

## РЕКОНСТРУКЦИЯ ВОДОПОДОГРЕВАТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК ЦЕНТРАЛЬНЫХ ТЕПЛОВЫХ ПУНКТОВ

Полунин М.М., Балан Н.Н., Шишовский А.А. (Одесская Государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса)

**Рассмотрены варианты реконструкции водоподогревательных установок (ВПУ), обеспечивающие снижение удельных расходов теплоносителя и уменьшение удельных поверхностей нагрева теплообменников.**

Кризисное состояние крупных теплоснабжающих систем предопределило тенденцию к новообразованию групп потребителей с автономными источниками теплоснабжения, а также к локальной полной или ограниченной децентрализации существующих потребителей [1], присоединенных ранее к центральным тепловым сетям.

Однако, наряду с реализацией этой тенденции ведутся, хотя и в ограниченных объемах, ремонтно-восстановительные работы, при которых производятся замена участков трубопроводов, устаревшего оборудования, установка средств автоматизации и контрольно-измерительных приборов, но во всех случаях неизменными остаются как структурные схемы системы теплоснабжения, так и параметры эксплуатационного режима регулирования отпуска теплоты.

Между тем представляется возможным получить заметный эффект практически без дополнительных капиталовложений за счет рациональной реконструкции водоподогревательных установок (ВПУ) центральных тепловых пунктов (ЦТП). Сущность предлагаемой реконструкции ВПУ заключается в подключении части установленной поверхности ВПУ к тепловым сетям по предвключенной схеме, что позволяет с максимальной эффективностью реализовать режим связанного регулирования отпуска теплоты потребителям по совмещенной нагрузке отопления и горячего водоснабжения.



Однако осуществление режима связанного регулирования в традиционном виде [2, 3] имеет крайне ограниченную возможность в связи со следующими обстоятельствами:

— обеспечение установленных современными нормами повышенных требований к теплозащитным свойствам ограждающих конструкций зданий, выполнение которых достигается путем обшивки наружных ограждений легкими теплоизоляционными материалами, приводят к резкому росту величины  $\rho$  — отношение расчетной средненедельной часовой нагрузки  $Q_{ГВ}^P$  горячего водоснабжения к расчетной отопительной нагрузке  $Q_0^P$ , являющейся определяющим параметром при режиме связанного регулирования; одновременно с этим аккумулирующая способность зданий растет незначительно;

— уменьшение количества потребителей при децентрализации приводит к росту величины коэффициента  $K_q$  часовой неравномерности горячего водоснабжения.

Разработанная нами методика [4] расчета параметров эксплуатационного режима и соответствующие ей трехступенчатые схемы подогрева воды на горячее водоснабжение, позволяют учесть все факторы, влияющие на режим отапливаемых зданий, при максимальном сохранении преимуществ режима связанного регулирования. В основу этой методики положено требование принимать в качестве диктующей величины лишь допустимое значение амплитуды  $\Delta t_B^{доп}$  колебания внутренней температуры  $t_B$  воздуха отапливаемых помещений. Эта величина находится по зависимости [4]

$$\Delta t_B^{доп} \approx (\varphi_0 - \varphi_{фак}) (t_B - t_H^P) Z / \beta, \quad (1)$$

где  $\varphi_0$  — относительный расход теплоты на отопление, определяемый по зависимости

$$\varphi_0 = (t_B - t_H^X) / (t_B - t_H^P); \quad (2)$$

$\varphi_{фак}$  — фактический относительный расход теплоты, поступающий в систему отопления;



$t_n^p$  и  $t_n^x$  – температура наружного воздуха соответственно расчетная отопительная и текущая, °С;

$Z$  – продолжительность периода наибольшего отклонения величины водоразбора от среднего его значения, ч или с;

$\beta$  – коэффициент аккумуляции отапливаемого здания, ч или с.

Для обеспечения этого значения  $\Delta t_v^{доп}$  относительная величина  $\Phi_{фак}^{доп}$  фактического теплового потока должна быть не менее

$$\Phi_{фак}^{доп} \geq \Phi_0 - \Delta t_v^{доп} \beta Z^{-1} (t_v - t_n^p)^{-1}, \quad (3)$$

где  $\Phi_{фак}^{доп}$  – допустимая величина относительного теплового потока, при которой амплитуда колебаний внутренней температуры воздуха не превосходит наперед заданной величины  $\Delta t_v^{доп}$ .

На основе изложенных предпосылок были получены следующие зависимости для параметров эксплуатационного графика

$$t_{01}^{доп} = t_v - (t_v - t_n^p) \Phi_0 + \left\{ (t_v - t_n^p) + (u + 0,5)(t_z^p - t_o^p) + \left[ \frac{0,5(t_z^p - t_o^p)}{(\Phi_{фак}^{доп})^{1+m}} \right] \right\} \Phi_{фак}^{доп} \quad (4)$$

$$t_o^{доп} = t_{01}^{доп} - \Phi_{фак}^{доп} (\tau_1^p - t_o^p), \quad (5)$$

$$\tau_1^x = K_{ч} (\tau_{01}^{кач} - \tau_{01}^{доп} / K_{ч}) (K_{ч} - 1), \quad (6)$$

$$t_n^{доп} = t_{zv} - (t_{zv} - t_x) (\tau_1^{кач} - \tau_{01}^{доп}) / [\rho (\tau_1^p - t_o^p) (K_{ч} - 1)], \quad (7)$$

где  $\tau_{01}^{доп}$  – допускаемая температура теплоносителя в подающей трубе на входе к смесительному узлу системы отопления, °С;

$u$  – коэффициент смешения;

$t_o^{доп}$  – допускаемая температура на выходе из системы отопления, °С;



$\tau_1^p$ ,  $t_g^p$  и  $t_o^p$  – расчетная температура теплоносителя соответственно в подающей трубе теплосетей, подающей и обратной трубе местной системы отопления, °С;

$\tau_1^x$  – необходимая текущая температура в подающей трубе теплосети до предвключенной ступени нагрева в режиме связанного регулирования, °С;

$t_{п}^{доп}$  – допустимая температура нагреваемой воды на входе в предвключенную ступень нагрева, °С;

$t_{гв}$ ,  $t_x$  – расчетная температура нагреваемой воды соответственно поступающей в систему горячего водоснабжения и холодном водопроводе в отопительный период, °С.

Подчеркнем, что, как следует из вышеприведенных уравнений, значения определяющих параметров предложенного режима регулирования –  $\tau_1^x$ ;  $\tau_{01}^{доп}$ ;  $t_o^{доп}$  не зависят от значения "ρ", которое положено в основу традиционного режима регулирования по совмещенной нагрузке отопления и горячего водоснабжения. Величина "ρ" учитывается лишь при определении предельно допустимого значения температуры  $t_{п}^{доп}$  нагреваемой воды перед входом в предвключенную ступень нагрева и при настройке автоматического регулятора температуры в указанной позиции.

В подавляющем большинстве действующих систем центрального теплоснабжения приняты либо смешанные двухступенчатые, либо параллельные схемы присоединения ВПУ к теплопроводам. Поэтому рассмотрим сущность предлагаемой реконструкции именно этих схем. На рис. рис. 1 и 2 приведены принципиальные схемы ВПУ до реконструкции -а) и после реконструкции -б).

В реконструированных схемах регулятор температуры РТ 1 обеспечивает температуру в точке М не ниже рассчитанного значения  $t_{п}^{доп}$ , а РТ2 - нормативную температуру  $t_{гв}$  воды, поступающей в систему горячего водоснабжения.



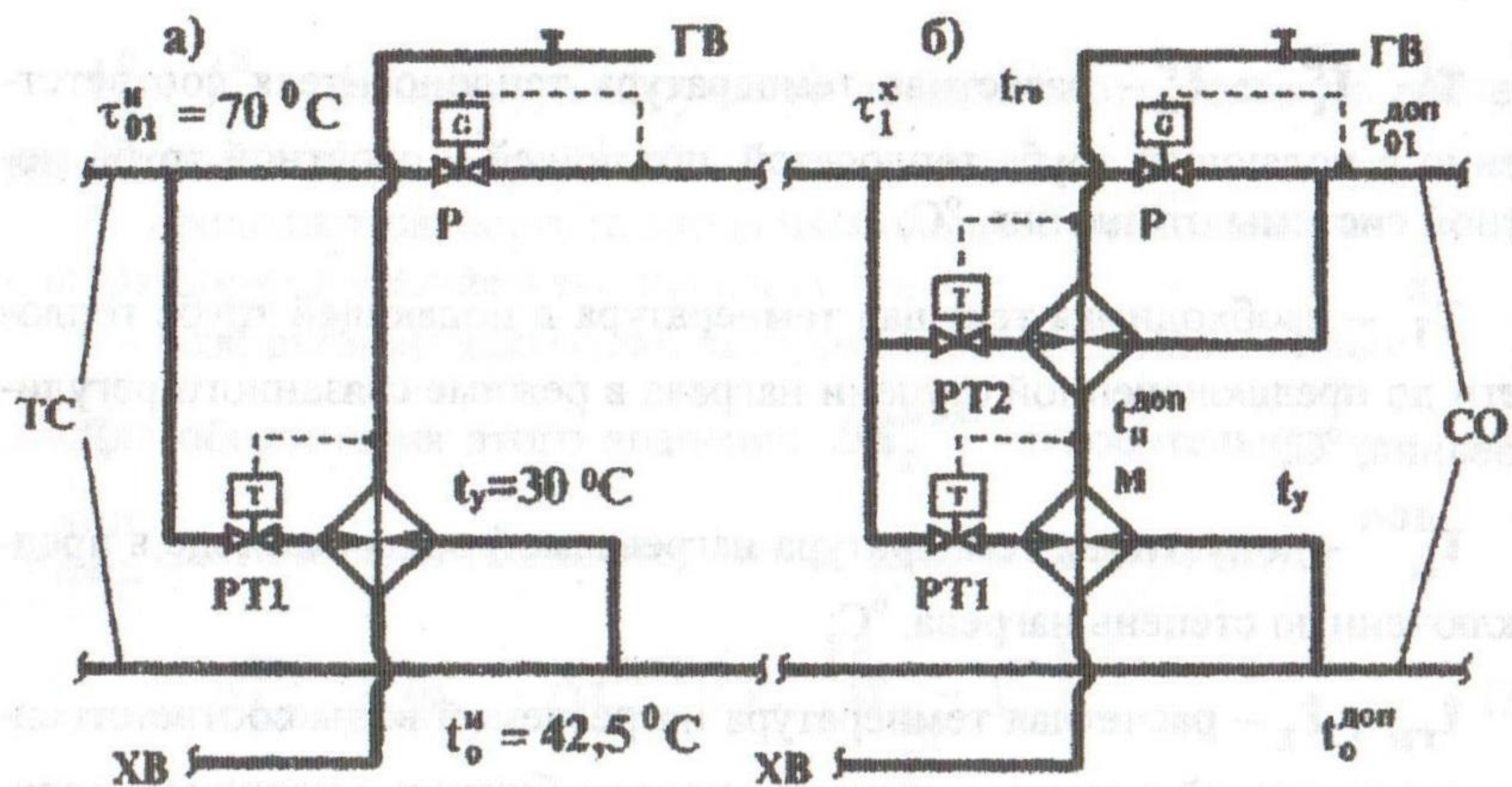


Рис. 1. Реконструкция ВПУ с параллельным подключением.

- а) - параллельная схема подключения до реконструкции;  
 б) - параллельная схема подключения после реконструкции;  
 РР - регулятор расхода; РТ1, РТ2 - регуляторы температуры;  
 СО - система отопления; ГВ - система горячего водоснабжения; ХВ - холодный водопровод;  
 ТС - тепловые сети.

Отметим, что согласно норм [2] расчетными условиями для проектирования ВПУ систем горячего водоснабжения являются условия, определяемые точкой "излома" температурного графика, когда в режиме качественного регулирования отопительной нагрузки температура  $\tau_1^x$  в подающей магистрали становится равной  $70^\circ\text{C}$  (для открытых систем  $-60^\circ\text{C}$ ). Поэтому в дальнейших расчетах приняты значения величин, соответствующие точке "излома":  $\varphi_o = 0,344$ ;  $\tau_{01}^{\text{кач}} = 70^\circ\text{C}$ ;

$$t_B = 18^\circ\text{C}; t_H^P = -21^\circ\text{C} \text{ (Киев)}; K_q = 3; t_{ГВ} = 60^\circ\text{C}; t_x = 5^\circ\text{C}; \tau_1^P = 150^\circ\text{C};$$

$$t_T^P = 95^\circ\text{C}; t_o^P = 70^\circ\text{C}; u = 2,2; \Delta t_B^{\text{доп}} = 1^\circ\text{C}; Z = 6\text{ч}; \beta = 40\text{ч}.$$



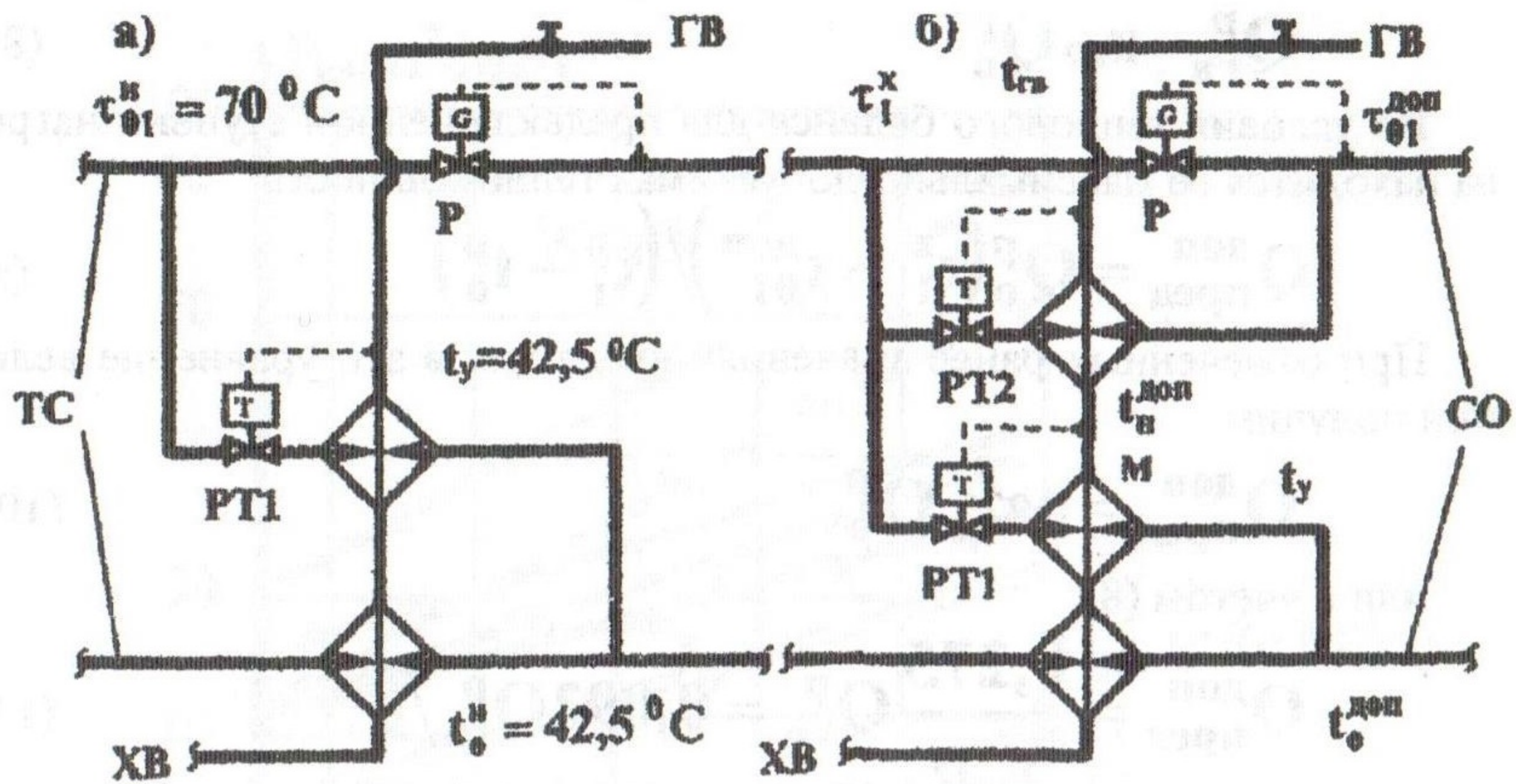


Рис. 2. Реконструкция ВПУ со смешанным подключением.

а) - смешанная схема до реконструкции;

б) - смешанная схема после реконструкции;

РР-регулятор расхода; РТ1, РТ2 – регуляторы

температуры; СО - система отопления; ГВ – система

горячего водоснабжения; ХВ – холодный водопровод;

ТС - тепловые сети

При этих значениях получаем в соответствии с уравнениями (3)-(7) соответственно

$$\varphi_{\text{фак}}^{\text{доп}} = 0,259; \quad \tau_{01}^{\text{доп}} = 55,346^\circ\text{C}; \quad t_o^{\text{доп}} = 34,626^\circ\text{C};$$

$$\tau_1^x = 77,327^\circ\text{C}; \quad t_{\text{п}}^{\text{доп}} = 60 - 5,037/\rho;$$

удельный расход  $G_{\text{уд}}^{\text{от}}$  воды на отопление равен 2,983 кг/(с·МВт).

Заметим, что расчетная нагрузка  $Q_{\text{ГВ}}^{\text{Р}}$  горячего водоснабжения при отсутствии аккумуляторов определяется по выражению



$$Q_{ГВ}^P = K_{ч\rho} Q_0^P \quad (8)$$

Из условия теплового баланса для предвключенной ступени нагрева находится ее максимально допустимая тепловая мощность

$$Q_{пред}^{доп} = Q_0^P (\tau_1^x - \tau_{01}^{доп}) / (\tau_1^P - t_0^P) \quad (9)$$

При отмеченных ранее значениях входящих в это уравнение величин получим

$$Q_{пред}^{доп} = 0,275 Q_0^P, \quad (10)$$

или с учетом (8)

$$Q_{пред}^{доп} = \frac{0,275}{K_{ч\rho}} Q_{ГВ}^P = 0,092 Q_{ГВ}^P / \rho. \quad (11)$$

Назначение такой величины тепловой мощности предвключенной ступени нагрева обеспечивает с одной стороны максимальную эффективность режима связанного регулирования, а с другой стороны значение  $\Delta t_B^{доп}$  внутри допустимого наперед заданного диапазона.

Для оценки эффективности предлагаемой реконструкции ВПУ было произведено определение удельных (отнесенных к единице расчетной нагрузки) необходимых площадей  $F_{уд}$  ВПУ и расходов  $G_{уд}$  теплоносителя в теплопроводах. Результаты расчетов приведены на графиках рис. 3.

При определении  $F_{уд}$  для всех вариантов и ступеней в них расчетный коэффициент  $R$  теплопередачи водоподогревателей принимается равным  $1500 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$ , температура  $t_y$  сетевой воды при параллельной схеме принималась равной  $30^\circ\text{C}$ , а при смешанной схемы рассматривались два варианта распределения оставшейся поверхности нагрева подогревателей после выделения части ее на предвключенную ступень нагрева: 1 вариант - оставшаяся поверхность нагрева распределялась между параллельно и последовательно включенными ступенями в соотношении 50% на 50%; 2 вариант - эта поверхность распределялась в соответствии: 70% - на параллельно включенную ступень, 30% - на последовательную.



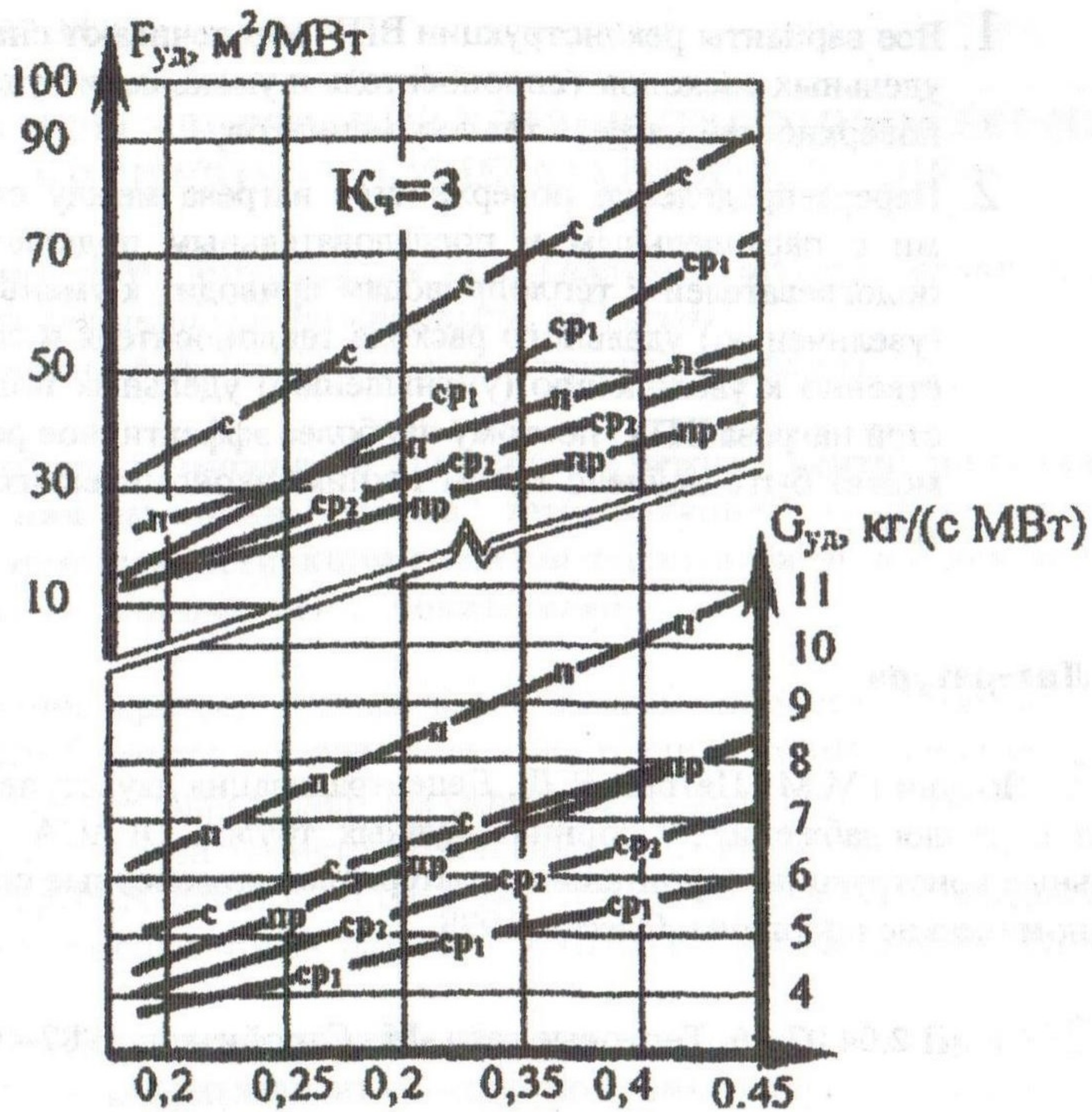


Рис 3. Зависимость удельных расходов теплоносителя и поверхностей ВПУ от  $\rho$ .

- П—П— - значения для параллельной схемы присоединения;
- ПР—ПР— - значения для реконструированной параллельной схемы;
- С—С— - значения для смешанной схемы присоединения;
- СР<sub>1</sub>—СР<sub>1</sub>— - значения для смешанной схемы при распределении поверхностей водонагревателей 50 x 50%;
- СР<sub>2</sub>—СР<sub>2</sub>— - то же при распределении 70 x 30%.

Из приведенных на рис. 3 графиков видно, что:



1. Все варианты реконструкции ВПУ обеспечивают снижение удельных расходов теплоносителя и уменьшение удельных поверхностей нагрева теплообменников;
2. Перераспределение поверхностей нагрева между ступенями с параллельным и последовательным подключением подогревателей к теплопроводам приводит к уменьшению (увеличению) удельного расхода теплоносителя и соответственно к увеличению (уменьшению) удельных поверхностей нагрева ВПУ; поэтому наиболее эффективное решение может быть найдено путем технико-экономических расчетов.

### Литература

1. Полунин М.М., Петраш В.Д., Децентрализация двухступенчатых систем теплоснабжения., Сборник научных трудов ОГАСА, Строительные конструкции, строительные материалы, инженерные системы, экономические проблемы, Одесса, 1998.
2. СНиП 2.04.07-86. Тепловые сети.-М.: Стройиздат, 1987-49с.
3. Соколов Е.Я., Теплофикация и тепловые сети: Учебник для вузов.- М.: Энергоиздат. 1982.-360с.
4. Полунин М.М., Ковалёва О.В., Новые принципы построения режима связанного регулирования отпуска теплоты от закрытой тепловой сети, Вісник Академії будівництва України, 8 випуск, Київ, 2000.