

ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ТРУБОПРОВОДОВ АВТОНОМНЫХ КВАРТИРНЫХ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ ПРИ ЦЕНТРАЛЬНОМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИИ

Полунин М.М., Степанов С.Н., (Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г.Одесса)

Предложен метод гидравлического расчета трубопроводов системы отопления с учётом насосно-гравитационного режима её эксплуатации.

В [1, 2] отмечалась целесообразность применения автономных квартирных систем отопления при реконструкции развитых систем центрального теплоснабжения, которые и в современных условиях и в среднеближней перспективе будут иметь преимущественное использование. Схема такой системы приведена на рис. 1.

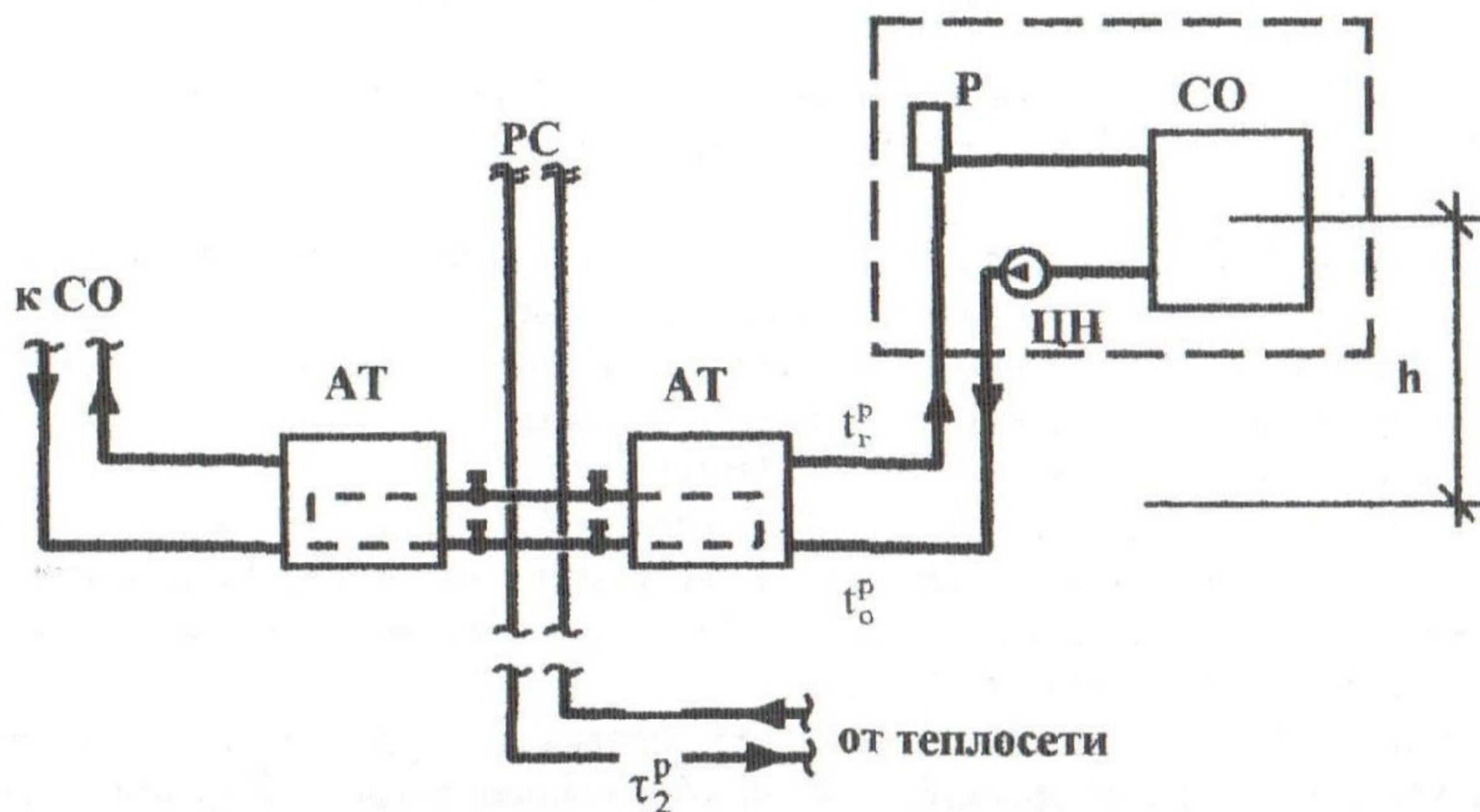


Рис. 1. Принципиальная схема автономной квартирной системы отопления. АТ – автономный теплообменник; СО – система отопления; Р – расширитель; ЦН – циркуляционный насос; РС – распределительный стояк.

В этой системе на лестничных площадках (желательно на междуэтажных – для увеличения гравитационного давления) устанавливаются

ся автономные теплообменники (АТ) на каждую в квартиру, присоединяемые непосредственно к центральным тепловым сетям. При безэлеваторном присоединении теплообменников можно полезно использовать значительную разность давлений на вводах в здание, что позволяет применить трубы минимальных диаметров для распределительных стояков (РС). К теплообменнику АТ присоединяется квартирная (местная) система отопления (СО) любой из традиционных схем.

Такие системы позволяют использовать источники теплоты с высоким КПД, повысить эксплуатационную надёжность за счет независимых гидравлических режимов сетей и отопительных систем, улучшить эксплуатационные показатели путём простых средств автоматики. Кроме этого представляется возможным простое отключение отопительных установок от систем теплоснабжения, а также одновременное подключение потребителей по мере готовности их систем.

Представляет интерес возможность периодического отключения циркуляционного насоса (ЦН) (например, при использовании льготного тарифа на электроэнергию, продолжительном отсутствии потребителей теплоты, заметных внешних теплоотступлениях, авариях электросетей и т.п.). Во всех этих случаях система отопления может функционировать в гравитационном режиме, предохраняющем её от размораживания.

Рассмотрим условия, при которых работа системы в гравитационном режиме циркуляции в течение Z , ч или с обеспечивает снижение температуры t_v , °С воздуха внутри отапливаемых помещений не более, чем на $t_v^{\text{доп}}$, °С. Пусть при этом количество теплоты Q_o^x , отдаваемое системой отопления помещениям, будет равно

$$Q_o^x = \varphi_{\text{доп}} Q_o^p \quad (1)$$

где Q_o^p и Q_o^x – тепловая мощность системы отопления соответственно при расчетном режиме (работает циркуляционный насос) и гравитационном режиме, Вт;

$\varphi_{\text{доп}}$ – допускаемый относительный расход теплоты на отопление.

В соответствии с [3]

$$\varphi_{\text{доп}} \geq \varphi_o - \Delta t_v^{\text{доп}} \beta Z^{-1} (t_v - t_n^p)^{-1}, \quad (2)$$

где φ_o – коэффициент теплопотерь, равный

$$\varphi_o = (t_v - t_n^x) / (t_v - t_n^p); \quad (3)$$

t_n^p и t_n^x – наружные температура соответственно расчетная отопительная и текущая, при которой произошло изменение режима циркуляции, °С;

β – коэффициент аккумуляции здания, ч или с;

Отключение насоса приведёт к уменьшению количества $G_{гр}$ циркулирующей воды по сравнению с расчетным значением расхода G_o^p

Найдем такое соотношение между насосным $P_{нас}$ и гравитационным $P_{гр}$ давлениями, при котором уменьшение циркуляционного расхода в μ раз, то – есть

$$\mu_{доп} = G_{гр} / G_o^p \quad (4)$$

не вызовет снижения температуры t_v более, чем на $\Delta t_v^{доп}$.

При расходе воды $G_{гр}$ перепад температур Δt^x теплоносителя в местной системе отопления будет равен

$$\Delta t^x = \frac{\varphi_{доп}}{\mu} (t_v - t_o^p), \quad (5)$$

где t_v и t_o^p – расчетные значения температур теплоносителя соответственно в подающем и обратном трубопроводах местной системы отопления, °С.

Величина гравитационного давления при расчетном (насосном) и безнасосном режиме будет равна

$$\Delta P_{гр}^p = h \rho q (t_v - t_o^p), \quad (6)$$

$$\Delta P_{гр}^p = h \rho q \frac{\varphi_{доп}}{\mu_{доп}} (t_v - t_o^p), \quad (7)$$

где $\Delta P_{гр}^p$ и $\Delta P_{гр}^x$ – гравитационное давление соответственно в расчетном и измененном режиме, Па;

h – расстояние по вертикали между центром нагрева АТ и центром охлаждения, м;

ρ – изменение плотности воды при изменении её температуры на 1 градус, кг/(м³·°С);

q – ускорение свободного падения, м/с².

Из (6) и (7) получаем

$$\Delta P_{гр}^x = \Delta P_{гр}^p \frac{\Phi_{доп}}{\mu_{доп}}, \quad (8)$$

С учётом изложенного гидравлический режим местной системы отопления в расчетных и измененных условиях опишется уравнениями

а) расчетный режим :

$$\Delta P_{нас} + \Delta P_{гр}^p = S(G_o^p)^2, \quad (9)$$

б) гравитационный режим :

$$\Delta P_{гр}^x = S(\mu G_o^p)^2, \quad (10)$$

где $\Delta P_{нас}$ – давление, развиваемое насосом, Па;

S – гидравлическая характеристика сопротивления местной системы отопления, $кг^{-1} м^{-1}$.

Совмещая уравнения (9) и (10), получим

$$\Delta P_{нас} = \Delta P_{гр} \left(\frac{\Phi_{доп}}{\mu_{доп}^3} - 1 \right)^2, \quad (11)$$

Уравнение (11) позволяет установить связь между давлением насоса и гравитационным давлением в зависимости от требований к допустимому понижению температуры наружного воздуха.

Значение величины μ находится из уравнений теплового баланса автономного теплообменника и системы отопления [4]:

а) автономный теплообменник:

$$\epsilon_{AT} (c G_o^p \mu_{доп}) (\tau_1 - t_o^x) = \Phi_{доп} Q_o^p, \quad (12)$$

б) система отопления:

$$\epsilon_{om} (c G_o^p \mu) \left[t_o^x + \frac{\Phi_{доп}}{\mu_{доп}} (t_r^p - t_o^p) - t_v + \Delta t_v^{доп} \right] = \Phi_{доп} Q_o^p, \quad (13)$$

где ϵ_{AT} и ϵ_{om} – безразмерная удельная тепломощность соответственно автономного теплообменника и системы отопления;

τ_1 – температура воды в подающем теплопроводе тепловой сети, °С;

t_o^x – температура воды в после местной системы отопления в режиме гравитационной циркуляции, °С.

В соответствии с [4] для общепринятого режима центрального качественного регулирования отопительной нагрузки

$$\varepsilon_{\text{AT}} = \left[0,425 \frac{\mu(\tau_1^{\text{P}} - \tau_2^{\text{P}})}{t_{\text{Г}}^{\text{P}} - t_0^{\text{P}}} + 0,425 + \frac{\sqrt{\mu} \Theta_{\text{AT}}^{\text{P}}}{(\tau_1^{\text{P}} - \tau_2^{\text{P}})} \right]^{-1}, \quad (14)$$

$$\varepsilon_{\text{от}} = \left[0,5 + \frac{\mu \Theta_{\text{от}}^{\text{P}}}{(t_{\text{Г}}^{\text{P}} - t_0^{\text{P}}) \varphi_{\text{доп}}^{0,2}} \right]^{-1}, \quad (15)$$

где $\Theta_{\text{AT}}^{\text{P}}$ и $\Theta_{\text{от}}^{\text{P}}$ – температурный напор соответственно среднелогарифмической для теплообменника и среднеарифметический для отопительных приборов, °С.

Из уравнений (12) и (13) получим

$$\mu = \frac{\varphi_{\text{доп}} (t_{\text{Г}}^{\text{P}} - t_0^{\text{P}})}{\tau_1^{\text{P}} - t_{\text{в}} + \Delta t_{\text{в}}^{\text{доп}}} \left(\frac{1}{\varepsilon_{\text{AT}}} + \frac{1}{\varepsilon_{\text{от}}} - 1 \right), \quad (16)$$

Специальными расчетами выявлено, что в интересующем нас диапазоне изменения входящих в вышеприведенном уравнении величин значения ε_{AT} и $\varepsilon_{\text{от}}$ больше единицы. Поэтому [4] в расчётах принимается $\varepsilon_{\text{AT}} = \varepsilon_{\text{от}} = 1$.

Ясно, что в этих условиях температура обратной воды после местной системы отопления t_0^{X} близка к $t_{\text{в}}$; общепринято считать её на $\nabla = 2 \div 5$ °С выше $t_{\text{в}} - \Delta t_{\text{в}}^{\text{доп}}$. С учетом перечисленных обстоятельств и с целью обеспечения запаса μ уравнения (2), (12), (13) и (16) можно трансформировать в алгоритм

$$\mu_{\text{доп}} \geq \frac{\left(\varphi_0 - \frac{\Delta t_{\text{в}}^{\text{доп}}}{t_{\text{в}} - t_{\text{н}}^{\text{P}}} \cdot \frac{\text{P}}{\text{Z}} \right) (t_{\text{Г}}^{\text{P}} - t_0^{\text{P}})}{\tau_1^{\text{P}} - t_{\text{в}} + \Delta t_{\text{в}}^{\text{доп}} - 2\nabla} \quad (17)$$

Уравнение (11) при этом принимает вид

$$\frac{\Delta \text{P}_{\text{нас}}}{\Delta \text{P}_{\text{гр}}} \leq \frac{(t_{\text{Г}}^{\text{P}} - t_{\text{в}}^{\text{P}} + \Delta t_{\text{в}}^{\text{доп}} - 2\nabla)^3}{\left(\varphi_0 - \frac{\Delta t_{\text{в}}^{\text{доп}}}{t_{\text{в}} - t_{\text{н}}^{\text{P}}} \cdot \frac{\beta}{\text{Z}} \right)^2 (t_{\text{Г}}^{\text{P}} - t_0^{\text{P}})^3} \quad (18)$$

В уравнении (11) значение $\frac{\Phi_{\text{доп}}}{\mu^3}$ в рассматриваемых пределах изменения $\Phi_{\text{доп}}$ и μ^3 неизмеримо больше единицы, поэтому последняя в уравнении (18) опущена.

По уравнениям (2), (17) и (18) построены графики, приведенные на рис. 2.

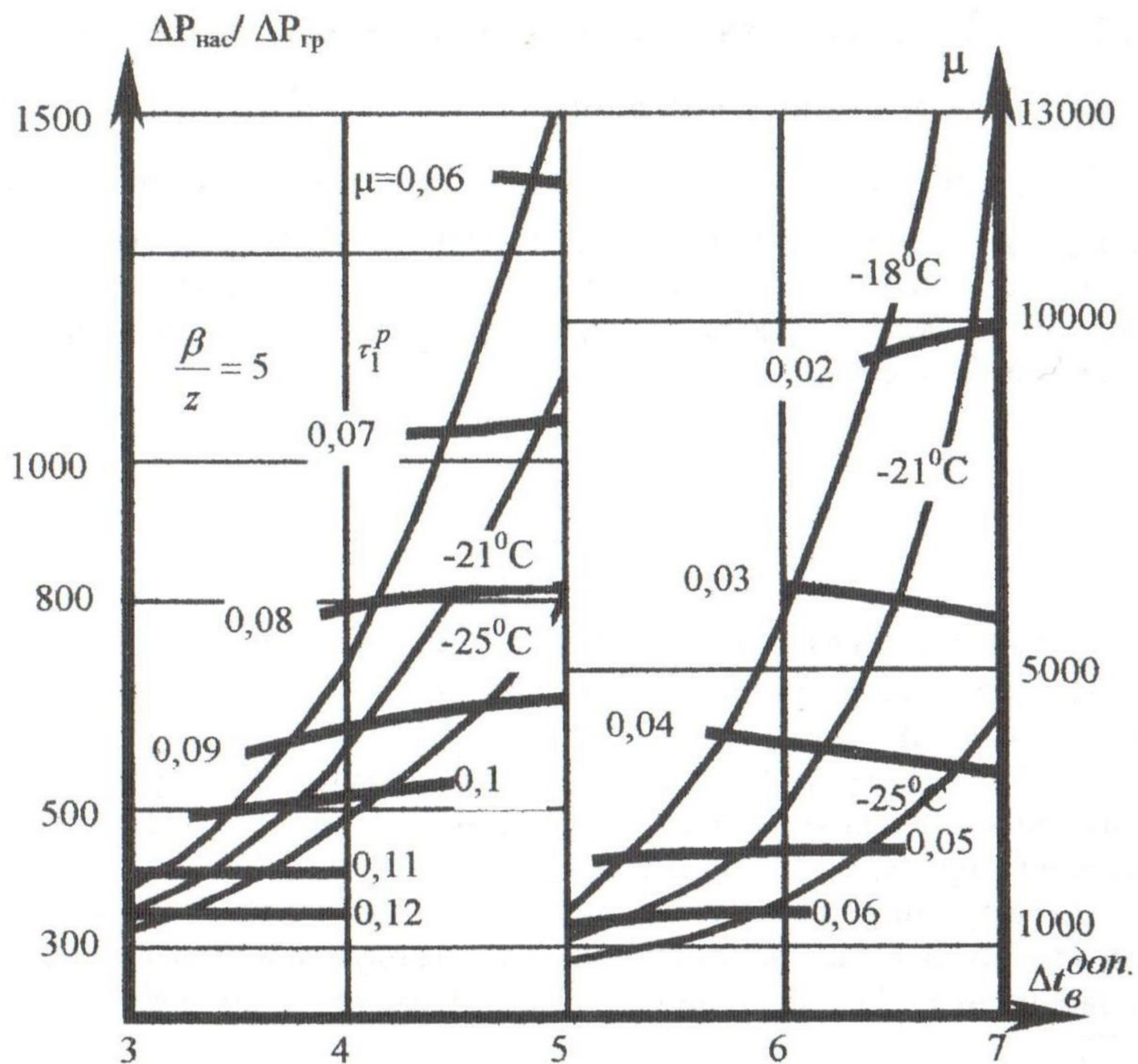


Рис. 2. Зависимость μ и $\Delta P_{\text{нас}} / \Delta P_{\text{гр}}$ от $\Delta t_{\text{в}}^{\text{доп}}$ и $t_{\text{н}}^{\text{р}}$.

При построении принимались следующие значения входящих в уравнения величин: $\tau_1^P = 150^\circ\text{C}$; $\tau_2^P = 80^\circ\text{C}$; $t_r^P = 95^\circ\text{C}$; $t_o^P = 70^\circ\text{C}$; $t_b = 18^\circ\text{C}$; $\beta = 50\text{ч}$; $z = 10\text{ч}$.

Вывод

Анализируя вышеприведенные уравнения и их частную графическую интерпретацию, отметим, что параметры соотношения $\Delta P_{\text{нас}} / \Delta P_{\text{грав}}$ находятся в диапазоне реальных нормативных либо рекомендательных значения комплекса величин t_b^P , t_n^P , β , Z , $\Delta P_{\text{грав}}$ и $\Delta P_{\text{нас}}$, что говорит о приемлемости предлагаемого решения эксплуатации автономных систем отопления, присоединяемых к центральным сетям теплоснабжения и целесообразности корректировки принципов гидравлического расчета трубопроводов местных насосно-гравитационных систем отопления.

Литература

1. Полунин М.М., Степанов С.Н. Децентрализованные системы водяного отопления при центральном теплоснабжении. – Одеса, Збірник наукових праць, Вип. №2, 2000.–135-137с.
2. Полунин М.М., Степанов С.Н. Эксплуатационный режим гравитационных децентрализованных систем отопления. – Одеса, Збірник наукових праць, Вип. №5, 2001.–5с.
3. Полунин М.М. Система теплоснабжения с трёхступенчатым нагревом воды и основы построения её эксплуатационного графика. – Новосибирск, Известия вузов, Строительство и архитектура, №10, 1983.
4. Соколов Е.Я., Теплофикация и тепловые сети: Учебник для вузов. Москва, Энергоиздат, 1982. – 360с.