расход сетевой воды:

$$G_{ф} = 0,285 \cdot 1000 / (150 - 70) = 3,56 \text{ т/ч.}$$

Эксплуатационные (измеренные) данные:

Температурный график 150°/70° в г. Владимир имеет срезку. Температура воды в обратном трубопроводе равна 90°С при расчетной температуре наружного воздуха -27°С в соответствии с температурным графиком для г. Владимир. (см. табл. Приложения).

Измерения температур дали следующий результат:

Наружная температура воздуха -12°С.

Температура воды в подающем трубопроводе..... 80°С.

Температура воды в обратном трубопроводе..... 55°С.

Средняя температура воздуха в квартирах..... 14°С.

Количество подаваемой в здание тепловой энергии при $t_n = -12^\circ\text{C}$, температуре сетевой воды в подающем трубопроводе 96°С, обратном 44,8°С (по температурному графику) и расходе теплоносителя 3,56 т/ч:

$$Q_б = 3,56 \cdot (96 - 44,8) \cdot 10^{-3} = 0,182 \text{ Гкал/ч.}$$

Количество тепла, необходимое по величине проектных теплопотерь здания при температуре наружного воздуха -12°С

$$Q_{np} = 0,285 \cdot [18 - (-12)] / [18 - (-27)] = 0,19 \text{ Гкал/ч.}$$

Количество реально подаваемой в здание теплоты по результатам замера температур сетевой воды, при проектном расходе теплоносителя 3,56 т/ч:

$$Q_{о.ф.} = 3,56 \cdot (80 - 55) \cdot 10^{-3} = 0,089 \text{ Гкал/ч.}$$

Пониженное против проектного количество тепловой энергии, подаваемой в здание, неизбежно ведет к снижению температуры в помещении и пониженной тепловой потери здания.

Средняя температура в помещении может быть измерена или рассчитана по (7):

$$t_e = -12 + (0,089 \cdot 45 / 0,285) = 2,05^\circ\text{C.}$$

Если измеренная температура соответствует расчетной, то можно полагать, что реальные теплопотери здания соответствуют проектным.

Если измеренная температура больше расчетной, то можно утверждать, что реальные теплопотери здания ниже проектных.

Если измеренная температура ниже расчетной, то можно утверждать, что реальные теплопотери здания выше проектных.

Причина низкой температуры в помещении не только в недостаточном количестве подаваемой по отношению к проекту тепловой энергии, но и в увеличенных против проекта тепловых потерях через строительные конструкции здания.

В примере измеренная температура в помещении равна $+14^\circ\text{C}$. Следовательно, или в дом приходит больший, чем проектный расход сетевой воды, или проектная удельная тепловая характеристика здания меньше фактической.

Удельную тепловую характеристику здания по данным измерений проверяем по (8)

$$q_{vd} = 89000 / (21200 \cdot (14+12)) = 0,161 \text{ ккал/м}^3\text{C}.$$

Достаточно низкая удельная тепловая характеристика здания свидетельствует о необходимости проверки фактического расхода теплоносителя. Это можно сделать, проверив параметры ограничительной шайбы (сопла элеватора) или измерив, расход теплоносителя, что является более предпочтительным.

Измерения расхода теплоносителя и расчет расхода по диаметру сопла показали, что на отопление в дом поступает воды не 3,56 т/ч, а 6,52 т/ч.

Фактический расход тепловой энергии: $6,52 \cdot (80 - 55) \cdot 10^{-3} = 0,163 \text{ Гкал/ч.}$

Удельная тепловая характеристика по данным измерений:

$$163000 / 21200 / (14+12) = 0,296 \text{ ккал/м}^3\text{C}.$$

Средняя температура в квартирах, рассчитанная по уточненному расходу сетевой воды: $t_e = [0,163 \cdot 45 / 0,285] - 12 = 13,74^\circ\text{C}$ – близка к измеренной, значит расчет выполнен правильно.

Таким образом, получен следующий результат:

Реальный расход теплоносителя на отопление дома составляет 6,52 т/ч. При постоянном для данного дома располагаемом напоре воды этот расход остается постоянным в течение отопительного сезона. Он ограничен диаметром сопла элеватора или ограничительной шайбой и контролируется тепловой инспекцией.

Если максимальный перепад температур в подающем и обратном трубопроводе в отопительном сезоне $\tau_1 - \tau_2 = 90 - 37,5 = 52,5^\circ\text{C}$, то:

– фактический максимальный часовой расход подводимой теплоты, за которую должен платить потребитель:

$$Q_{ч.мах.ф.} = 6,52 \cdot 52,5 \cdot 10^{-3} = 0,342 \text{ Гкал/ч.}$$

– уточненная максимальная потеря тепловой энергии зданием при $t_n = -28^\circ\text{C}$ нормативной температуре воздуха в помещении $+18^\circ\text{C}$ (должна обеспечивать теплоснабжающая организация):

$$Q_{ч.мах.р.} = 6,52 \cdot (80 - 55) (18 + 27) / (14 + 12) \cdot 10^{-3} = 0,395 \text{ Гкал/ч.}$$

Температура воздуха в помещении при наружной температуре -27°C , максимальной часовой подаче тепловой энергии в здание 0,342 Гкал/ч находится из уравнения $Q_{ч.мах.ф.} = Q_{ч.мах.р.} (t_6 - 27) / (18 + 27)$:

$$t_6 = 45 \cdot 0,342 / 0,395 - 27 = 11,96^\circ\text{C.}$$

Расчет расхода теплоты с учетом реального режима теплоснабжения

Плановый уточненный расход теплоты на отопление здания за отопительный период при неизменном расходе теплоносителя при наружной температуре $-3,5^\circ\text{C}$

$$213 \cdot 24 \cdot 0,395 \cdot (18 + 3,5) / (18 + 27) = 964,7 \text{ Гкал,}$$

а не 706 Гкал, как это получается при проектном режиме теплоснабжения.

При тарифе 146 рубля за 1 Гкал разница в оплате по уточненным и проектным данным:

$$(964,7 - 706) \cdot 146 = 37770 \text{ руб.}$$

Помесячный расчет расхода теплоты на отопление

Снижение температуры сетевой воды в подающем трубопроводе при низких температурах наружного воздуха и повышенном против проектного расхода сетевой воды по отношению к температурному графику в относительно теплый период отопительного сезона ведет к недоотпуску теплоты в декабре – феврале и перетопу в октябре, ноябре, марте, апреле. При ежемесячной оплате за отопление необходим учет изменения температуры воздуха внутри помещений.

Средняя за месяц температура наружного воздуха принимается по данным Госгидромет. Плановая среднемесячная температура наружного воздуха может быть принята по данным [6].

Например, в отопительный сезон были следующие среднемесячные температуры наружного воздуха:

$$96 \text{ г.: октябрь } +4,1; \text{ ноябрь } +2,1; \text{ декабрь } -9,5.$$

97 г.: январь -12; февраль -8,8; март -4,5; апрель +2,2.

Жилой дом, вышеприведенного примера, **согласно проектным данным**

по отоплению должен получить теплоты на отопление

в октябре $31 \cdot 24 \cdot 0,28 \cdot (18 - 4,1) / (18 + 28) = 62,95$ Гкал;

в ноябре $30 \cdot 24 \cdot 0,28 \cdot (18 - 2,1) / (18 + 28) = 69,68$ Гкал;

в декабре $31 \cdot 24 \cdot 0,28 \cdot (18 + 9,5) / (18 + 28) = 124,54$ Гкал;

в январе $31 \cdot 24 \cdot 0,28 \cdot (18 + 12) / (18 + 28) = 135,86$ Гкал;

в феврале $28 \cdot 24 \cdot 0,28 \cdot (18 + 8,8) / (18 + 28) = 109,62$ Гкал;

в марте $31 \cdot 24 \cdot 0,28 \cdot (18 + 4,5) / (18 + 28) = 101,9$ Гкал;

в апреле $30 \cdot 24 \cdot 0,28 \cdot (18 - 2,2) / (18 + 28) = 69,25$ Гкал;

Всего (за отопительный сезон): **673,80** Гкал.

На основании данных измерений, с учетом реального расхода теплоносителя 6,52 т/ч и реального температурного графика для расчета используется новое значение удельной тепловой характеристики, максимального часового расхода теплоты и уточненное значение средней температуры воздуха внутри помещения.

Максимальная за месяц разность температур теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах ($\tau_1 - \tau_2$):

в октябре 60-40=20°C; в феврале 80-55=25°C;

в ноябре 65-45=20°C; в марте 70-45=25°C;

в декабре 70-45=25°C; в апреле 60-40=20°C;

в январе 80-50=30°C.

Определение по среднемесячной разности температур в системе теплоснабжения, определяемых у абонента по формуле (7).

в октябре $(18 + 27) \cdot 6,52 \cdot 20 / 1000 / 0,395 + 4,1 = 19,0^\circ\text{C}$;

в ноябре $45 \cdot 6,52 \cdot 20 / 1000 / 0,285 + 2,1 = 17,0^\circ\text{C}$;

в декабре $45 \cdot 6,52 \cdot 25 / 1000 / 0,285 - 9,5 = 9,1^\circ\text{C}$;

в январе $1,05 \cdot 30 - 12 = 10,3^\circ\text{C}$; в марте $1,05 \cdot 25 - 4,5 = 14,1^\circ\text{C}$;

в феврале $1,05 \cdot 25 - 8,8 = 9,8^\circ\text{C}$; в апреле $1,05 \cdot 20 + 2,2 = 17,1^\circ\text{C}$

Расход теплоты на отопление:

в октябре $31 \cdot 24 \cdot 0,296 \cdot (19,0 - 4,1) / (18 + 27) = 72,7$ Гкал;

в ноябре $30 \cdot 24 \cdot 0,296 \cdot (17,0 - 2,1) / 45 = 70,4$ Гкал;

в декабре $31 \cdot 24 \cdot 0,296 \cdot (9,1 + 9,5) / 45 = 90,9$ Гкал;

в январе $31 \cdot 24 \cdot 0,296 \cdot (10,3 + 9,5) / 45 = 109,1$ Гкал;

в феврале $28 \cdot 24 \cdot 0,296 \cdot (9,8 + 8,8) / 45 = 85$ Гкал;

в марте $31 \cdot 24 \cdot 0,296 \cdot (14,1 + 9,5) / 45 = 90,9$ Гкал;

в апреле $31 \cdot 24 \cdot 0,296 \cdot (17,1 + 9,5) / 45 = 70,4$ Гкал;

Всего (за отопительный сезон): **589,2** Гкал.

Из приведенных расчетов видно, что количество фактически полученной теплоты на 706-589,2=116,8 Гкал меньше проектной величины.

Список литературы

- 1) **СНиП 2.04.05-91**. Отопление, вентиляция и кондиционирование. /Минстрой России. -М.: ГПЦПП, 1994.-66 с.
- 2) **СНиП 2.04.07-82**. Строительная климатология и геофизика. Стройиздат. М.: 1983.-136 с.
- 3) **СНиП 2.08.01.-89***. Жилые здания / Минстрой России. - М.: ГПЦПП. 1994.- 16 с.
- 4) **СНиП 2.08.02-89***. Общественные здания и сооружения / Минстрой России. - М.: ГПЦПП. 1993.- 44 с.
- 5) **СНиП 2.04.07-86***. Тепловые сети / Минстрой России. - М.: ГПЦПП, 1994. -48 с.
- 6) **Апарцев М.М.** Наладка водяных систем централизованного теплоснабжения: Справочно-методическое пособие - М.: Энергоатомиздат, 1983. - 204 с.
- 7) **Наладка** и эксплуатация водяных тепловых сетей: Справочник. / В.И. Манюк, Я.И. Каплинский, Э.Б. Хиги и др. - М.: Стройиздат. 1988. 432 с.
- 8) **Внутренние** санитарно-технические устройства. В 3-х частях. Ч.1. Отопление /В.Н.Богословский, Б.А.Крупнов, А.Н.Станов и др. - М.: Стройиздат, 1990. - 344 с.
- 9) **СНиП П-3-79*****. Строительная теплотехника / Минстрой России. -М.: ГПЦПП, 1996,-24 с.
- 10) **Правила** учета энергии и теплоносителя /П-683. Главгосэнергонадзор. -М.: Изд-во МЭИ, 1995.- 68 с.
- 11) **Временные методические указания** по анализу соответствия характеристик отопления проектным данным эксплуатируемого здания и проведению расчета его фактического теплопотребления. / Иваново, 1998 г, - 10 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица. Фактический температурный график 130°/70°С (со срезкой t₁=102°С)

t _{н.в.}	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12
t ₁	60	61	64	66	69	71	73	76	78	80	83	85	87	89	91	94	96
t ₂	33	33,2	34,3	35	36	36,7	37,3	38,4	39	39,7	40,7	41,3	41,9	42,6	43,2	44,2	44,8

продолжение

t _{н.в.}	-13	-14	-15	-16	-17	-18	-19	-20	-21	-22	-23	-24	-25	-26	-27	-28
t ₁	98	100	102	101	100	99	98	97	96	95	94	93	92	91	90	89
t ₂	45,4	46	46,6	45,8	45,1	44,3	43,5	42,8	42	41,3	40,5	39,8	39	38	37,5	36,7

Таблица. Температурный график 150°/70°С

t _{н.в.}	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12
t ₁	63,5	66,3	69,2	72	74,9	77,7	80,5	83,3	86	88,8	91,6	94,3	97	99,7	102,5	105,2	107,9
t ₂	39,1	40,2	41,4	42,5	43,6	44,6	45,7	46,7	47,8	48,8	49,8	50,8	51,8	52,8	53,8	54,7	55,7

продолжение

t _{н.в.}	-13	-14	-15	-16	-17	-18	-19	-20	-21	-22	-23	-24	-25	-26	-27	-28
t ₁	110,5	113,2	115,9	118,5	121,2	123,8	126,5	129,1	131,8	134,4	137	139,6	142,2	144,8	147,4	150
t ₂	56,6	57,6	58,5	59,4	60,3	61,2	62,1	63	63,9	64,8	65,7	66,6	67,4	68,3	69,2	70

