

## ПАРАМЕТРЫ СТАБИЛИЗАЦИИ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РЕЖИМА ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ СКВАЖИН ПРИ СЕЗОННОМ РЕГУЛИРОВАНИИ ОТОПИТЕЛЬНОГО ТЕПЛООВОГО ПОТОКА

Полунин М.М., Полунин Ю.Н., Коваленко О.В (Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса)

Исследована возможность и установлены параметры условий стабилизации гидравлического режима геотермальных скважин, обеспечивающих отопительные тепловые потоки. Предложена схема комплекса устройств, позволяющая осуществлять оптимальный режим работы отопления на основе геотермального теплогенератора.

При сезонном регулировании отпуска теплоты отопительными системами от геотермального теплообменника Гео ТО ввиду практически постоянной величине температуры  $T_{п}^{geo}$  на выходе из скважины возникает необходимость резкого уменьшения расхода геотермальной воды. Как отмечено в [1] при высоких температурах  $t_n^x$  наружного воздуха и качеством регулирования отопительного теплового потока текущий расход  $G_m^x$  геотермальной воды следует уменьшать в  $5 \div 10$  раз по сравнению с расчётным дебитом. Это обстоятельство неблагоприятно сказывается на эксплуатационных характеристиках скважин геотермальной воды.

Избежать негативных явлений путём стабилизации гидравлического режима скважин можно, применяя схему, представленную на рис 1. В этой схеме обратный трубопровод 1 системы отопления

ГеоСО соединяется перемычкой П-1 со всасывающим коллектором отопительной циркуляционной установки ОЦУ. На перемычке устанавливается регулятор температуры РТ. При температуре  $t_n^{geo}$  наружного воздуха, принятой в качестве расчётной для проектирования ГеоСО, регулятор температуры РТ полностью перекрывает перемычку, обеспечивая максимальную теплопроизводительность геотеплообменника ГеоТО, соответствующую требуемой тепломощности ГеоСО при  $t_n^{geo}$ .

При температуре наружного воздуха  $t_n^{geo} \leq t_n^x \leq t_n^p$  необходимый догрев воды местной системы отопления производится в узле догрева УД



(газовые, электрические котлы, центральные тепловые сети и т.п.), располагающего более высоким, чем  $T_{\text{II}}^{\text{geo}}$ , температурным потенциалом.

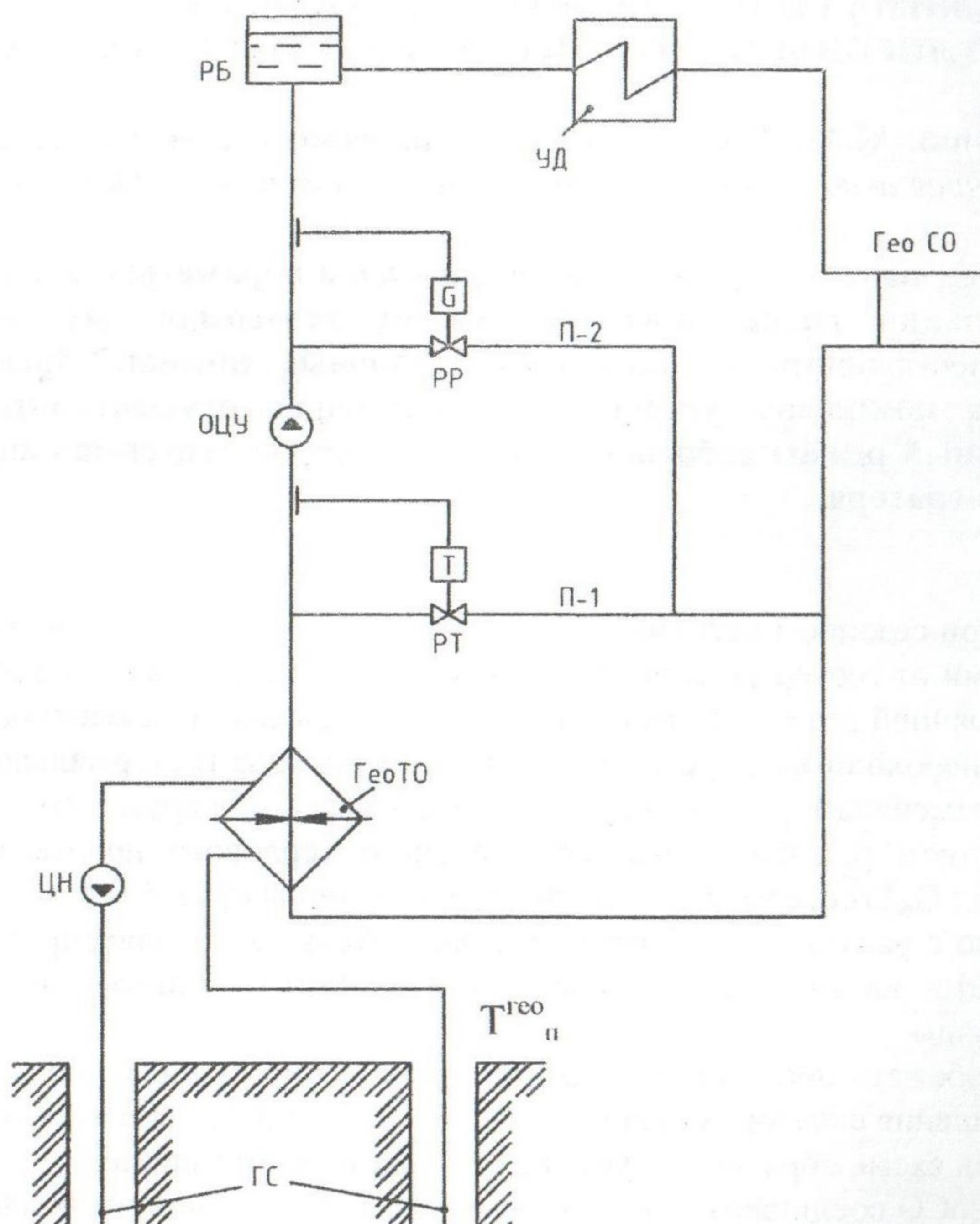


Рис. 1 Схема геотермальной отопительной системы со стабилизацией гидравлического режима скважин.

ГС - скважины геотермальной воды.

ЦН - циркуляционный насос

При температуре наружного воздуха в диапазоне  $t_{\text{н}}^{\text{к}} \leq t_{\text{н}}^{\text{x}} \leq t_{\text{н}}^{\text{geo}}$  ( $t_{\text{н}}^{\text{к}}$  - температура наружного воздуха, соответствующая концу (началу) ото-



пительного периода) регулятор РТ пропускает часть местного теплоносителя, минуя теплообменник ГеоТО, тем самым уменьшая его теплопроизводительность в соответствии с теплотерями при  $t_n^x$  и сохраняя стабильный расход геотермальной воды  $G_6$ .

Для оценки возможности, а также определения величины изменения расхода теплоносителя  $G_M^x$  на диапазоне  $t_n^k \leq t_n^x \leq t_n^{reo}$  запишем уравнение теплового баланса для схемы, приведенной на рис 1, в следующем виде:

$$\varepsilon^x \cdot c_1 G_M^x (T_n^{reo} - t_o^x) = \varphi^x c_2 G_6^x (t_r^p - t_o^p), \quad (1)$$

где  $\varepsilon^x$  – коэффициент эффективности теплообменного аппарата;

$c_1$  и  $c_2$  – теплоёмкость теплообменивающихся теплоносителей, для воды  $c_1 \approx c_2$ , Дж/(кг · К);

$t_r^x - t_o^x$  – температура теплоносителя соответственно в подающем и обратном трубопроводах системы отопления, °С;

$\varphi^x$  – коэффициент, учитывающий изменение теплотерь в зависимости от наружной температуры и определяемый по зависимости

$$\varphi^x = (t_b - t_n^x) / (t_b - t_n^p), \quad (2)$$

где  $t_b$  – расчётная средневзвешенная температура воздуха внутри отапливаемых помещений, °С;

$t_n$ ,  $t_b$  – температура наружного воздуха соответственно текущая и расчётная отопительная, °С.

Для режима качественного регулирования отопительной нагрузки (при постоянном расходе местной воды) температуры  $t_r^x$  и  $t_o^x$  определяются [2] по выражению

$$t_r^x = t_b + [0,5 (t_r^p + t_o^p) - t_b] \varphi^{1/(1+m)} + 0,5(t_r^p - t_o^p) \varphi, \quad (3)$$

$$t_o^x = t_b + [0,5 (t_r^p + t_o^p) - t_b] \varphi^{1/(1+m)} - 0,5(t_r^p - t_o^p) \varphi, \quad (4)$$

где  $m$  – показатель степени при температурном напоре для установленного типа отопительного прибора, для чугунных отопительных приборов массового производства  $m = 0,32$ .

Коэффициент эффективности водоводяного теплообменника  $\varepsilon^x$  может быть с достаточной точностью [3] определён по выражению



$$\varepsilon^x = (0,35 G_M^x / G_6^x + 0,65 + \sqrt{G_M^x / G_6^x / \Phi})^{-1}, \quad (5)$$

где  $\Phi$  – параметр водоводяного подогревателя, определяемый для расчётных условий, то есть при  $t_n^{\text{geo}}$ , по уравнению

$$\Phi = KFc \sqrt{G_M^p G_6^p}, \quad (6)$$

где  $KF$  – произведение коэффициента теплопередачи теплообменника в расчётном режиме на его установленную поверхность, Вт/К;

$G_M^p$  и  $G_6^p$  – расчётные, то есть при  $t_n^{\text{geo}}$ , расходы теплоносителя, кг/с.

Заметим, что параметр  $\Phi$  можно определить по формуле (5) при значениях  $\varepsilon^x$  соответствующих расчётным значениям величин, входящих в уравнение (1).

Совмещая уравнения (1), (2), (5), получим зависимость

$$\frac{(T_{\text{п}}^{\text{geo}} - t_o^x) G_M^x / G_6^x}{\varphi^x (0,35 G_M^x / G_6^x + 0,65 + \sqrt{G_M^x / G_6^x / \Phi})} = (t_r^p - t_o^p). \quad (7)$$

На рис 2. Представлены графики решения уравнения (7) в полупологарифмической анаморфозе при следующих значениях входящих в (7) величин:  $t_r^p = 95$  °С;  $t_o^p = 70$  °С;  $t_b = 18$  °С.

При решении вопросов использования геотермальных источников важную роль играет выбор расчётной величины “недогрева” местной воды, то есть разницы  $(T_{\text{п}}^{\text{geo}} - t_r^{\text{geo}})$  между расчётной температурой воды на устье скважины и требуемой температурой местной воды системы отопления  $t_r^{\text{geo}}$ , соответствующей величине  $t_r^x$  (уравнение (3)) при  $t_n^x = t_r^{\text{geo}}$ .

Специальные расчёты [4] показали, что экономически целесообразно принимать  $(T_{\text{п}}^{\text{geo}} - t_r^{\text{geo}}) = 7 \div 10$  °С; при решении уравнения (7) принято  $(T_{\text{п}}^{\text{geo}} - t_r^{\text{geo}}) = 7,5$  °С.

Отметим, что полученные решения соответствуют режиму качественного регулирования отопительной нагрузки. При этом режиме имеет место незначительный недогрев помещений верхнего этажа и столь же малый перегрев помещений нижнего этажа (при горизонтальной разводке – концевых приборов). Повышение температуры  $t_r^x$  против



указанных в уравнении (3) приведёт к дальнейшему перегреву нижних (концевых) приборов и соответственно к перерасходу топлива.

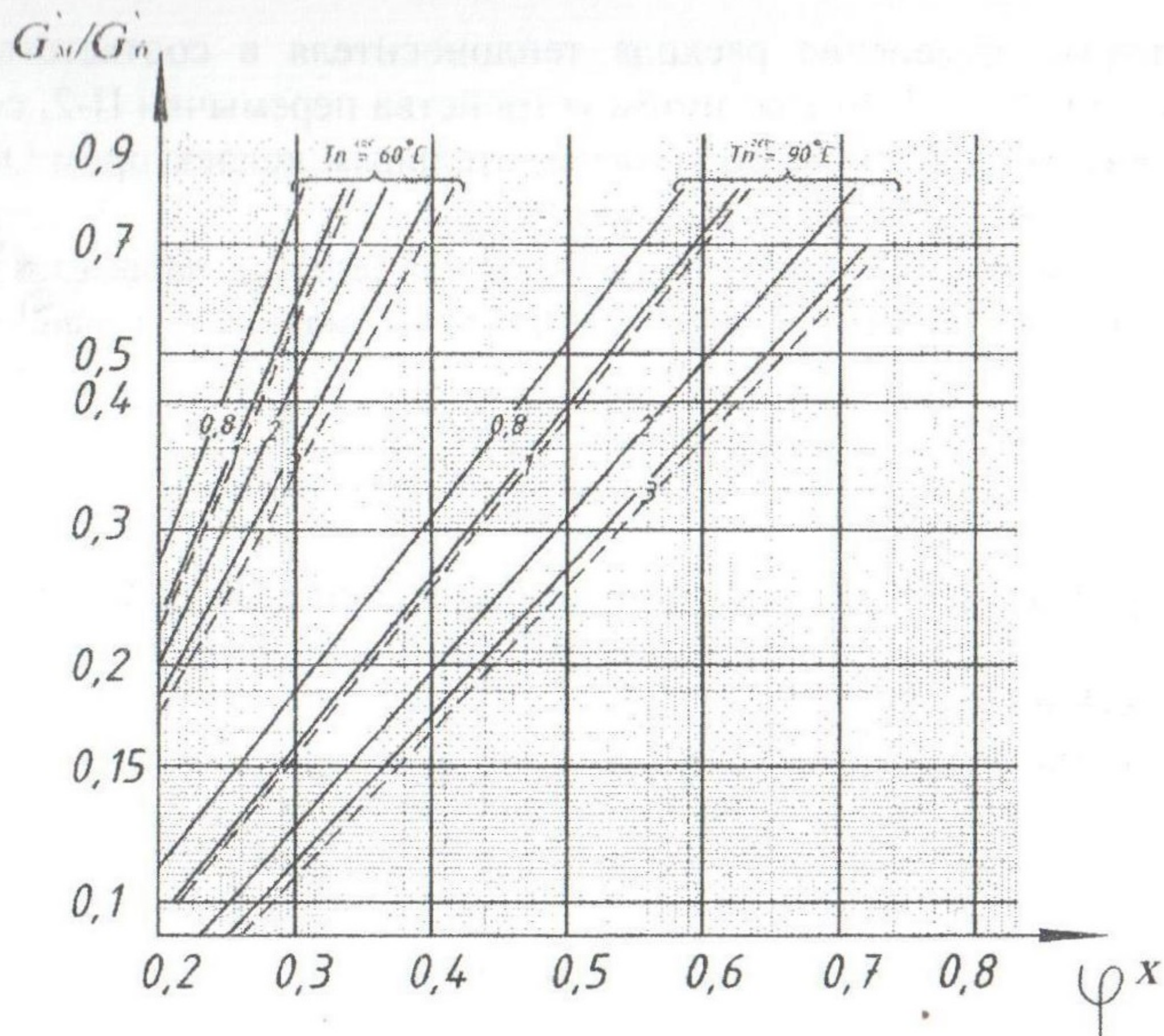


Рис. 2. Зависимость  $G_m/G_b$  от термотехнических и климатических параметров

Между тем установлено, что оптимальным режимом, при котором все приборы пропорционально изменяют свою теплопередачу, является режим, при котором расход теплоносителя изменяется в соответствии с алгоритмом:

- для однотрубных систем [2]

$$G_m^x / G_m^p = \gamma^{m/(1+m)}, \quad (8)$$

- для двухтрубных систем [5]

$$G_m^x / G_m^p = \gamma^{0.5}. \quad (9)$$

При этом значение текущих температур теплоносителя определяются по формулам



$$t_1^x = t_B + (t_1^p - t_B) \gamma^{m/(1+m)}, \quad (10)$$

$$t_0^x = t_B + (t_0^p - t_B) \gamma^{m/(1+m)}. \quad (11)$$

Обеспечить изменение расхода теплоносителя в соответствии с уравнениями (8) и (9) можно путём устройства перемычки П-2, соединяющей обратный трубопровод с нагнетательным коллектором ОЦУ и установкой на ней регулятора расхода РР.

На рис. 2. пунктиром нанесены значения отдельных параметров для условий регулирования отпуска теплоты по оптимальному графику.

### **Выводы**

1. Предлагаемый способ стабилизации гидравлического режима геотермальных теплогенераторов вполне продуктивен и обеспечивается предложенной схемой.

2. Параметры соотношения расходов теплоносителя мало зависят от режима регулирования отопительной нагрузки.

### **Литература**

1. Полунин М. М., Полунин Ю. Н., Геотопливная система теплоснабжения // Вісник ОДАБА, випуск №24 – Одеса, 2006. – с 200-205.
2. Полунін М.М. Гідротепловий та експлуатаційний режими систем водяного опалення: Навчальний посібник для студентів.: Київ.: ІСДО, 1994.- 64.
3. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети: Учебник для вузов. – 5-е изд.; перераб.-М.: Энергоиздат, 1982. 360 с.
4. Белинский Е.А., Эксплуатационный режим водяных систем центрального отопления. – М.: Изд-во Минкомхоза РСФСР, 1956, с. 106.