ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Выражение для определения КПД ЦСТ может быть записано в следующем виде

$$\eta_{\text{цст}} = \frac{\sum Q_{\text{пол}}}{B_{\text{т}} Q_{\text{р}}^{\text{н}}},$$

где $\sum Q_{\text{пол}}$ - суммарная полезная теплота отапливаемых зданий;

$B_{\text{т}}$ – расход потребляемого топлива (секундный) в источнике энергоснабжения;

$Q_{\text{р}}^{\text{н}}$ – теплота сгорания топлива.

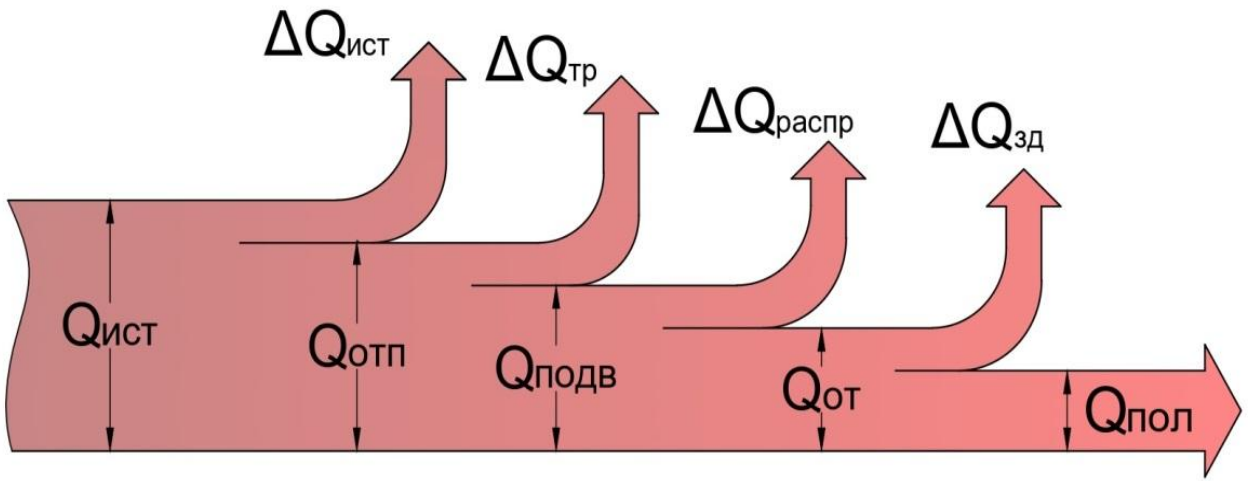
Централизованные системы теплоснабжения включают в себя три основных элемента, а именно источник энергии, транспортные коммуникации и энергопотребители (отапливаемые здания), то данный КПД целесообразно представить с учетом КПД отдельных элементов в следующем виде

$$\eta_{\text{цтс}} = \eta_{\text{ист}} \cdot \eta_{\text{тр}} \cdot \eta_{\text{расп}} \cdot \eta_{\text{зд}}$$

$\eta_{ист}$ – КПД источника теплоснабжения;
$\eta_{тр}$ – КПД транспортных коммуникаций;
$\eta_{расп}$ – КПД системы распределения (регулирования) тепловой энергии между отдельными потребителями;
$\eta_{зд}$ – осреднённое значение КПД зданий.

- Тепловые сети служат для **транспортировки** и **распределения** сетевой воды по абонентам. Для оценки эффективности этих задач вводятся два КПД, а именно $\eta_{тр}$ и $\eta_{расп}$.

Диаграмма распределения теплоты сжигаемого топлива на отдельные составляющие, характеризующие полезно-используемую теплоту и потери в структурных звеньях ЦСТ.



Балансовые уравнения ЦСТ

$$Q_{\text{отп}} = Q_{\text{ист}} - \Delta Q_{\text{ист}};$$
$$Q_{\text{подв}} = Q_{\text{отп}} - \Delta Q_{\text{тр}};$$
$$Q_{\text{от}} = Q_{\text{подв}} - \Delta Q_{\text{распр}};$$
$$Q_{\text{от}} = Q_{\text{пол}} + \Delta Q_{\text{зд}};$$
$$\Delta Q_{\text{зд}} = Q_{\text{огр}} + Q_{\text{изб}}\ .$$

- КПД жилого здания можно оценить, используя следующее соотношение

$$\eta_{\text{зд}} = \frac{Q_{\text{пол}}}{Q_{\text{от}}} = \frac{Q_{\text{пол}}}{Q_{\text{инф}} + Q_{\text{огр}}} = \frac{Q_{\text{пол}}}{Q_{\text{пол}} + Q_{\text{изб}} + Q_{\text{огр}}}\ .$$

Значения КПД для энергоэффективных зданий лежит в следующих пределах $\eta_{\text{зд}} = 0{,}6 - 0{,}95$, для зданий средней энергоэффективности $\eta_{\text{зд}} = 0{,}4 - 0{,}6$, для зданий низкой энергоэффективности $\eta_{\text{зд}} = 0{,}2 - 0{,}4$.

КПД, определяющий эффективность распределения подводимой от источника теплоты по отдельным абонентам $\boldsymbol{\eta}_{\text{расп}}$

- определяется как отношение суммарной отопительной нагрузки зданий $\sum Q_{\text{от}}$ к теплоте, подводимой к зданиям $Q_{\text{подв}}$, часть которой затрачивается на их переотапливание.

$$\eta_{\text{расп}} = \frac{\sum Q_{\text{от}}}{Q_{\text{подв}}}.$$

- Опыт эксплуатации систем централизованного теплоснабжения подтверждает тот факт, что $Q_{\text{подв}} \gg \sum Q_{\text{от}}$. Количество тепловой энергии на переотапливание при существующих системах распределения теплоты могут достигать 20-35 %.
- Таким образом, КПД распределения может находиться в следующих пределах $(\eta_{\text{расп}} = 0{,}65 - 0{,}8)$.

КПД транспортных коммуникаций

- характеризует утечки тепловой энергии при транспортировке теплоносителя по тепловым сетям от источника до потребителя. Количество тепловой энергии отпускаемой от источника $Q_{\text{ист}}$ с учетом потерь при транспортировке теплоносителя $\Delta Q_{\text{тр}}$ составит

$$Q_{\text{ист}} = Q_{\text{подв}} + \Delta Q_{\text{тр}}.$$

$$\eta_{\text{тр}} = \frac{Q_{\text{подв}}}{Q_{\text{ист}}}.$$

Нормативные потери теплоты при транспортировке теплоносителя по тепловым сетям составляют 7 %, фактические достигают 10-20%, поэтому значения данного КПД лежит в пределах $\eta_{\text{тр}} = 0{,}8 - 0{,}9$.

В качестве источника теплоснабжения коммунальных потребителей может использоваться водогрейная котельная или теплоэлектроцентраль (ТЭЦ), как источник электрической и тепловой энергии.

- КПД водогрейной котельной рассчитывается по следующей формуле

$$\eta_{\text{кот}} = \frac{Q_{\text{ист}}}{B_{\text{т}} Q_{\text{р}}^{\text{н}}}.$$

КПД ТЭЦ определяется как отношение вырабатываемой электрической и тепловой энергии к энергии сжигаемого топлива

$$\eta_{\text{тэц}} = \frac{Q_{\text{ист}} + N_{\text{э}}}{B_{\text{т}} Q_{\text{р}}^{\text{н}}},$$

где $N_{\text{э}}$ – вырабатываемая электрическая энергия;

$B_{\text{т}}$ – секундный расход топлива.

КПД современных крупных водогрейных котельных может достигать 75-85%, а КПД ТЭЦ (например, с противодавленческими турбинами) 80-85%.

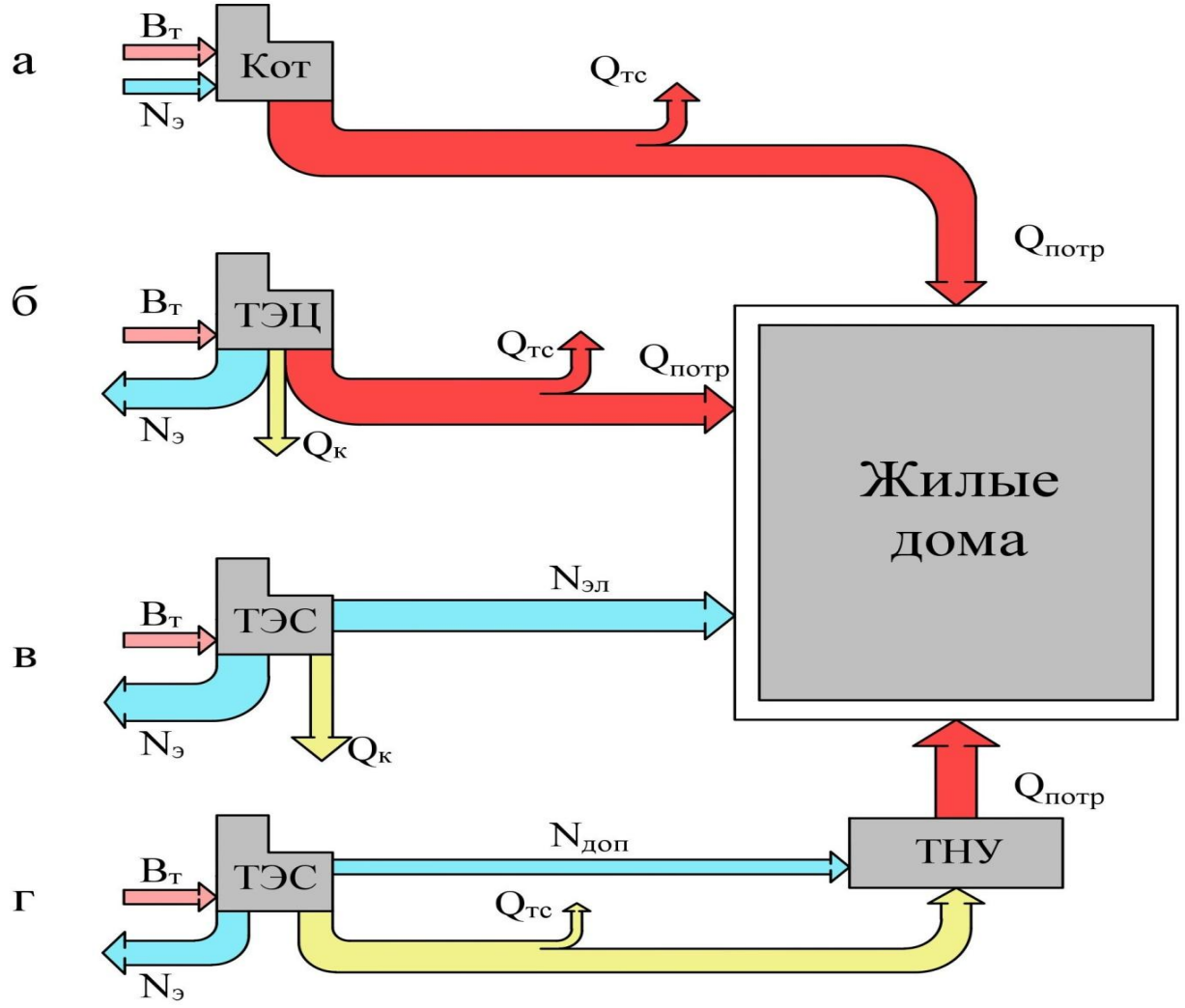
Расход потребляемого топлива в ЦСТ

- $$B_{\text{т}} = \frac{Q_{\text{пол}}}{Q_{\text{р}}^{\text{н}} \eta_{\text{ист}} \eta_{\text{тр}} \eta_{\text{рас}} \eta_{\text{зд}}}.$$

полученное уравнение позволяет провести комплексный анализ работы всей системы централизованного теплоснабжения с выявлением влияния эффективности её отдельных звеньев на КПД всей системы.

Для поддержания необходимой температуры в отапливаемых зданиях может использоваться не только тепловая, но и электрическая энергия. При применении ТНУ в системах отопления может быть использована и комбинированная энергия, представляющая совокупность низкотемпературного теплоносителя и электрической энергии. В таких схемах централизованного теплоснабжения формирование теплового потока должно осуществляться в ТНУ, устанавливаемого непосредственно в системах отопления зданий.

Схемы энергетических потоков используемых в ЦСТ, формируемых в различных источниках энергоснабжения

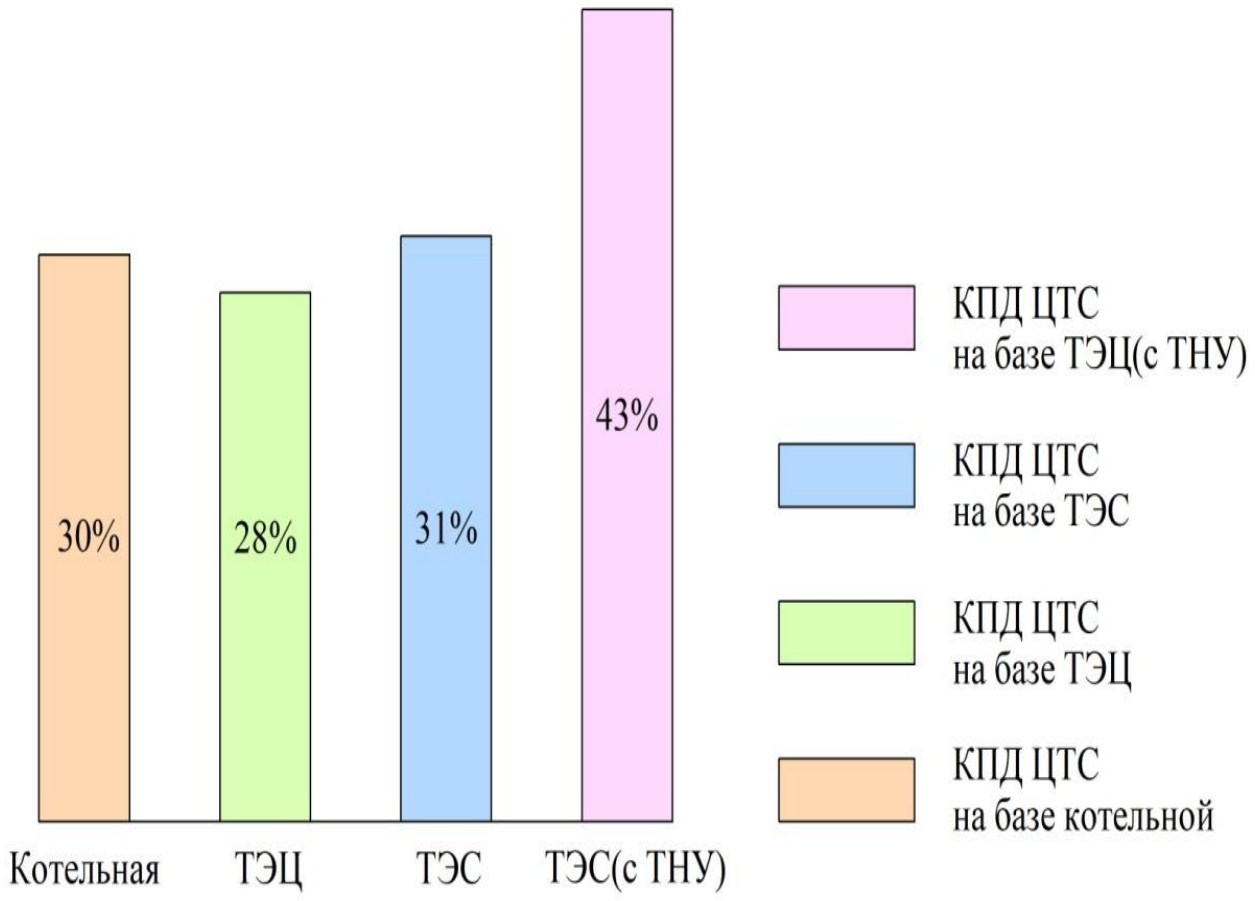


Результаты сравнения КПД ЦСТ при использовании в системах отопления тепловой, электрической и комбинированной энергии, генерируемой в различных источниках энергоснабжения

Тип источника энергоснабжения	Котельная	ТЭЦ	ТЭС ПГУ	ТЭС ПГУ (ТНУ)
Вид отпускаемой энергии	Тепловая (сетевая вода 150-110 °С) вариант-а	Тепловая (сетевая вода 150-110 °С) вариант-б	Электричес-кая энергия вариант-в	Низкотемпера-турный тепло-носитель и электр. энергия вариант-г
	0,6	0,6	0,6	0,6
	0,7	0,7	0,98	0,98
	0,9	0,9	0,95	0,93
	0,8	0,75	0,55	0,78
	0,302	0,283	0.307	0,426

различных видов

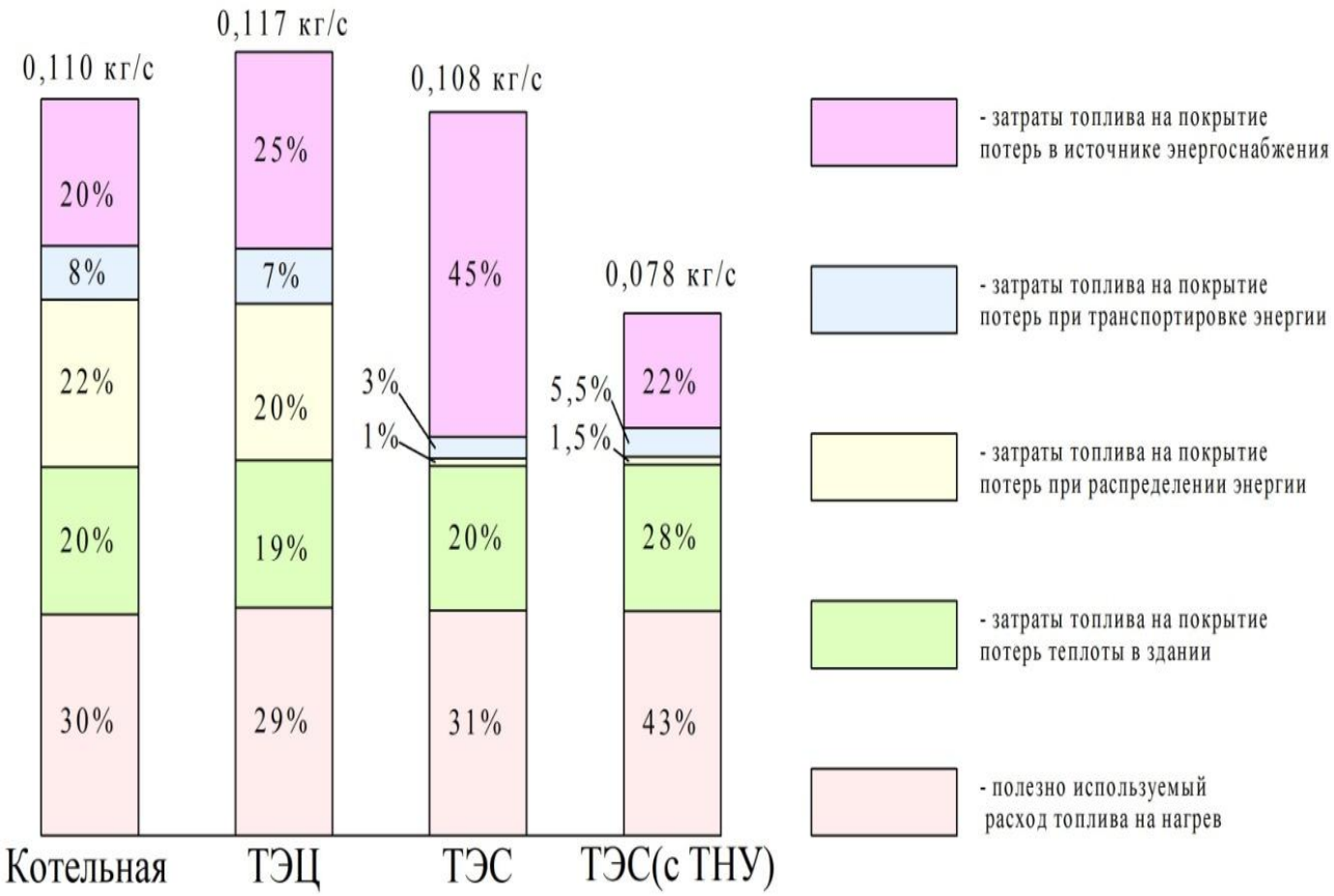
энергии, генерируемых в различных источниках теплоснабжения



Расходы топлива на выработку полезной теплоты (1000 кВт) и на покрытие потерь в ЦТС потребляемого в различных источниках теплоснабжения (кг/с)

	Котельная	ТЭЦ	ТЭС ПГУ	ТЭС ПГУ (ТНУ)
	0,110/100%	0,117/100%	0,108/100%	0,078/100%
	0,0333/30%	0,0333/29%	0,0333/31%	0,0333/43%
	0,0222/20%	0,0222/19%	0,0222/20%	0,0222/28%
	0,0238/22%	0,0238/20%	0,00113/1,0%	0,00113/1,5%
	0,0088/8%	0,0088/7%	0,00298/3%	0,0042/5,5%
	0,0219/20%	0,0289/25%	0,0486/45%	0,0171/22%

Сравнительная диаграмма расходов потребляемого топлива в различных источниках энергоснабжения



Как видно из приведенных диаграмм, при высоких значениях КПД водогрейных котельных, основной причиной снижающей эффективность всей системы, являются тепловые сети из-за потерь энергии при транспортировке и распределении теплоносителя по абонентам. В тоже время при сравнительно низких значениях КПД ТЭС, транспортировка электрической энергии по электрическим сетям и её распределение по абонентам сопровождается значительно меньшими потерями.

Использование в системах теплоснабжения низкотемпературной охлаждающей воды конденсаторов паровых турбин (как теплового отхода при производстве электрической энергии на ТЭС) наряду с вырабатываемой электрической энергией повышает эффективность работы всей системы теплоснабжения, с существенным сокращением расхода потребляемого топлива.