

2.3.2 Радиус эффективного теплоснабжения

2.3.2.1 Общие положения

Федеральным законом от 27 июля 2010 года № 190-ФЗ «О теплоснабжении» введено понятие радиуса эффективного теплоснабжения – максимальное расстояние от теплопотребляющей установки до ближайшего источника тепловой энергии в системе теплоснабжения, при превышении которого подключение теплопотребляющей установки к данной системе теплоснабжения нецелесообразно по причине увеличения совокупных расходов в системе теплоснабжения. Радиус теплоснабжения определяет границу зоны действия источника тепла и должен включаться в схему теплоснабжения как ее обязательный параметр.

Радиус эффективного теплоснабжения позволяет определить условия, при которых подключение новых или увеличивающихся тепловую нагрузку теплопотребляющих установок к системе теплоснабжения нецелесообразно вследствие увеличения совокупных расходов в указанной системе на единицу тепловой мощности, определяемой для зоны действия каждого источника тепловой энергии.

Вопросы с использованием понятия «радиус эффективного теплоснабжения» в схемах теплоснабжения наиболее возникают в трех случаях:

1. При определении фактического (сложившегося) радиуса теплоснабжения в зоне действия источника тепловой мощности и сравнении его с РЭТ.

2. При определении возможности расширения зоны действия источника тепловой мощности, с целью обеспечения новых потребителей, планируемых к строительству вне существующей зоны действия источника.

3. При оценке эффектов, возникающих при принятии решения о перераспределении тепловой нагрузки между источниками, с пересекающимися (или вложенными) зонами действия.

Задачи первого класса решаются с целью выбора дальнейшей стратегии о возможной трансформации зоны действия существующего источника тепловой мощности (ее сокращении или расширении в зависимости от «совокупных затрат в системе теплоснабжения»).

Задачи второго класса утилитарно устанавливают прямое решение задачи о возможности расширения зоны действия источника тепловой мощности и ограничений этих действия путем сравнения с РЭТ.

Задачи третьего класса обеспечивают наличие информационной базы, необходимой для принятия решения о возможном перераспределении тепловой нагрузки с целью снижения совокупных затрат в системе теплоснабжения.

В системах централизованного теплоснабжения имеются затраты на перекачку теплоносителя, компенсацию потерь в тепловых сетях и иные затраты, зависящие от конфигурации системы. Конфигурация, в свою очередь, характеризуется следующими показателями: – степенью разветвленности сетей; – плотностью тепловой нагрузки потребителей; – протяженностью и материальной характеристикой сетей; – фактическим уровнем потерь энергии. Таким образом, зона эффективного теплоснабжения от источника не безгранична. Ключевой задачей для оценки эффективности теплоснабжения потребителей в данном случае является нахождение границы централизованного теплоснабжения, в зоне которой оно будет эффективнее.

Наиболее корректно говорить о радиусе эффективного теплоснабжения как о максимальной дальности транспорта теплоты от источника до потребителя тепловой энергии, зависящей от наличия или отсутствия резервов пропускной способности существующих тепловых сетей и резервов тепловой мощности на источнике, а также от прогнозируемой конфигурации тепловой нагрузки относительно места расположения источника тепловой энергии и плотности тепловой нагрузки. Максимальная дальность транспорта тепловой энергии, характеризуемая минимумом совокупных затрат, существенным образом зависит от места подключения новой нагрузки к существующей тепловой сети и может быть различной для каждого направления вывода тепловой мощности.

2.3.2.2. Методика расчета эффективного радиуса теплоснабжения

Для анализа эффективности централизованного теплоснабжения используем следующие симплексы:

- удельная материальная характеристика тепловой сети (μ);

- удельная длина тепловой сети в зоне действия источника теплоты (λ).

Удельная материальная характеристика тепловой сети (μ) представляет собой отношение материальной характеристики тепловой сети, образующей зону действия источника теплоты, к присоединенной к этой тепловой сети тепловой нагрузке.

$$\mu = M/Q_{\text{сумм}} \quad (\text{м}^2/\text{Гкал}/\text{ч})$$

M – материальная характеристика тепловой сети, (м^2);

$Q_{\text{сумм}}$ – суммарная тепловая нагрузка в зоне действия источника теплоты (тепловой мощности), присоединенная к тепловым сетям этого источника ($\text{Гкал}/\text{ч}$);

Удельная длина тепловой сети – это отношение протяженности трассы тепловой сети к присоединенной к этой тепловой сети тепловой нагрузке.

$$\lambda = L/Q_{\text{сумм}} \quad (\text{м}/\text{Гкал}/\text{ч})$$

L – суммарная длина трубопроводов тепловой сети, образующей зону действия источника теплоты, (м).

$Q_{\text{сумм}}$ – суммарная тепловая нагрузка в зоне действия источника теплоты (тепловой мощности), присоединенная к тепловым сетям этого источника ($\text{Гкал}/\text{ч}$);

Связь между удельной материальной характеристикой μ и удельной протяженностью теплотрассы λ устанавливается при помощи среднего диаметра тепловой сети в зоне действия источника теплоты $d_{\text{ср}}$ (м):

$$\mu = \lambda \cdot d_{\text{ср}}$$

Эти два параметра отражают основное правило построения системы централизованного теплоснабжения – удельная материальная характеристика всегда меньше там, где высока плотность тепловой нагрузки. А если принять во внимание, что сама материальная характеристика – это аналог затрат, а присоединенная тепловая нагрузка – аналог эффектов, то чем меньше удельная материальная характеристика, тем результативней процесс централизованного теплоснабжения.

С точки зрения транспорта тепловой энергии каждая точечная тепловая нагрузка характеризуется двумя величинами:

- расчетной тепловой нагрузкой $Q_{\text{р}}$;

- расстоянием от источника тепла до точки ее присоединения, принятой по трассе тепловой сети (по вектору расстояния от точки до точки) $l_{\text{р}}$.

Произведение этих величин названо моментом тепловой нагрузки относительно источника теплоснабжения ($Z_{\text{р}}$):

$$Z_{\text{р}} = Q_{\text{р}} \times l_{\text{р}} \quad (\text{Гкал.м}/\text{ч})$$

Чем больше величина этого момента, тем больше должна быть и материальная характеристика теплотрассы, соединяющей источник теплоснабжения с точкой приложения тепловой нагрузки, причем материальная характеристика растет в зависимости от роста момента не прямо пропорционально, а в соответствии с известным степенным законом $Z_{\text{р}} \rightarrow Q_{\text{р}}^{0,38}$. Для тепловых сетей с количеством абонентов больше единицы характерной является величина суммы моментов тепловых нагрузок ($Z_{\text{т}}$):

$$Z_{\text{т}} = \sum Z_{\text{р}} = \sum (Q_{\text{р}} \times l_{\text{р}}) \quad (\text{Гкал.м}/\text{ч})$$

Эта величина названа теоретическим оборотом тепла для заданного расположения абонентов относительно источника теплоснабжения.

Отношение оборота тепла ($Z_{\text{т}}$) к суммарной тепловой нагрузке всех потребителей ($Q_{\text{сумм}}$) характеризует собой среднюю удаленность потребителей от источника теплоснабжения. Эту величину принято называть Средним радиусом теплоснабжения ($R_{\text{ср}}$):

$$R_{\text{ср}} = Z_{\text{т}}/Q_{\text{сумм}} \quad (\text{м})$$

Максимальный фактический радиус теплоснабжения схемы определяется по самому удаленному вектору.

Для определения эффективности системы теплоснабжения введен еще один удельный показатель: Удельный оборот тепла на единицу длины тепловых сетей ($z_{\text{ср}}$):

$$z_{\text{ср}} = Z_{\text{т}}/\sum l_{\text{р}} = \sum (Q_{\text{р}} \cdot l_{\text{р}})/\sum l_{\text{р}} \quad (\text{Гкал}/\text{ч})$$

По определению, удельный оборот тепла – отношение оборота тепла к суммарной длине всех векторов, соединяющих точки присоединения потребителей с источником системы теплоснабжения. Все вышеприведенные величины характеризуют систему теплоснабжения без конкретно выбранной трассы тепловой сети и определяют только позицию источника теплоснабжения относительно планирующихся (или действующих абонентов). Если допустить, что выполнен выбор трассы тепловой сети и ее конфигурации, то можно также конкретизировать расчет оборота тепла, приняв в качестве длин, соединяющих источник теплоснабжения с конкретным потребителем, расстояние по трассе. Как так это расстояние всегда больше, чем вектор, то оборот тепла по конкретной трассе ($Z_{\text{т}}$) всегда больше теоретического оборота тепла ($Z_{\text{т}}$). Безразмерное отношение этих двух значений оборотов тепла называется Коэффициентом конфигурации тепловых сетей (χ):

$$\chi = Z_{\text{т}}/Z_{\text{т}} = \sum (Q_{\text{р}} \cdot l_{\text{р}})/\sum (Q_{\text{р}} \cdot l_{\text{р}})$$

Значение этого коэффициента всегда больше единицы. Эта величина характеризует излишний транзит тепла в тепловых сетях, связанный с выбором трассы. Чем выше значение коэффициента конфигурации тепловой сети χ , тем, в известных пределах, больше материальная характеристика тепловой сети по сравнению с теоретически необходимым минимумом.

Таким образом, Коэффициент конфигурации тепловых сетей (χ), в известной мере, характеризует правильность выбора трассы для радиальной тепловой сети без ее резервирования, и показывает, насколько экономно при проектировании выбрана трасса.

Значения коэффициента конфигурации (χ) порядка 1,2÷1,25 уже близки к оптимальным, т.е. соответствующим минимальному значению удельной материальной характеристики тепловой сети. С другой стороны (если не считать необходимого резервирования), значения $\chi=1,4÷1,5$ свидетельствуют об излишнем транзите тепла в сетях и завышенной материальной характеристике.

Оптимальный радиус теплоснабжения определяется из условия минимума выражения для «удельных стоимостей сооружения тепловых сетей и источника»:

$$S = A + Z \rightarrow \min \quad (\text{руб.}/\text{Гкал}/\text{ч}),$$

A – удельная стоимость сооружения тепловой сети, $\text{руб.}/\text{Гкал}/\text{ч}$;

Z – удельная стоимость сооружения котельной, $\text{руб.}/\text{Гкал}/\text{ч}$.

Рекомендуется использовать следующие аналитические выражения для связи себестоимости производства и транспорта теплоты с радиусом теплоснабжения (не средним, а максимальным радиусом):

$$A = 1050R^{0,48} \cdot B^{0,26} \cdot s / (\Pi^{0,62} \cdot H^{0,19} \cdot \Delta t^{0,38}) \quad \text{руб.}/\text{Гкал}/\text{ч}$$

$$Z = a/3 + 30 \cdot 106\phi / (R^2 \cdot \Pi) \quad \text{руб.}/\text{Гкал}/\text{ч}$$

R – радиус действия тепловой сети (длина главной тепловой магистрали самого протяженного вывода от источника), км ;

B – среднее число абонентов на 1 км^2 ;

s – удельная стоимость материальной характеристики тепловой сети, $\text{руб.}/\text{м}^2$;

Π – теплоплотность района, $\text{Гкал}/\text{ч.км}^2$;

H – потеря напора на трение при транспорте теплоносителя по главной тепловой магистрали, м вод.ст. ;

Δt – расчетный перепад температур теплоносителя в тепловой сети, $^{\circ}\text{C}$;

a – постоянная часть удельной начальной стоимости котельной, $\text{руб.}/\text{МВт}$;

ϕ – поправочный коэффициент, зависящий от постоянной части расходов на сооружение котельной.

С учетом уточненных эмпирических коэффициентов связь между удельными затратами на производство и транспорт тепловой энергии с максимальным радиусом теплоснабжения определялась по следующей полуэмпирической зависимости, выраженной формулой:

$$R_{\text{опт}} = (140/s^{0,4}) \cdot \phi^{0,4} \cdot (1/B^{0,1}) \cdot (\Delta t/\Pi)^{0,15}$$

По полученной формуле определен эффективный радиус теплоснабжения для каждой котельной Арамилского городского округа. Результаты расчетов приведены в таблице 31.

Таблица 31

Результаты расчета эффективного радиуса теплоснабжения

Источник	Котельная № 1 (п. Светлый, 56)	Котельная № 2 (г. Арамил, ул. Станционная, 12-Б)	Объединение зон теплоснабжения Котельных № 1, 2	Котельная № 5 (г. Арамил, ул. Октябрьская, 164)	Котельная № 6 (г. Арамил, ул. Лесная, 13-А)	Котельная № 7 (г. Арамил, ул. Мира, 6-А/2)	Котельная № 8 (г. Арамил, ул. 1 Мая 79-б)	Котельная № 11 (г. Арамил, ул. Ломоносова, 4Б)	Котельная АО «ААРЗ» (г. Арамил, ул. Гарнизон)	Котельная № 3 (г. Арамил)
Суммарная присоединенная тепловая нагрузка $Q_{\text{сумм}}$ ($\text{Гкал}/\text{ч}$)	3,27	2,74	6,01	7,29	6,18	1,47	13,69	0,72	3,29	0,395
Протяженность тепловых сетей L (м)	2336	2229	4853	7007	3054	537	4373	657	1762	200
Удельная материальная характеристика μ	1,5	1,7	1,6	2	2,1	1,5	1,5	1,3	1,5	1,3
Удельная длина тепловых сетей λ ($\text{м}/\text{Гкал}/\text{ч}$)	714,4	813,5	807,5	961,2	494,2	365,3	319,4	912,5	535,6	93,023
Оборот тепла $Z_{\text{с}}$ ($\text{Гкал.м}/\text{ч}$)	2552,6	3757,5	6754,1	11797,4	5122,6	289,4	8115,4	319,4	3026,8	259,6
Теоретический оборот тепла $Z_{\text{т}}$ ($\text{Гкал.м}/\text{ч}$)	1465,6	2585	4860,6	7710,6	2549,6	224,4	6383	169,7	1781,2	206,2
Средний радиус теплоснабжения $R_{\text{ср}}$ (м)	448,2	943,4	808,8	1057,7	412,6	152,7	466,3	235,7	541,4	522,0
Максимальный фактический радиус теплоснабжения $R_{\text{макс}}$ (м)	780,6	1371,4	1123,8	1618,3	828,9	196,9	592,8	443,6	920,0	657,2
Коэффициент конфигурации тепловых сетей (χ)	1,74	1,45	1,39	1,53	2,01	1,29	1,27	1,88	1,70	1,26
Радиус эффективного теплоснабжения, $R_{\text{эф}}$ (км)	0,546	0,641	1,118	1,038	0,588	0,275	0,633	0,524	0,776	0,672

2.3.3 Существующие и технические ограничения на использование установленной тепловой мощности и значения располагаемой мощности основного оборудования источников тепловой энергии

Предписание надзорных органов по запрещению дальнейшей эксплуатации источников тепловой энергии – отсутствуют.

Таблица 32

Существующие значения установленной тепловой мощности основного оборудования источников тепловой энергии.

№ п/п	Источник ТЭ (Адрес)	Кадастровый № земельного участка/ Кадастровый № здания	Эксплуатирующая организация	Установленная мощность котельной (МВт)
1	Котельная № 1 (п. Светлый, 56)	66:33:0401001:199/66:25:0000000:3490	АО «Регионгаз-инвест»	4,58
2	Котельная № 2 Арамил, ул. Станционная, 12-Б)	66:33:0401001:198/66:25:0000000:3493	АО «Регионгаз-инвест»	7,2
3	Котельная № 3 (ул. Садовая, 10В, г. Арамил)	66:33:0101002:2734	АО «Регионгаз-инвест»	2,5
4	Котельная № 5 (г. Арамил, ул. Октябрьская, 164)	66:33:0101012:360/66:33:0000000:368	АО «Регионгаз-инвест»	14,0
5	Котельная № 6 (г. Арамил, ул. Лесная, 13-А)	66:33:0101002:1822/66:33:0101002:1058	АО «Регионгаз-инвест»	12,0
6	Котельная № 7 (г. Арамил, ул. Мира, 6-А/2)	66:33:0101007:557/66:33:0000000:432	АО «Регионгаз-инвест»	1,8
7	Котельная № 8 (г. Арамил, ул. 1 Мая, 79-б)	66:33:0101009:167/66:33:0000000:492	АО «Регионгаз-инвест»	19,0
8	Котельная № 9 (ул. Космонавтов 7-1, г. Арамил)	66:33:0101003:1647/	МУП «Арамил-Тепло»	1,8
8	Котельная АО «ААРЗ» (г. Арамил, Гарнизон)		АО «ААРЗ»	17,6
	Котельная № 10 (п. Арамил, ул. Свердлова, 8)		АО «Регионгаз-инвест»	0,07
9	Котельная № 11 (п. Арамил, ул. Ломоносова, 4Б)	66:33:0201001:442/66:25:0000000:7401	АО «Регионгаз-инвест»	1,0

2.3.4 Существующие затраты тепловой мощности на собственные нужды теплоснабжающей организации в отношении источников тепловой энергии.

Таблица 33

Существующие затраты тепловой мощности на собственные нужды источников тепловой энергии

№ п/п	Наименование источника	Затраты на собственные нужды за 2019 (тыс. Гкал)
1	Котельная № 1 (п. Светлый, 56)	0,183
2	Котельная № 2 Арамил, ул. Станционная, 12-Б)	0,233
3	Котельная № 11 п. Арамил, л. Ломоносова, 4Б)	0,043
4	Котельная № 5 (г. Арамил, ул. Октябрьская, 164)	1,511
5	Котельная № 6 (г. Арамил, ул. Лесная, 13-А)	0,342
6	Котельная № 7 (г. Арамил, ул. Мира, 6-А/2)	0,076
7	Котельная № 8 (г. Арамил, ул. 1 Мая 79-б)	0,568

2.3.5 Значения существующих потерь тепловой энергии при ее передаче по тепловым сетям, включая потери тепловой энергии в тепловых сетях теплопередачей через теплоизоляционные конструкции теплотрасс и потери теплоносителя.

Значения существующих потерь тепловой энергии при ее передаче по тепловым сетям, включая потери тепловой энергии в тепловых сетях теплопередачей через теплоизоляционные конструкции теплотрасс и потери теплоносителя.

Значения существующей и перспективной резервной тепловой мощности источников тепловой энергии, в том числе источников тепловой энергии принадлежащих потребителям и источников тепловой энергии теплоснабжающих организаций, с выделением значений аварийного резерва и резерва по договорам на поддержания резервной тепловой мощности.

Резервные источники отсутствуют.

2.3.7 Существующие балансы тепловой мощности и тепловой нагрузки раздельно по тепловой энергии в горячей воде

Таблица 34