

Общий коэффициент эффективности системы отопления.

Мы все стали свидетелями настоящего строительного бума, охватившего нашу страну за последнее десятилетие. Естественно, с каждым годом растет рынок строительных материалов и оборудования. Теплотехническое оборудование является одной из весомых статей затрат при строительстве индивидуального дома.

Параллельно с этим мы можем наблюдать неуклонное возрастание цен на энергоносители вообще и на природный газ в частности. Что заставляет владельцев жилья уделять все больше внимания эффективности систем отопления своих домов и стараться всячески уменьшить расход топлива, как во вновь строящихся, так и в уже существующих системах отопления.

Все эти факторы и послужили причиной бурного развития теплотехники за последнее время.

Однако не всегда модернизация системы отопления приносит желаемую экономию в расходе топлива, что в свою очередь служит причиной возникновения конфликтов между продавцом и покупателем теплотехнического оборудования.

Часто причиной ошибочных расчетов потребления газа теплогенерирующей установкой, служит не совсем четкое понимание физической сути коэффициента полезного действия котла.

Цель данного материала внести некоторую ясность в тот весьма интересный и актуальный вопрос.

Все тепло, получаемое в теплогенерирующей установке, при сжигании топлива распределяется на полезно используемое тепло (т.е. та часть тепла, которая идет непосредственно на нагрев помещения) и тепловые потери в окружающую среду. Естественно, что это полезно используемое тепло необходимо передать теплоносителю, и распределить по системе отопления.

На каждой из стадий производства, регулирования и распределения тепла неизбежны потери. Поэтому справедливо будет записать следующее равенство:

$$\eta_g = (\eta_p * \eta_d * \eta_e * \eta_c)$$

где:

η_g – общий коэффициент эффективности системы отопления

η_p - коэффициент эффективности теплогенерирующей установки

η_d - коэффициент эффективности распределения теплоты

η_e - коэффициент эффективности отопительных приборов

η_c - коэффициент эффективности регулятора системы

По европейским нормам, принято считать, что общий коэффициент эффективности системы отопления (η_g) не должен быть ниже определенного значения, которое вычисляется по формуле:

$$\eta_g = 65 + 3 \log(P_n)$$

где $\log(P_n)$ – является десятичным логарифмом от номинальной мощности котла.

Мощность котла выражается в кВт.

Для примера просчитаем минимально допустимый общий коэффициент эффективности для системы отопления, оборудованной котлом мощностью 23 кВт:

$$\begin{aligned} \eta_g &= 65 + 3 * \log(23); & \eta_g &= 65 + 3 * 1,362; \\ \eta_g &= 65 + 4,1; & \eta_g &= 69,1; \end{aligned}$$

Другими словами минимально допустимый общий коэффициент эффективности большинства систем отопления, оборудованными навесными котлами должен превышать 69,1 %

Давайте рассмотрим, как же вычисляется общий коэффициент эффективности системы отопления.

Из приведенного выше уравнения, очевидно, что снижение любого из коэффициентов эффективности приводит к снижению общего коэффициента эффективности системы отопления.

Наглядно это иллюстрируется графиком на Рис. 1. График дает представление, насколько зависит общий коэффициент эффективности системы отопления от каждого из множителей уравнения.

Эффективность η (%)

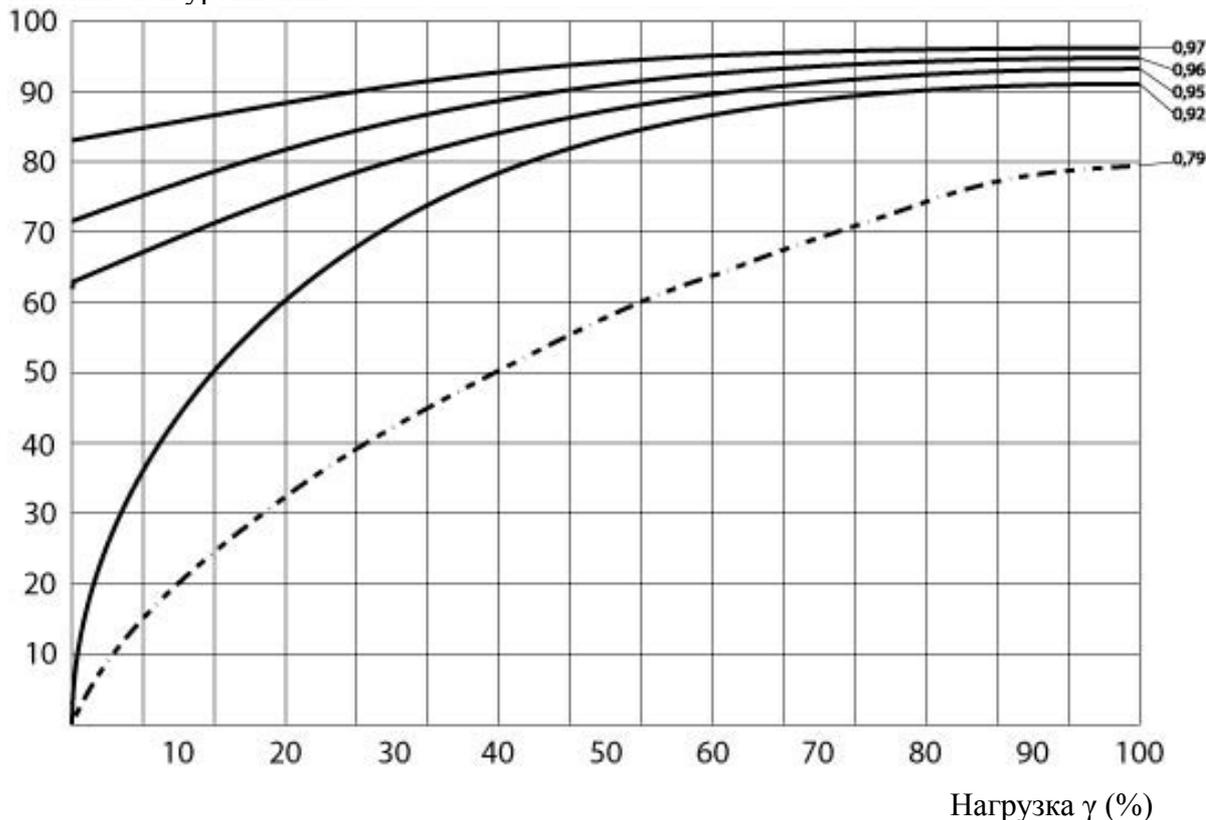


Рисунок 1 График эффективности системы отопления

Для примера:

Возьмем показатели современной системы отопления, спроектированной и собранной согласно всех норм и правил:

$\eta_p = 0,89$ - коэффициент эффективности теплогенерирующей установки

$\eta_d = 0,95$ - коэффициент эффективности распределения теплоты

$\eta_e = 0,96$ - коэффициент эффективности отопительных приборов

$\eta_c = 0,97$ - коэффициент эффективности регулятора системы

тогда общий коэффициент эффективности системы отопления будет:

$$\eta_g = (\eta_p * \eta_d * \eta_e * \eta_c) = 0,89 * 0,95 * 0,96 * 0,97 = 0,79$$

Как видно, наибольший коэффициент эффективности получается при 100% нагрузке системы отопления, т.е. при максимальной мощности теплогенерирующей установки, которая закладывается на минимальную температуру наружного воздуха в самый холодный период.

Так как средняя температура наружного воздуха за отопительный период значительно выше минимальной, то соответственно снижается и тепловая нагрузка отопительной системы, а, следовательно, и общий коэффициент эффективности системы. В среднем за отопительный период общая эффективность системы отопления может составлять порядка 40-50% от ее максимального значения. Для упрощения принято считать, что среднее значение общего коэффициента за отопительный период составляет 50% от ее значения при максимальной нагрузке.

Давайте рассмотрим, как изменяются составляющие общего коэффициента эффективности системы отопления.

1. Эффективность регулирования

$\eta_c=0,98$ эффективное терморегулирование

$\eta_c=0,93$ частичное терморегулирование

$\eta_c=0,85$ без терморегулирования

2. Эффективность отопительных приборов

$\eta_e=0,98$ конвекторы с принудительной циркуляцией воздуха

$\eta_e=0,97$ хорошо отрегулированные радиационные панели (напольное отопление)

$\eta_e=0,96$ хорошо отрегулированные радиаторы

3. Эффективность распределения

$\eta_d=0,95-0,96$ хорошо утепленные трубопроводы

$\eta_d=0,80-0,95$ плохо утепленные трубопроводы

$\eta_d=0,70-0,80$ неутепленные трубопроводы

4. Эффективность теплогенерирующей установки

$\eta_p=0,70-0,90$ в зависимости от типа котла, качества его настройки, размеров, мощности и т.д.

Хочется уделить некоторое внимание первому множителю: за последние несколько десятилетий наметился значительный прогресс в регулировании систем отопления. Этому способствовали как развитие схем управления системами отопления, так и усовершенствование материальной базы, что позволило значительно поднять эффективность процесса регулирования.

Так, если в середине шестидесятых преобладали схемы с качественным центральным регулированием (Рис. 2), то по мере развития стала все более заметна тенденция к местному количественному (рис. 3), и качественному (рис. 4) (современная система с использованием балансировочного вентиля и постоянным перепадом давления) методу регулирования.

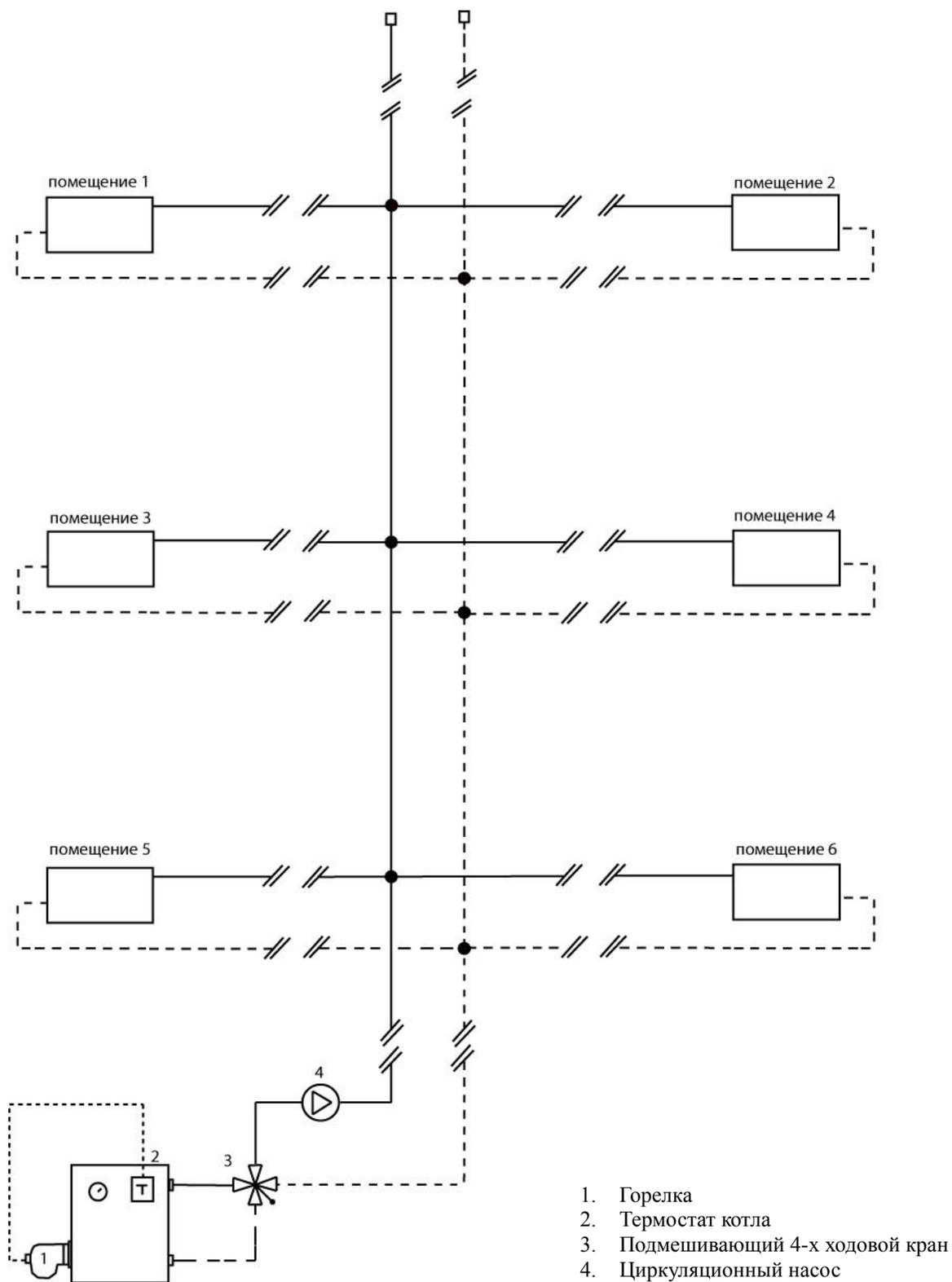


Рисунок 2 Схема типичной схемы отопления (60 годы)

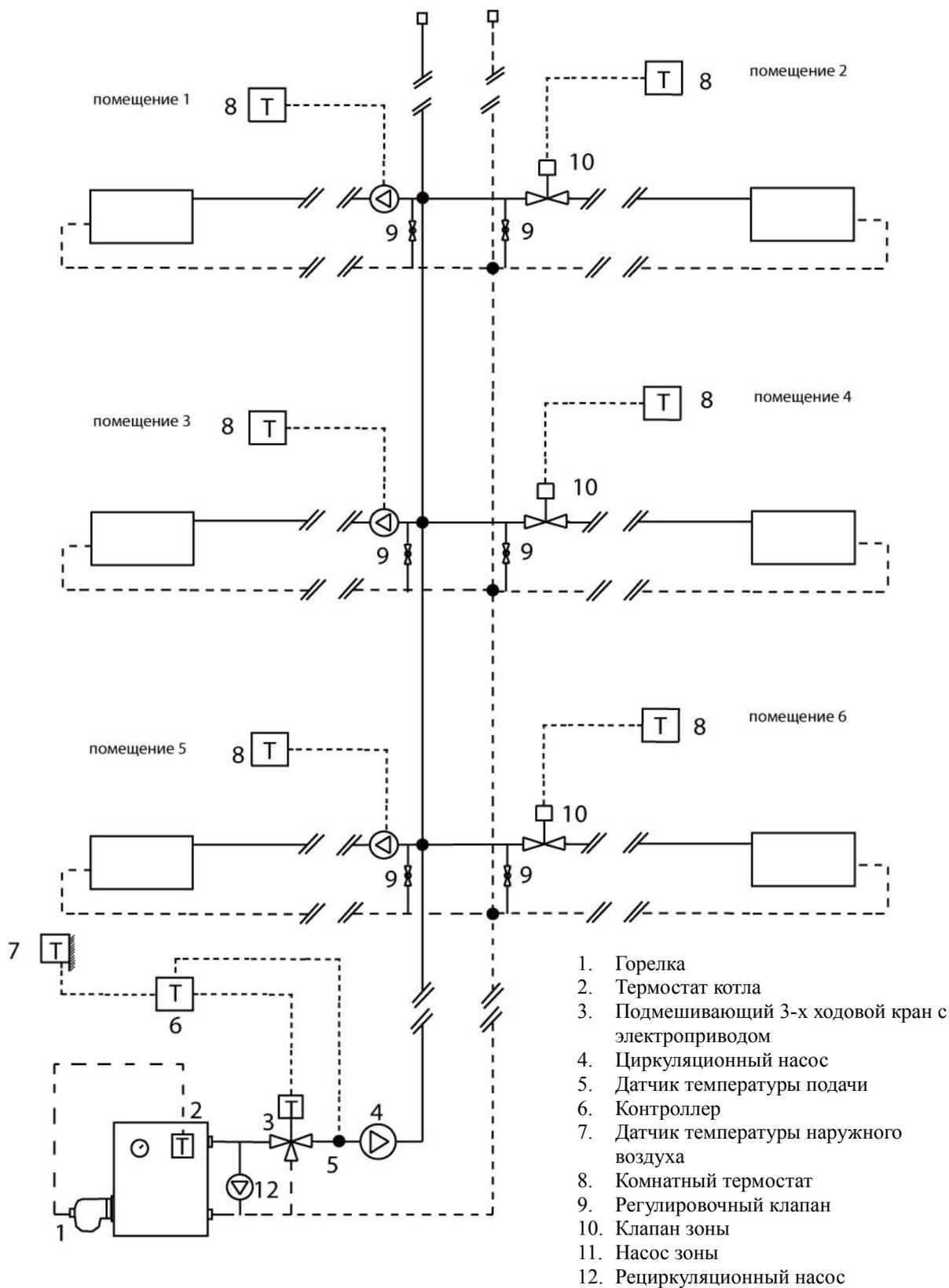


Рисунок 3 Схема типичной схемы отопления (70 годы)

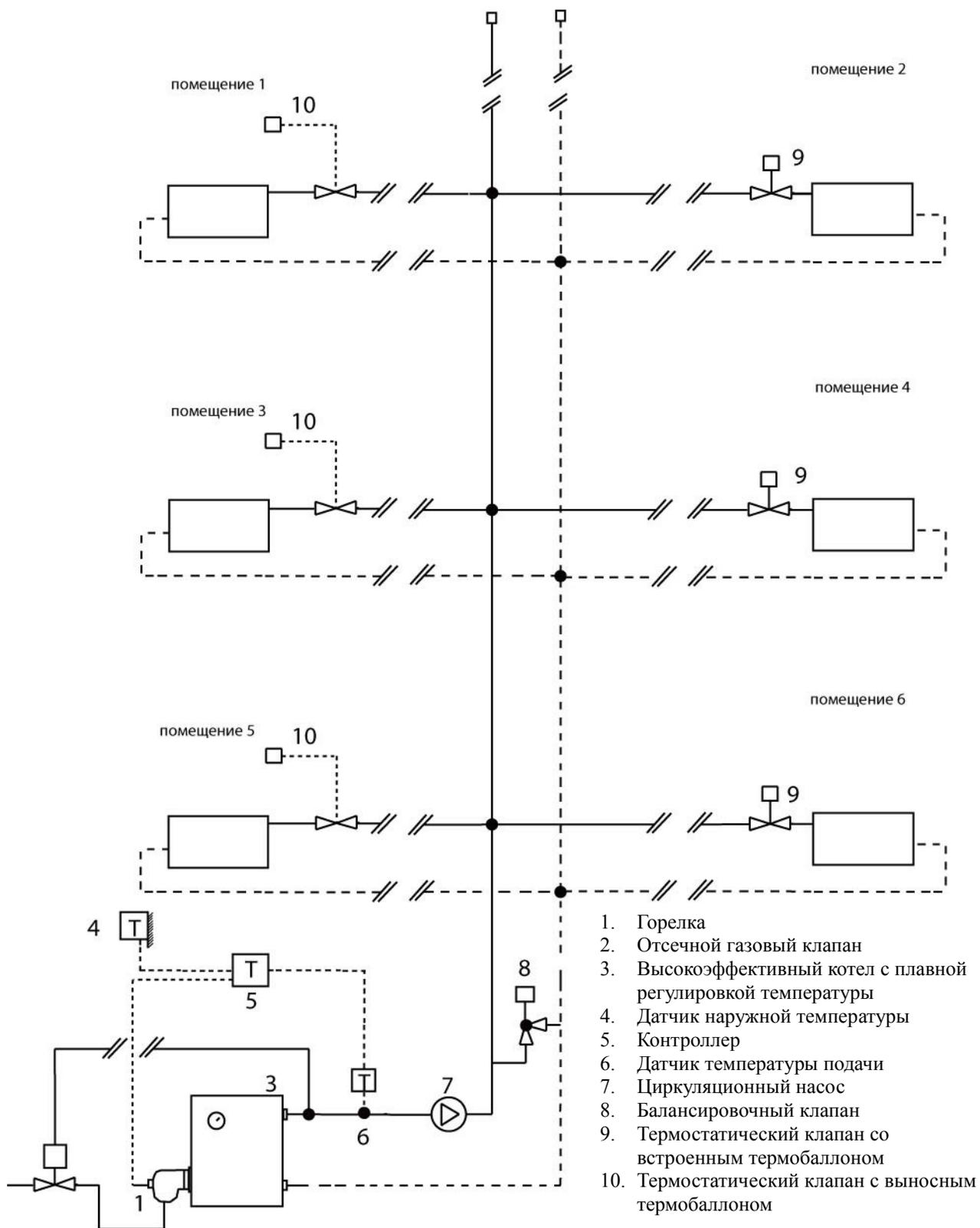


Рисунок 4 Схема типичной схемы отопления (современная)

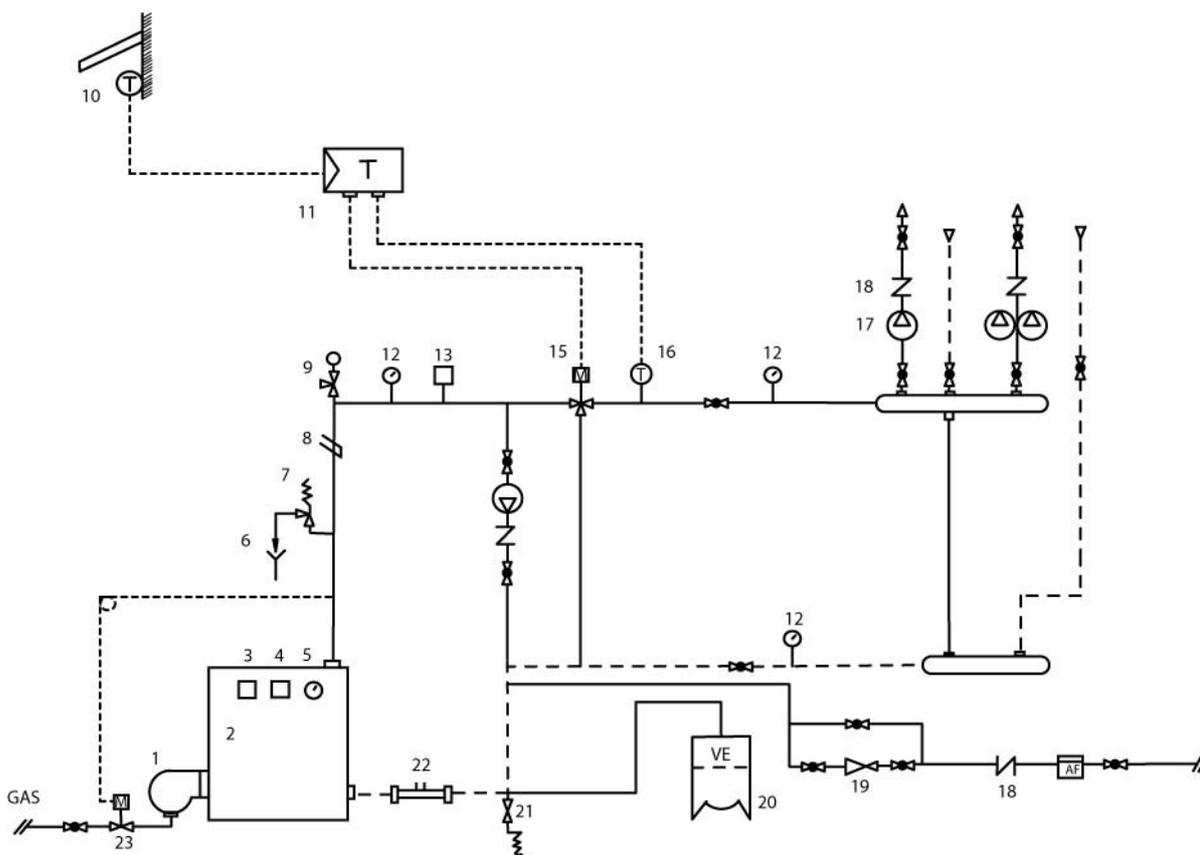
Пример анализа общего коэффициента эффективности системы отопления индивидуального дома

Для примера проанализируем изменение общего коэффициента эффективности (η_g) в случае индивидуального дома.

Здесь будет показано, как повышается эффективность системы при ее поэтапной модернизации. А также, что общий коэффициент эффективности зависит от всех четырех множителей $\eta_p, \eta_d, \eta_e, \eta_c$.

Для удобства будем считать, что схема котельной во всех четырех случаях неизменна.

Пример типичной схемы котельной индивидуального дома отображен на рисунке 5.



1. Горелка
2. Котел
3. Термостат котла
4. Термостат котла (предохранительный)
5. Термометр котла
6. Разрыв потока
7. Подрывной клапан
8. Гильза
9. Манометр (поверочный)
10. Датчик наружной температуры
11. Контроллер
12. Термометр
13. Манометр
14. Рециркуляционный насос
15. Подмешивающий трехходовой клапан
16. Датчик температуры подачи
17. Насос контура отопления
18. Обратный клапан
19. Редуктор давления
20. Расширительный бак
21. Сливной кран
22. Грязевик
23. Автоматический отсечной клапан

Рисунок 5 Схема обвязки котельной

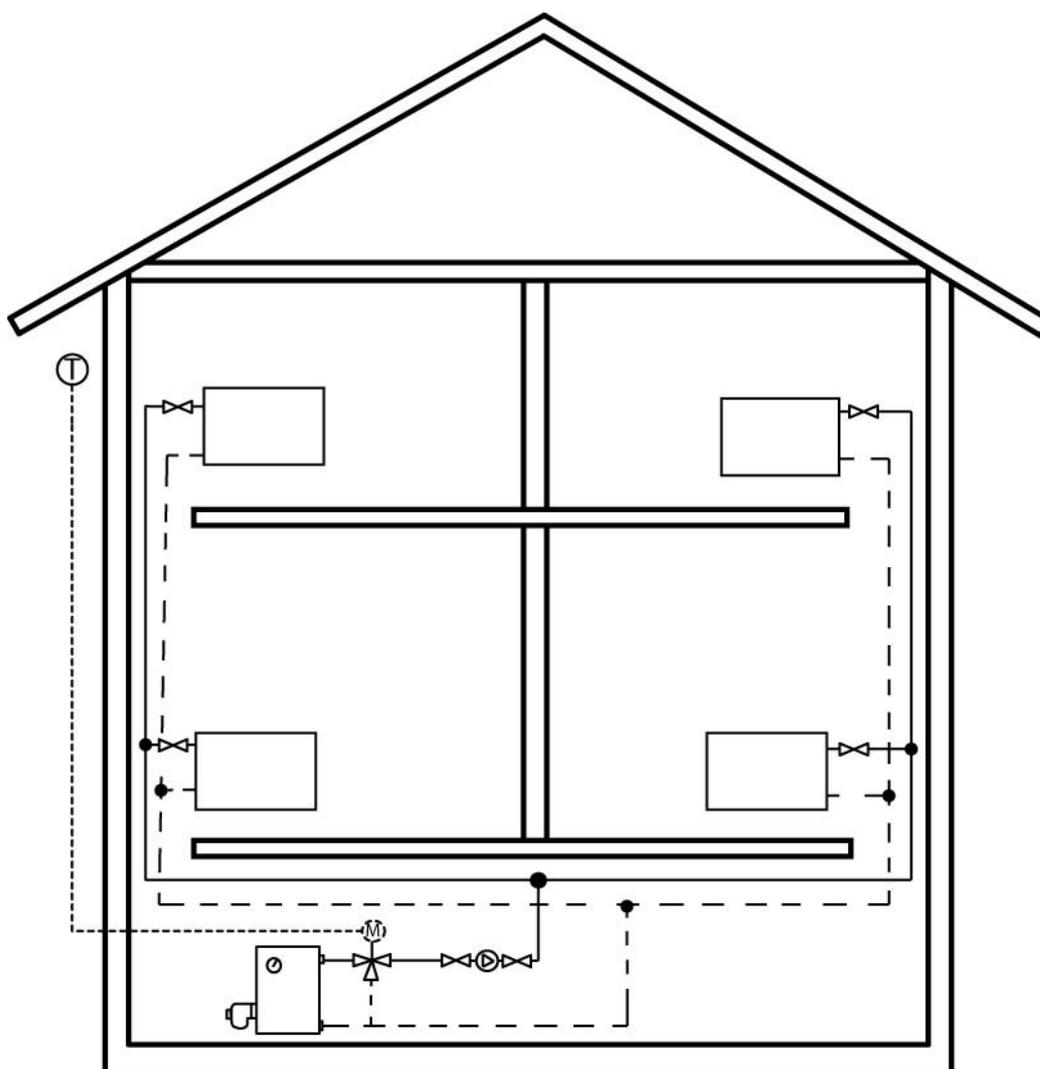


Рисунок 6 Пример 1

Эффективность регулирования η_c	0,84	<ul style="list-style-type: none"> • Затухание колебаний температуры • Датчик температуры наружного воздуха, управляющий трехходовым клапаном • Традиционные клапаны ручной регулировки на радиаторах
Эффективность отопительных приборов η_e	0,90	<ul style="list-style-type: none"> • Суммарная мощность радиаторов 16 кВт • Радиаторы установлены на стенах, без отражающих панелей • Средняя температура теплоносителя в радиаторах 80 °С
Эффективность распределения η_d	0,90	<ul style="list-style-type: none"> • Нижняя схема разводки по подвалу не изолирована • Трубопроводы не изолированы
Эффективность теплогенерирующей установки η_p	0,71	<ul style="list-style-type: none"> • Котел старого типа с завышенной мощностью (мощность=30 кВт) • Потери тепла через обшивку $P_d=4-5\%$ • Потери через дымоход, при выключенной горелке $P_{fbs}=1\%$ • Эффективность сгорания (при постоянной температуре) $\eta=84\%$
Общий коэффициент эффективности системы отопления $\eta_g = (\eta_p * \eta_d * \eta_e * \eta_c) = 0,48$		

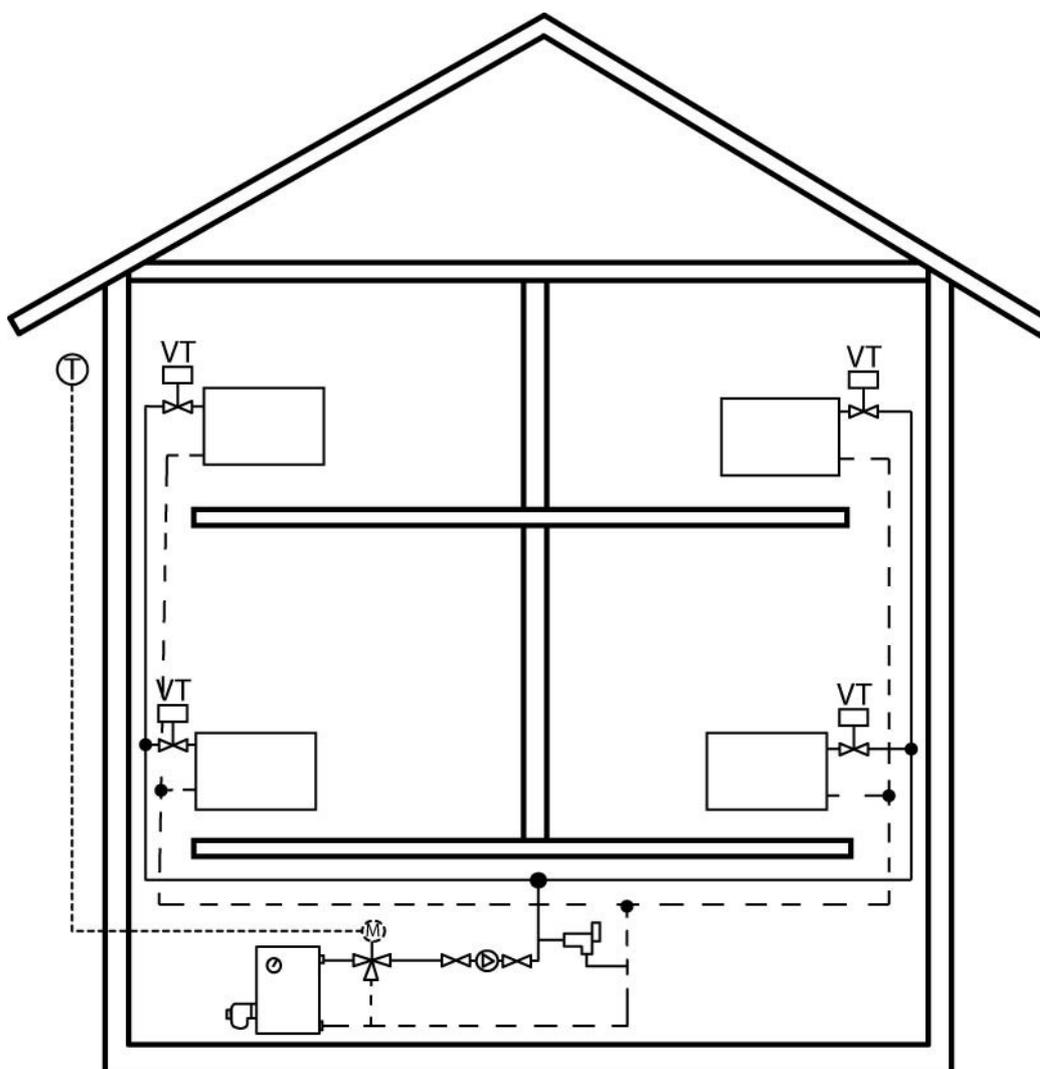


Рисунок 7 Пример 2 (По сравнению со схемой на рис.6 усовершенствовано регулирование системы)

Эффективность регулирования η_c	0,99	<ul style="list-style-type: none"> • Затухание колебаний температуры • Датчик температуры наружного воздуха, управляющий трехходовым клапаном • Термостатические клапаны на радиаторах (гистерезис 0,5-1 °С)
Эффективность отопительных приборов η_e	0,90	<ul style="list-style-type: none"> • Суммарная мощность радиаторов 16 кВт • Радиаторы установлены на стенах, без отражающих панелей • Средняя температура теплоносителя в радиаторах 80 °С
Эффективность распределения η_d	0,90	<ul style="list-style-type: none"> • Нижняя схема разводки по подвалу не изолирована • Трубопроводы не изолированы
Эффективность теплогенерирующей установки η_p	0,71	<ul style="list-style-type: none"> • Котел старого типа с завышенной мощностью (мощность=30 кВт) • Потери тепла через обшивку $P_d=4-5\%$ • Потери через дымоход, при выключенной горелке $P_{fbs}=1\%$ • Эффективность сгорания (при постоянной температуре) $\eta=84\%$
Общий коэффициент эффективности системы отопления $\eta_g = (\eta_p * \eta_d * \eta_e * \eta_c) = 0,57$		

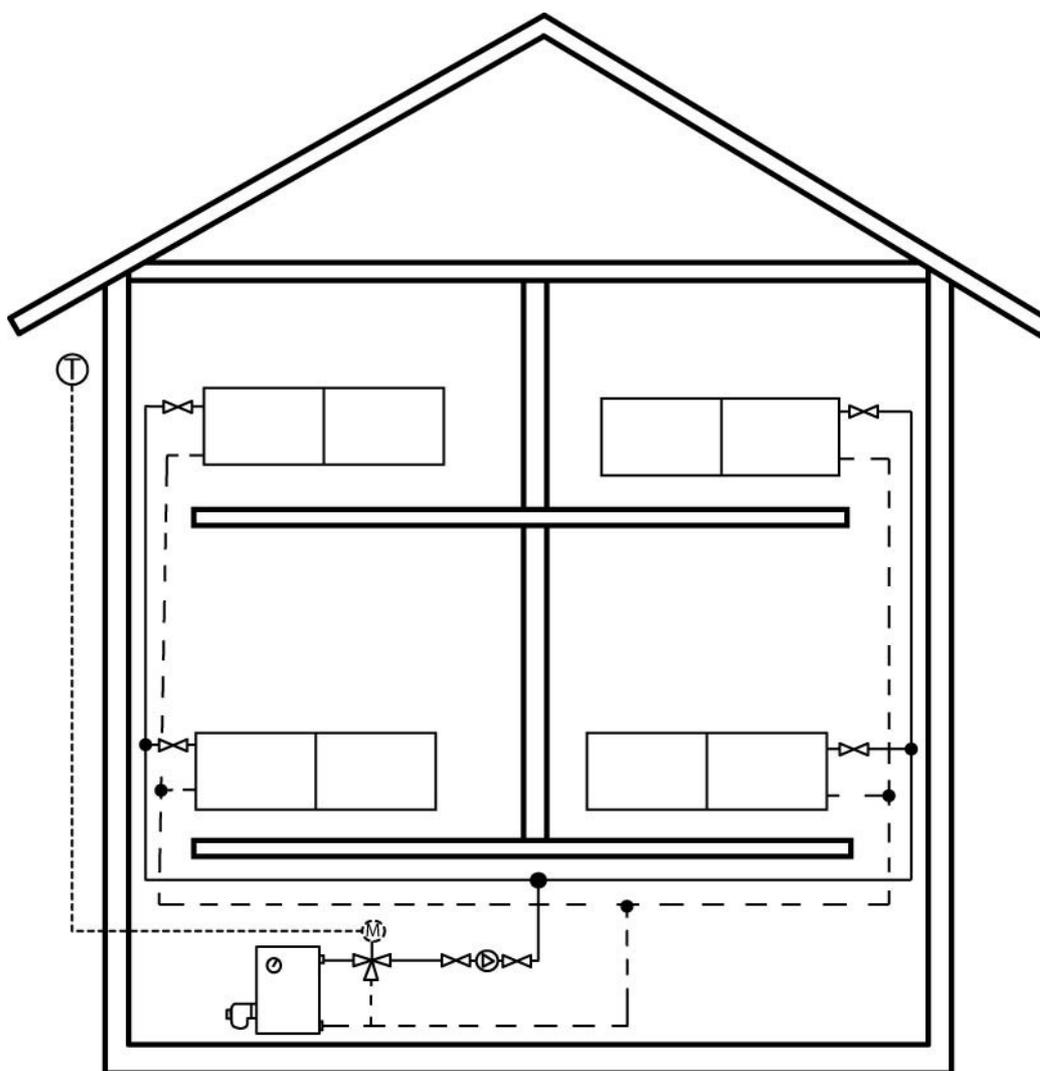


Рисунок 8 Пример 3(По сравнению со схемой на рис.6 усовершенствовано распределение тепла в системе)

Эффективность регулирования η_c	0,84	<ul style="list-style-type: none"> • Затухание колебаний температуры • Датчик температуры наружного воздуха, управляющий трехходовым клапаном • Традиционные клапаны ручной регулировки на радиаторах
Эффективность отопительных приборов η_e	0,99	<ul style="list-style-type: none"> • Суммарная мощность радиаторов 30 кВт (против 16 кВт) • За радиаторами, на стенах установлены отражающие панели • Средняя температура теплоносителя в радиаторах 60 °С (против 80 °С)
Эффективность распределения η_d	0,94	<ul style="list-style-type: none"> • Нижняя схема разводки по подвалу изолирована • Трубопроводы изолированы
Эффективность теплогенерирующей установки η_p	0,71	<ul style="list-style-type: none"> • Котел старого типа с завышенной мощностью (мощность=30 кВт) • Потери тепла через обшивку $P_d=4-5\%$ • Потери через дымоход, при выключенной горелке $P_{fbs}=1\%$ • Эффективность сгорания (при постоянной температуре) $\eta=84\%$
Общий коэффициент эффективности системы отопления $\eta_g = (\eta_p * \eta_d * \eta_e * \eta_c) = 0,55$		

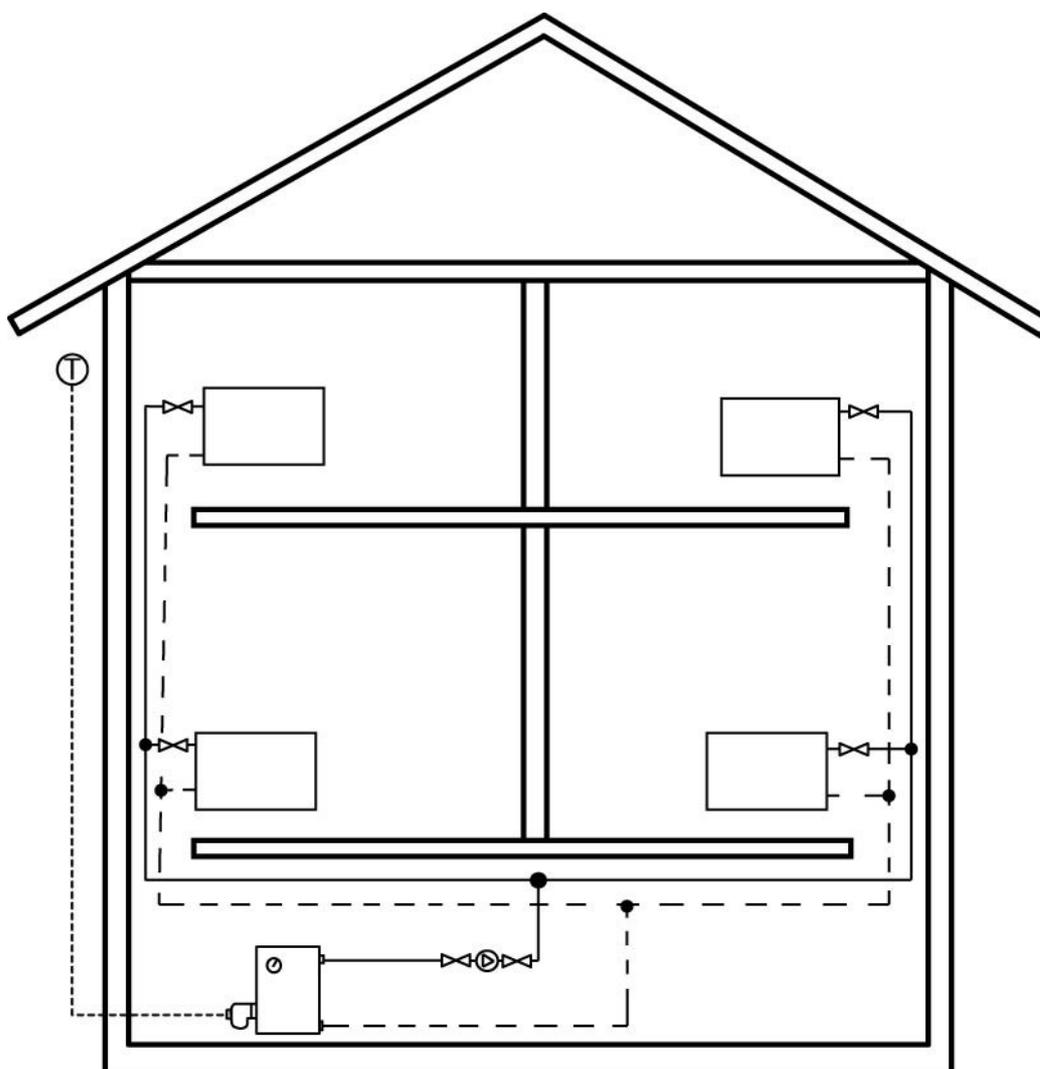


Рисунок 9 Пример 4 (По сравнению со схемой на рис.6 усовершенствовано производство тепла)

Эффективность регулирования η_c	0,84	<ul style="list-style-type: none"> • Затухание колебаний температуры • Датчик температуры наружного воздуха, управляющий трехходовым клапаном • Традиционные клапаны ручной регулировки на радиаторах
Эффективность отопительных приборов η_e	0,90	<ul style="list-style-type: none"> • Суммарная мощность радиаторов 16 кВт • Радиаторы установлены на стенах, без отражающих панелей • Средняя температура теплоносителя в радиаторах 80 °С
Эффективность распределения η_d	0,90	<ul style="list-style-type: none"> • Нижняя схема разводки по подвалу не изолирована • Трубопроводы не изолированы
Эффективность теплогенерирующей установки η_p	0,88	<ul style="list-style-type: none"> • Котел без завышения мощности 20 кВт (вместо 30 кВт) • Потери тепла через обшивку $P_d=0,9\%$ • Потери через дымоход, при выключенной горелке $P_{fb}=0,1\%$ • Эффективность сгорания (при постоянной температуре) $\eta=92\%$
Общий коэффициент эффективности системы отопления $\eta_g = (\eta_p * \eta_d * \eta_e * \eta_c) = 0,60$		

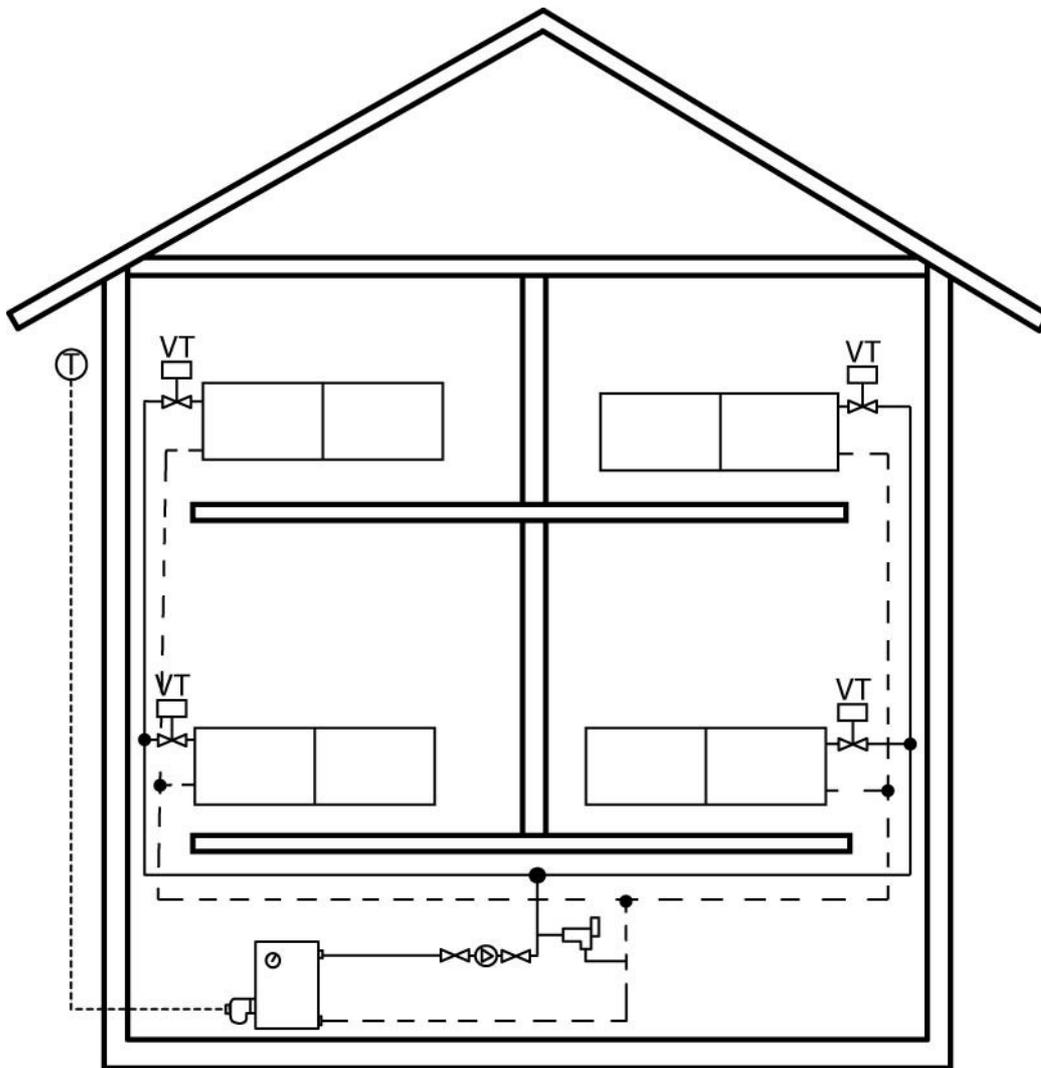


Рисунок 10 Пример 5 (По сравнению со схемой на рис.6 произведена комплексная модернизация системы отопления)

Эффективность регулирования η_c	0,99	<ul style="list-style-type: none"> Затухание колебаний температуры Датчик температуры наружного воздуха, управляющий трехходовым клапаном Термостатические клапаны на радиаторах (гистерезис 0,5-1 °С)
Эффективность отопительных приборов η_e	0,99	<ul style="list-style-type: none"> Суммарная мощность радиаторов 30 кВт (против 16 кВт) За радиаторами, на стенах установлены отражающие панели Средняя температура теплоносителя в радиаторах 60 °С (против 80 °С)
Эффективность распределения η_d	0,94	<ul style="list-style-type: none"> Нижняя схема разводки по подвалу изолирована Трубопроводы изолированы
Эффективность теплогенерирующей установки η_p	0,88	<ul style="list-style-type: none"> Котел без завышения мощности 20 кВт (вместо 30 кВт) Потери тепла через обшивку $P_d=0,9\%$ Потери через дымоход, при выключенной горелке $P_{ms}=0,1\%$ Эффективность сгорания (при постоянной температуре) $\eta=92\%$
Общий коэффициент эффективности системы отопления $\eta_g = (\eta_p * \eta_d * \eta_e * \eta_c) = 0,81$		

Как видно из приведенных выше примеров комплексная модернизация системы отопления, может привести к почти двукратному повышению общего коэффициента эффективности системы отопления ($\eta_g = 0,81$ против $\eta_g = 0,48$), а следовательно и к существенной экономии топлива.

Надеюсь, пример получился более чем наглядным. По средним оценкам, проведение подобной модернизации системы отопления, может окупиться за период порядка 6 лет, при действующих ценах на газ.

Денис Рындин,
главный инженер ЧП «Компания «Водная Техника»