

## РЕЖИМ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ ПОТОКОВ БЕЗ ТОЧКИ "ИЗЛОМА" ТЕМПЕРАТУРНОГО ГРАФИКА.

Полунин М.М., Вишневская О.В. (Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса)  
Шишовский А.А. (Одесстеплокоммунэнерго, г. Одесса)

**Рассмотрена возможность применения режима центрального регулирования без точки "излома" температурного графика, предложена схема реконструкции системы теплоснабжения и дан анализ ее технико-экономических показателей**

Наличие присоединенных к смешанным тепловым сетям абонентов, потребляющих горячую воду с постоянной нормативной температурой  $t_{\text{гв}}$ , предопределяет необходимость сохранять температуру  $t_1$  воды в подающей магистрали водяных тепловых сетей не ниже  $70^{\circ}\text{C}$  (для открытых сетей -  $60^{\circ}\text{C}$ ) независимо от наружной температуры. Соответствующая точка называется точкой "излома" температурного графика.

В этих условиях в системы абонентов, величина теплопотребления которых напрямую зависит от наружной температуры (отопление, вентиляция, кондиционирование), в диапазоне относительно высоких значений последней внутри отопительного периода поступает теплоноситель с более высокой температурой, чем это требуется в соответствии с общепринятым опорным режимом качественного регулирования отопительной нагрузки.

Продолжительность этого диапазона составляет 20-40% от продолжительности всего отопительного периода.

В этом диапазоне ограничена возможность центрального регулирования и требуется в доминирующем объеме выполнение местного регулирования тепловых потоков. Однако отсутствие надежных, качественно работающих местных авторегуляторов приводит к тому, что на всем указанном диапазоне происходит перегрев обслуживаемых помещений и, как следствие, нарушение санитарных норм в отношении тепловой обстановки в них и перерасход топлива. Применяемый в прошлые годы в условиях небольших по радиусу систем теплоснабжения и обеспечения теплотой зданий с большой аккумулирующей спо-

собностью режим "пропусков" в настоящее время вообще неприменим.

В связи с изложенным возникает вопрос: возможен ли режим центрального регулирования, исключающий "излом" температурного графика? Другими словами, существуют ли условия, при которых температура  $t_1^{ко}$  теплоносителя в подающей магистрали в конце (начале) отопительного периода будет равна или выше  $70^{\circ}\text{C}$  (или  $60^{\circ}\text{C}$  - для открытых систем)?

Запишем это условие для режима качественного регулирования отопительной нагрузки по следующей общеизвестной формуле

$$t_{1,\text{кач}}^{ко} = t_b + \left( \frac{t_g^p + t_o^p}{2} - t_b \right) \varphi_{ко} + (0,5 + \varphi)(t_g^p - t_o^p) \varphi_{ко} \geq 70^{\circ}\text{C}, \quad (1)$$

где  $t_b$  - расчетная средневзвешенная температура отапливаемых помещений,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$t_g^p$ ,  $t_o^p$  - расчетная температура теплоносителя в местной системе отопления соответственно в подающем и обратном трубопроводах,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$\varphi_{ко}$  - относительный тепловой поток отопления в конце (начале) отопительного периода;

$u$  - расчетный коэффициент смешения отопительного ввода равный

$$u = \frac{t_1^p - t_g^p}{t_g^p - t_o^p}, \quad (2)$$

где  $t_1^p$  - температура теплоносителя в подающей трубе тепломагистрали при расчётной отопительной температуре наружного воздуха,  $^{\circ}\text{C}$ ;  
 $m$  - показатель степени в формуле для коэффициента теплопередачи, зависящий от типа установленного отопительного прибора.

Подставив в выражение (1) значение  $\varphi_{ко}$  по формуле

$$\varphi_{ко} = (t_b - 8)/(t_b - t_n^p), \quad (3)$$

где  $t_n^p$  - расчетная отопительная температура наружного воздуха,  $^{\circ}\text{C}$ , получим следующее значение  $t_1^p$ , при котором точка "излома" температурного графика отсутствует

$$t_h^p \geq 11^\circ\text{C},$$

При расчётах принимались следующие значения входящих в выражение (1) величин:  $t_b = 18^\circ\text{C}$ ;  $\tau_1^p = 150^\circ\text{C}$ ;  $t_o^p = 70^\circ\text{C}$ ;  $m = 0,32$ .

Ясно, что такое значение  $t_h^p$  охватывает слишком узкий климатический регион Украины (в основном Южный берег Крыма).

Между тем, разработанный нами [1,2] режим регулирования смешанных тепловых потоков, в основе которого лежит фиксация максимальной амплитуды  $\Delta t_b^{\max}$  колебания температуры внутреннего воздуха отапливаемых помещений в пределах любой наперед заданной или нормативной величины. Этот режим в сочетании с организацией догрева воды на горячее водоснабжение в предвключенной ступени водоподогревательной установки (ВПУ) позволяет значительно расширить зону значений  $t_h^p$ , внутри которой можно избежать "излома" температурного графика.

Для такого режима температура  $\tau_1^{ko}$  в конце отопительного периода определяется [2] по уравнению

$$\tau_1^{ko} = (\tau_{1,кач}^{ko} - \tau_1^{dop} / k_q) k_q / (k_q - 1), \quad (4)$$

где  $\tau_{01}^{dop}$  - допускаемая температура воды в подающем трубопроводе, поступающей в систему отопления (к узлу смешения), при которой  $\Delta t_b^{dop}$  не превышает наперёд заданную величину,  $^\circ\text{C}$ ;

$k_q$  - коэффициент часовой неравномерности потребления горячей воды.

Значение  $\tau_{01}^{dop}$  находится [2] по уравнению

$$\tau_{01}^{dop} = t_b + \Phi_{ko} (t_b - t_h^p) + \left\{ (t_b - t_h^p) + (u + 0,5)(t_r^p - t_o^p)t_r^p + [0,5(t_r^p - t_o^p) - t_b] / \Phi_{dop}^{1/m} \right\} \Phi_{dop}, \quad (5)$$

где  $\Phi_{dop}$  - допустимая величина относительного теплового потока, поступающего в систему отопления; её приближенное, впрочем, достаточно точное, значение находится [3] по зависимости

$$\Phi_{\text{доп}} = \Phi_{\text{ко}} - \beta \Delta t_{\text{в}}^{\text{доп}} z^{-1} / (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}^{\text{p}}), \quad (6)$$

где  $\beta$  - коэффициент аккумулирования здания, с или ч;  
 $z$  - продолжительность максимального водоразбора, непрерывно превышающего среднечасовой, с или ч.

Решение системы уравнений (1), (5) и (6) при  $t_1^{\text{ко}} = 70^{\circ}\text{C}$ ;  $\Delta t_{\text{в}}^{\text{max}} = 1^{\circ}\text{C}$ ;  
 $\beta = 40\text{ч}$ ;  $z = 6\text{ч}$  относительно  $k_{\text{n}}$  представлено на рис. 1.

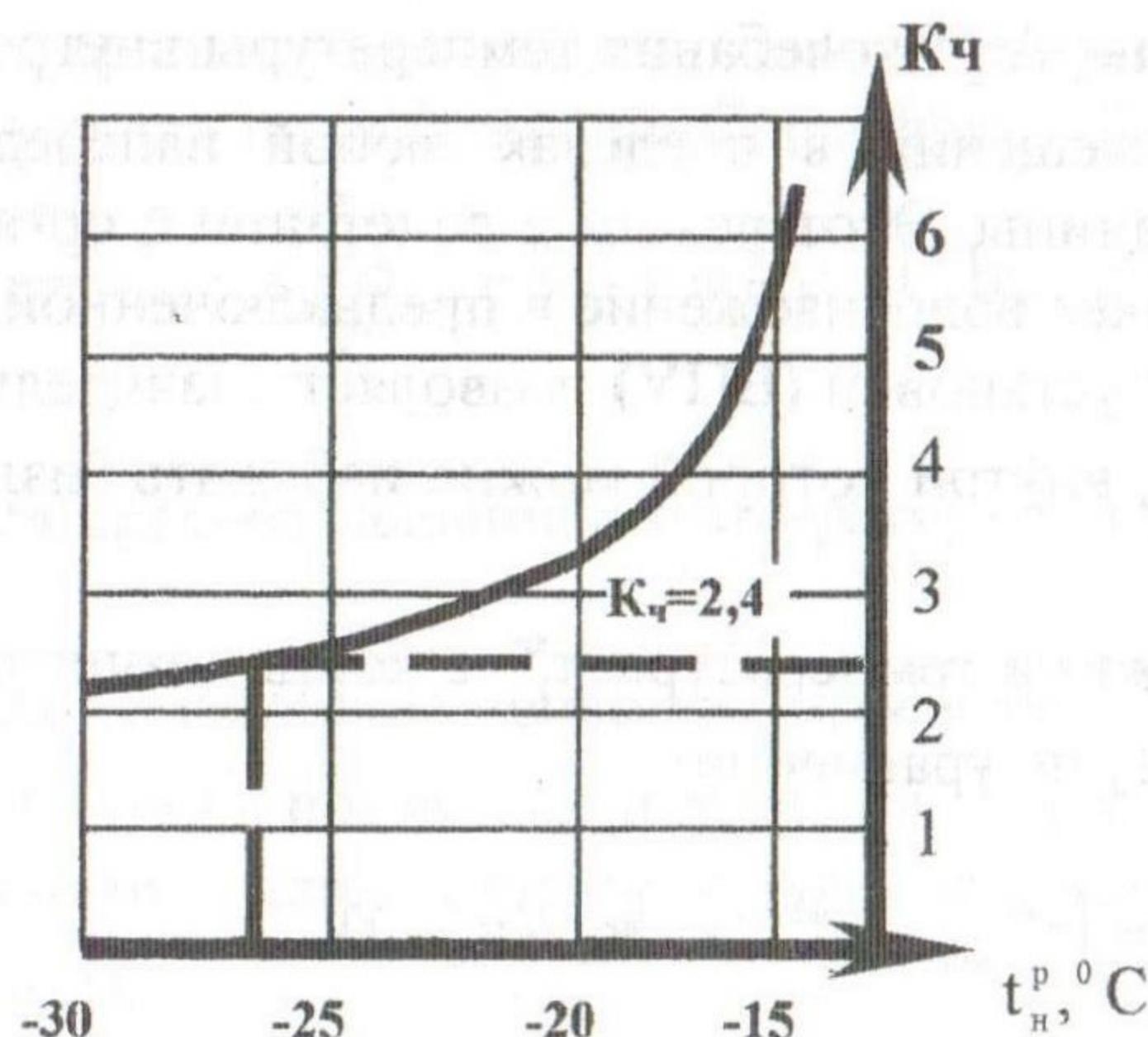


Рис.1 Максимальное значение  $k_{\text{n}}$  в зависимости от наружной отопительной температуры  $t_{\text{н}}^{\text{p}}$

Из рисунка видно, что при нормативной (СНиП) величине  $k_{\text{n}} = 2,4$  можно избежать точки "излома" температурного графика для объектов с  $t_{\text{н}}^{\text{p}} \geq -27^{\circ}\text{C}$ , то-есть практически для всех климатических зон Украины.

Параметры реализации предлагаемого решения рассмотрим на примере с ВПУ, присоединённой по параллельной схеме.

При реконструкции ВПУ часть от её общей поверхности присоединяется по предвключенной схеме с установкой дополнительного регулятора температуры. Реконструированный вариант такой схемы приведен на рис.2.

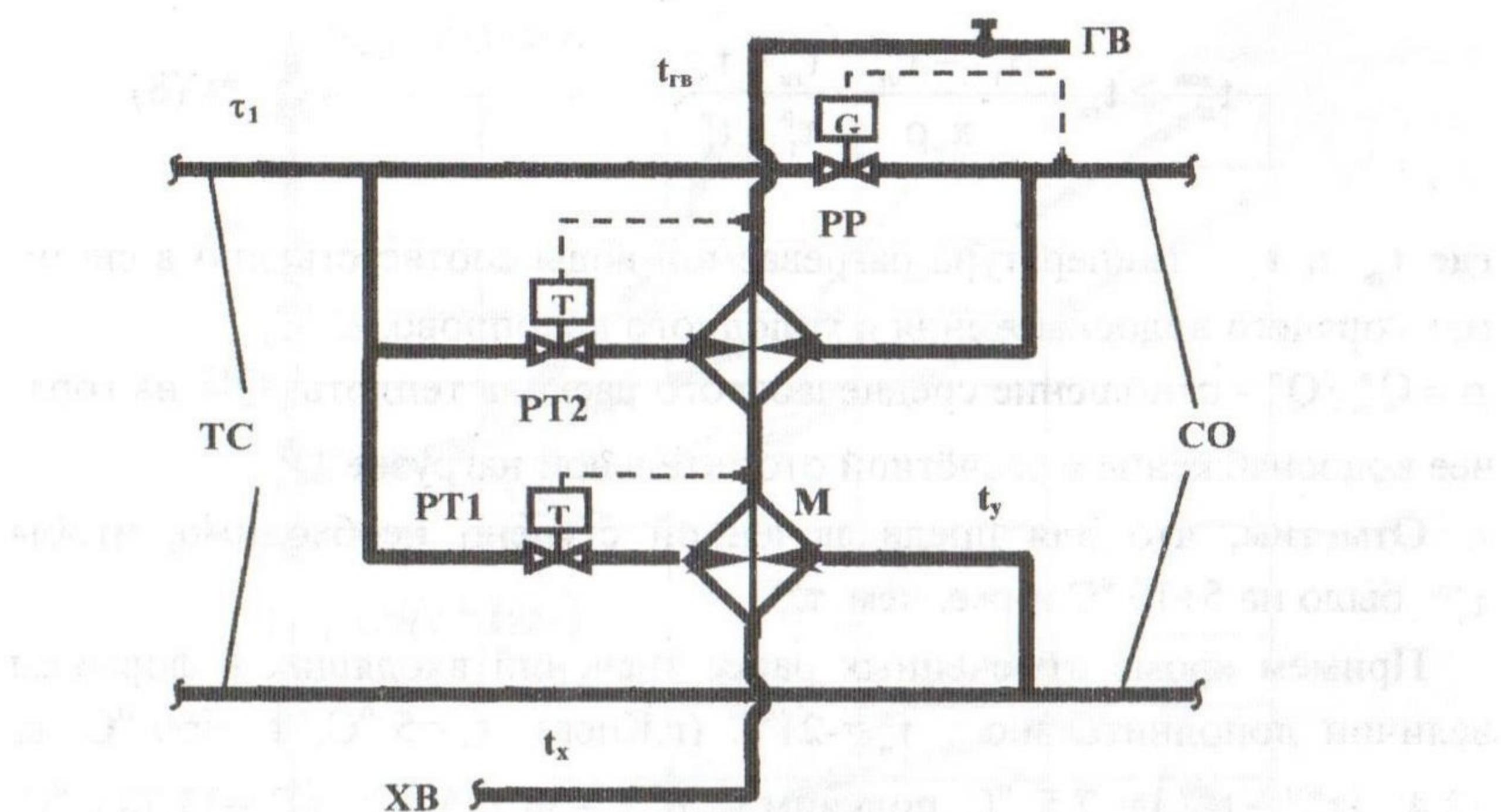


Рис. 2 Схема реконструированной параллельной системы ВПУ

ТС - тепловые сети; СО- система отопления; ХВ - система холодного водопровода; ГВ - система горячего водоснабжения; РТ1, РТ2 - регуляторы температуры; РР- регулятор расхода; М - точка регулируемой температуры на входе в предвключенную ступень нагрева

Из уравнения теплового баланса можно найти величину максимальной тепломощности  $Q_{\text{пред}}^{\max}$  предвключенной ступени нагрева в виде

$$Q_{\text{пред}}^{\max} = \frac{\tau_1^{\text{ко}} - \tau_{01}^{\text{доп}}}{\tau_{01}^{\text{п}} - \tau_{01}^{\text{о}}} Q_{\text{o}}^{\text{п}}, \quad (7)$$

где  $Q_{\text{o}}^{\text{п}}$  - расчётная отопительная нагрузка, Вт.

Таким же способом найдём минимально допустимую температуру  $\tau_{\text{n}}^{\text{доп}}$  нагреваемой водопроводной воды перед поступлением её для догрева в предвключенную ступень в период максимального водоразбора по уравнению

$$t_{n}^{\text{доп}} \geq t_{\text{гв}} - \frac{\tau_{01}^{\text{ко}} - \tau_{01}^{\text{доп}}}{k_{\text{ч}} \rho} \cdot \frac{t_{\text{гв}} - t_x}{\tau_1^p - \tau_0^p}, \quad (8)$$

где  $t_{\text{гв}}$  и  $t_x$  - температура нагреваемой воды соответственно в системах горячего водоснабжения и холодного водопровода,  $^{\circ}\text{C}$ ;  
 $\rho = Q_{\text{гв}}^p / Q_o^p$  - отношение среднечасового расхода теплоты  $Q_{\text{гв}}^p$  на горячее водоснабжение к расчётной отопительной нагрузке  $Q_o^p$ .

Отметим, что для предвключенной ступени необходимо, чтобы  $t_n^{\text{доп}}$  было на  $5 \div 10 \ ^{\circ}\text{C}$  ниже, чем  $\tau_{01}^{\text{доп}}$ .

Примем кроме отмеченных ранее значений входящих в формулы величин дополнительно :  $t_n^p = -21 \ ^{\circ}\text{C}$  (г.Киев);  $t_x = 5 \ ^{\circ}\text{C}$ ;  $t_{\text{гв}} = 60 \ ^{\circ}\text{C}$ ;  $k_{\text{ч}} = 2,4$ ;  $(\tau_{01}^{\text{доп}} - t_n^{\text{доп}}) = 7,5 \ ^{\circ}\text{C}$  получим :  $\tau_{01,\text{кач}}^{\text{ко}} = 58,255 \ ^{\circ}\text{C}$ ;  $\tau_{01}^{\text{доп}} = 33,703 \ ^{\circ}\text{C}$ ;  $\rho = 0,31$ ;  $\phi^{\text{доп}} = 0,085$ ; минимальная температура  $t_o^{\text{min}}$  воды после системы отопления в период окончания максимального водоразбора  $t_o^{\text{min}} = 29,603 \ ^{\circ}\text{C}$ .

Найденное значение  $\rho = 0,31$  охватывает весь практический диапазон соотношений между нагрузками горячего водоснабжения и отопления для большинства жилищно-коммунальных потребителей.

Для сопоставления технико-экономических показателей предлагаемой реконструированной системы с традиционной параллельной схемой подключения ВПУ к тепловым сетям были произведены расчёты удельных расходов  $G^c$  сетевой воды на горячее водоснабжение при параллельной схеме  $G_{\text{пар}}^c$  и  $G_{\text{рек}}^c$  - при реконструированной, а так же суммарных удельных расходов  $\Sigma G$  сетевой воды с учётом отопительной нагрузки.

Аналогичные расчёты произведены для удельных величин необходимых поверхностей нагрева соответственно для параллельной схемы  $\Sigma F_{\text{пар}}$  и реконструированной  $\Sigma F_{\text{рек}}$ . Результаты расчётов приведены на графиках (рис.3).

При расчётах во всех случаях температура  $t_y$  сетевой воды после параллельно включенной ступени принималась равной  $30 \ ^{\circ}\text{C}$ . Указанные удельные величины относились к расчетной отопительной нагрузке  $Q_o^p$ .

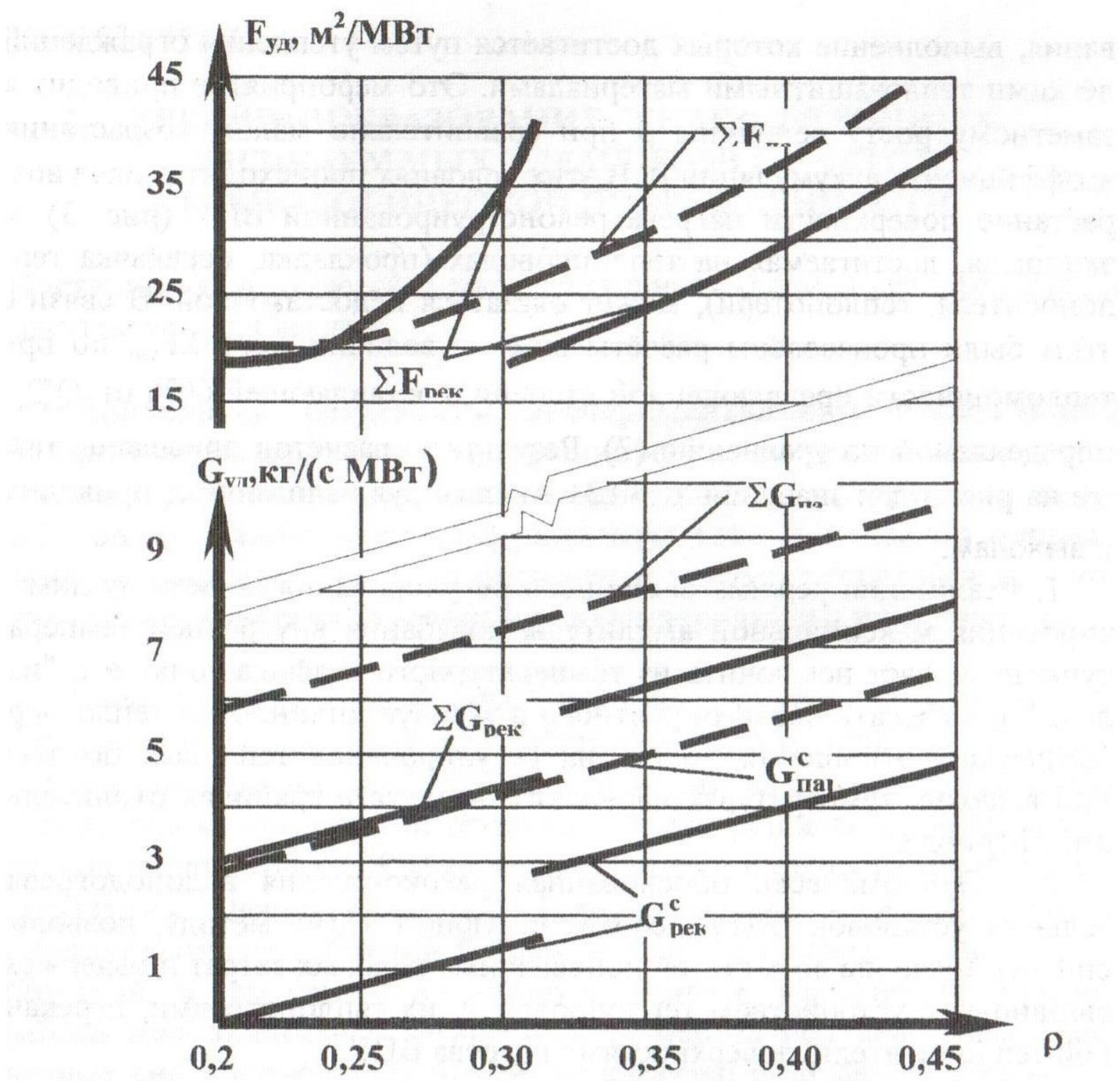


Рис. 3 Зависимость удельных расходов воды и поверхностей водоподогревателей от  $\rho$

Пунктирная линия - значения  $G_{пар}$   $F_{пар}$  для традиционной параллельной схемы присоединения; сплошная линия - значение  $G_{рек}$  и  $F_{рек}$  для реконструированной схемы

Анализируя графики, отметим, что реконструируемая ВПУ обеспечивает значительное уменьшение удельного расхода сетевой воды, что даёт экономию всех затратных статей по теплопроводам, но в области больших значений  $\rho$  требуется установка увеличенных поверхностей нагрева.

К ограждающим конструкциям вновь возводимых и реконструируемых зданий предъявляются повышенные теплотехнические требо-

вания, выполнение которых достигается путём утепления ограждений лёгкими теплозащитными материалами. Это мероприятие приводит к заметному росту величины  $\rho$  при сравнительно малом возрастании коэффициента аккумуляции  $\beta$ . В этих условиях происходит резкое возрастание поверхности нагрева реконструированной ВПУ (рис. 3), и экономия, достигаемая на теплопроводах (прокладка, перекачка теплоносителя, теплопотери), может оказаться недостаточной. В связи с этим были произведены расчёты тех же величин  $G_{уд}$  и  $\Sigma F_{уд}$ , но при тепломощности предвьюченной ступени, составляющей 60% от  $Q_{пред}^{max}$ , определяемой по уравнению (7). Результаты расчётов приведены также на рис. 3 для значений  $\rho > 0,31$ . Анализируя изложенное, приходим к выводам:

1. Реализация режима связанного регулирования по методу лимитирования максимальной амплитуды колебания внутренней температуры позволяет исключить из температурного графика точку его "излома" и избежать неблагоприятного в эксплуатационном и теплоэнергетическом отношении диапазона регулирования тепловых потоков при высоких температурах наружного воздуха в границах отопительного периода.
2. Экономически обоснованная реконструкция водоподогревательных установок (ВПУ), соответствующая этому методу, позволит снизить значение всех статей приведенных годовых затрат и издержек, связанных с устройством теплопроводов, их теплопотерями, перекачкой теплоносителя, поверхностями нагрева ВПУ.

### Литература

1. Полунин М.М., Ковалёва О.В., Новые принципы построения режима связанного регулирования отпуска теплоты от закрытой тепловой сети, Вісник Академії будівництва України, 8 выпуск, Київ, 2000.
2. Полунин М.М., Ковалёва О.В., Могилевская Е.А., Шишовский А.А., Основные параметры режима связанного регулирования при децентрализации реконструируемых систем теплоснабжения, Вісник Інженерної академії України, Ювілейний спецвипуск, Одеса, 2002.
3. Полунин М.М. Системы теплоснабжения с трёхступенчатым нагревом воды и основы построения её эксплуатационного графика; Известия вузов, Строительство и архитектура, №10, 1983, Новосибирск.