

Система оценки качества работы сложной теплоэнергетической системы крупного города

А.Б. Богданов, начальник департамента перспективного развития АК «Омскэнерго»

Результаты количественной оценки качества работы системы теплоснабжения за отопительный сезон могут являться основным материалом для разработки технических и организационных мероприятий, направленных на повышение уровня эксплуатации систем теплоснабжения в целом по теплоэнергетическому комплексу города (по энергетической системе и в целом по региону), а так же для организации системы премирования персонала, управляющего работой теплоэнергетического комплекса.

Цель и назначение:

- произвести качественную оценку состояния систем централизованного теплоснабжения крупного города;
- обеспечить разработку организационных и технических мероприятий по сокращению удельного потребления топлива на одного жителя;
- дать пояснение о назначении и необходимости соблюдения качественных параметров при теплоснабжении от теплоисточника и потребителей тепловой энергии. Сформулировать требования к надежности теплоснабжения;
- дать предложения по оценке качества при нарушениях, отклонениях в работе системы теплоснабжения;
- определить перечень организаций, подразделений, предприятий, ответственных за выполнение нормативных требований эксплуатации, режимов теплоснабжения (температурных, гидравлических, водно-химических режимов).

Качество, надежность и экономичность работы сложной теплоэнергетической системы города характеризуются по следующим группам показателей:

а) Технологические показатели.

1. Выполнение температурных графиков работы тепловых сетей:
 - а) по температуре прямой сетевой воды от источника;
 - б) по температуре обратной сетевой воды от потребителя.
2. Обеспечение гидравлической устойчивости работы системы теплоснабжения. Обеспечение режимов работы тепловых систем по давлению прямой и обратной сетевой воды:
 - а) на ТЭЦ;
 - б) у потребителя, по располагаемому перепаду давлений у потребителя.
3. Доля горячего водоснабжения от суммарной отопительной нагрузки: в том числе доля тепла по закрытой схеме и доля тепла по открытой схеме горячего водоснабжения.
4. Процент потери тепла через тепловую изоляцию: а) в магистральных сетях и б) отдельно в локальных тепловых сетях.

5. Плотность гидравлического цикла системы теплоснабжения, определяемая как период водного обмена гидравлической системы теплоснабжения.

6. Качество водно-химического режима работы тепловых сетей: количество кислорода, углекислоты, поданной с подпиточной водой теплосети.

7. Коэффициент схемной надежности теплоснабжения от различных источников теплоснабжения.

8. Коэффициент надежности, определяемый по степени испытания повышенным давлением тепловой сети. Степень защиты теплогидравлической системы от превышения давления при гидравлических ударах.

б) Техничко-экономические показатели.

9. Эффективность использования системы по производству и потреблению тепловой энергии. Число часов использования максимума установленной, заявленной тепловой мощности.

10. Коэффициент загрузки транспортирующих сетевых трубопроводов, а) по максимальной мощности, б) по годовому пропуску тепла, в) потери энергии на перекачку, утечки.

11. Потери тепла через тепловую изоляцию от ТЭЦ до конечного потребителя.

12. Коэффициент выработки электроэнергии на базе теплового потребления.

13. Удельный расход топлива на тепловую нагрузку.

14. Удельный расход топлива на прирост единицы тепловой нагрузки.

в) Экономические показатели. Тарифный и нагрузочный менеджмент тепловой энергии.

15. Соответствие заявленной мощности и энергии по договору: а) фактической мощности, энергии; б) мощности по выданным техническим условиям.

16. Предельные издержки: а) на содержание единицы заявленной тепловой мощности и б) предельные издержки на выработку единицы тепловой энергии.

17. Период задержки финансовых платежей от даты, времени фактического предоставления услуг по теплоснабжению.

Таблица. Показатели качественной оценки отказов, действий ответственных лиц, служб, подразделений при обеспечении работы системы теплоснабжения (на примере г. Омска).

№	Причина нарушения теплового режима, температурного, гидравлического графика, ВХР, экономического потенциала	Степень нарушения	Классификация отказов по выполнению режимов теплоснабжения и их оценка и действие ответственных лиц по обеспечению качества
Температурный график работы тепловых сетей			
1	Невыполнение температурного графика по температуре прямой сетевой воды из-за ограничения (отсутствия) топлива на ТЭЦ.	01.1 01.2 01.3	Ограничения 5-10 град. до 7 сут. в мес. Ограничение до 20 град. до 14 сут. Ограничение свыше 20 град. и более 14 сут. Департамент городского хозяйства (ДГХ), Энергосбыт, оформляет невыполнение температурного графика тепловых сетей. Электрогенерирующее предприятие (ЭГП) оформляет приказ и определяет мероприятия.
2	Недогрев температуры прямой сетевой воды против задания а) при отсутствии ограничений по топливу с) при не превышении температуры обратной сетевой воды.	2.1 2.2 2.3	Ограничения 5-10 град. до 7 сут. в мес. Ограничение до 20 град. до 15 сут. Ограничение свыше 20 град. и более 15 сут. ДГХ и Энергосбыт оформляет невыполнение температурного графика. ЭГП оформляет приказ о допустимости работы с невыполнением температурного графика.
3	Перегрев температуры обратной сетевой воды против графика.	3.1 3.2 3.3	Перегрев до 1-3 град. до 7 сут. в мес. Перегрев до 5 град. до 15 сут. Перегрев свыше 5 град. и более 15 сут. ТКЭ, ДГХ и Энергосбыт оформляет невыполнение температурного графика. ЭГП оформляет приказ о допустимости работы с невыполнением температурного графика.
Гидравлический график работы тепловых сетей			
4	Превышение циркуляции сетевой воды сверхрасчетного задания.	4.1 4.2 4.3	Превышение до 5-10% до 14 сут. в мес. Превышение до 20% до 30 сут. Превышение свыше 20% и более 30 суток ДГХ, ТКЭ и Энергосбыт оформляет невыполнение гидравлического графика. ЭГП оформляет приказ о допустимости работы с нарушением гидравлического графика.
5	Пониженное давление прямой сетевой воды против задания.	5.1 5.2 5.3	Понижение до 0,3-0,5 ата до 15 сут. в мес. Понижение до 0,5-1,0 ата до 30 сут. Понижение свыше 1,0 ата и более 30 сут. ДГХ и Энергосбыт оформляет невыполнение гидравлического графика. ЭГП оформляет приказ о допустимости работы с нарушением гидравлического графика.
6	Недостаточные перепады давлений на элеваторах. Перевернутый график. Низкий коэффициент гидравлической устойчивости.	6.1 6.2 6.3	Перепады более 15-18 м вд. ст. у 80% потребителей. Перепады до 12-15 м вд. ст. до 3% потребителей. Перепад менее 12 м вд. ст. более чем у 3% потребителей. Служба режимов тепловых сетей оформляет невыполнение гидравлического режима по перепадам у потребителей. ДГХ и Энергосбыт оформляет невыполнение гидравлического графика. ЭГП оформляет приказ о допустимости работы с нарушением гидравлического графика.
7	Повышенное давление обратной сетевой воды сверх задания.	7.1 7.2 7.3	Повышенное до 0,2-0,4 ата до 15 сут. в мес. Повышенное до 0,4-0,6 ата до 30 сут. Повышенное свыше 0,6 ата и более 30 сут. ДГХ и Энергосбыт оформляет невыполнение гидравлического графика. ЭГП оформляет приказ о допустимости работы с нарушением гидравлического графика.

Водно-химический режим работы тепловых сетей		
8	Превышение кислорода, углекислоты в прямой сетевой и подпиточной воде.	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 20%;">8.1 8.2 8.3</div> <div style="width: 80%;"> <p>Кислород до 55-70 мкг/кг до 2 сут. в мес. Кислород до 100 мкг/кг до 4 сут. в мес. Кислород свыше 100 мкг/кг более 4 сут. «Омскэнергонадка» представляет данные. ДГХ и Энергосбыт оформляет невыполнение водно-химического режима. ЭГП оформляет приказ и мероприятия о допустимости работы с нарушением и мероприятия водно-химического режима по АК «Омскэнерго» о допустимости работы с повышенным содержанием кислорода в теплосети.</p> </div> </div>
9	Повышение кислорода и углекислоты в обратной сетевой воде.	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 20%;">9.1 9.2 9.3</div> <div style="width: 80%;"> <p>Кислород до 5-10 мкг/кг до 2 сут. в мес. Кислород до 20 мкг/кг до 4 сут. в мес. Кислород свыше 20 мкг/кг более 4 сут. «Омскэнергонадка» представляет данные. ДГХ и Энергосбыт оформляет невыполнение водно-химического режима. ЭГП оформляет приказ и мероприятия о допустимости работы с нарушением водно-химического режима (с повышенным содержанием кислорода от потребителя).</p> </div> </div>
Открытый водоразбор на горячее водоснабжение		
10	Превышение максимально часовых значений подпитки тепловых сетей.	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 20%;">10.1 10.2 10.3</div> <div style="width: 80%;"> <p>Превышение до 10-20% D_{\max} 2 сут. в мес. Превышение до 20-30% до 4 сут. в мес. Превышение свыше 30% и более 4 сут. Диспетчерская служба, служба режимов тепловых сетей оформляет невыполнение режима по подпитке тепловых сетей. ДГХ и Энергосбыт оформляет невыполнение гидравлического графика. ЭГП оформляет приказ о допустимости работы с нарушением гидравлического графика.</p> </div> </div>
11	Превышение среднесуточных значений подпитки тепловых сетей. Переход с «закрытого» водоразбора на «открытый» водоразбор.	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 20%;">11.1 11.2 11.3</div> <div style="width: 80%;"> <p>Период водного обмена тепловых сетей от 96 до 72 ч. Период водного обмена тепловых сетей от 72 до 48 ч. Период водного обмена тепловых сетей менее 48 ч. Диспетчерская служба, служба режимов тепловых сетей оформляет невыполнение режима по среднесуточной подпитке тепловых сетей. ДГХ и Энергосбыт оформляет невыполнение режима открытого водоразбора. ЭГП оформляет приказ о допустимости работы с нарушением гидравлического графика.</p> </div> </div>
12	Контроль плотности систем теплоснабжения по минимальной ночной подпитке.	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 20%;">12.1 12.2 12.3</div> <div style="width: 80%;"> <p>По периоду водного обмена конкретно по каждому лучу тепловых сетей.</p> </div> </div>
Надежность теплоснабжения потребителей		
13	Аварийная подпитка тепловых сетей сырой водой.	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 20%;">13.1 13.2 13.3</div> <div style="width: 80%;"> <p>Один случай аварийной подпитки за сезон. От одного до 3 случаев за отопительный сезон. Более 3 случаев за отопительный сезон. Каждый случай аварийной подпитки теплосети оформляется заявкой как невыполнение режима подпитки теплосети. Диспетчерская служба, служба режимов тепловых сетей оформляет невыполнение режима по подпитке тепловых сетей. ДГХ и Энергосбыт оформляет невыполнение гидравлического графика. ЭГП оформляет приказ о допустимости работы с аварийной подпиткой теплосети.</p> </div> </div>
14	Надежность теплоснабжения от двух источников теплоснабжения.	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 20%;">14.1 14.2 14.3</div> <div style="width: 80%;"> <p>Резерв по пропускной способности не более 50%. Резерв до 40%. Резерв менее 25%. ЭГП оформляет акт о невыполнении требований надежности теплоснабжения. ЭГП и ДГХ оформляют приказ и мероприятия с согласованием отступлений, мероприятий в МЧС.</p> </div> </div>

15	Надежность, защита теплоснабжения от повышения давления в обратном трубопроводе, от гидроударов, от температурных испытаний.	15.1	Наличие температурных испытаний на расчетную температуру 150 °С для 100% сетей, температурные испытания на 150 °С для 90% сетей, температурные испытания на 120 °С для 80% сетей. ДГХ и тепловые сети оформляют акт о невыполнении требований надежности теплоснабжения. ДГХ и Энергосбыт оформляют приказ и определяют мероприятия.
		15.2	
		15.3	
Экономичность теплоснабжения города			
16	Коэффициент использования максимума установленной мощности теплообменного оборудования для теплоснабжения населения.	16.1	Н _{ТС} =3800-3600 ч. Н _{ТС} ≤3000-3300 ч. Н _{ТС} ≤3000 ч. ЭГП производится расчет баланса производства тепла по всем источникам. Определяется неэффективно используемое оборудование. По результатам расчета фактического и проектного пропуска оформляется приказ по демонтажу неэффективно используемого оборудования.
		16.2	
		16.3	
17	Соответствие диаметров трубопроводов тепловых сетей фактическим годовым пропускам тепла против проектного графика 170-70 °С.	17.1	Пропуск энергии до 66-55% от пропуска по графику 170-70 °С. Пропуск 45-55% от пропуска по графику 170-70 °С. Пропуск до 45% от пропуска по графику 170-70 °С. Теплосетью производится расчет пропуска тепла с годовым отчетом о сокращении разрывов. По результатам расчета фактического и проектного пропуска оформляют приказ по АК «Омскэнерго» о допустимости работы с повышенными потерями из-за завышенных диаметров трубопроводов.
		17.2	
		17.3	
18	Потеря тепла через тепловую изоляцию от ТЭЦ до конечного потребителя.	18.1	Потеря ΔТ до 6-8% от (Т _{прям} -Т _{обр}) 2 мес. в сезоне. Потеря ΔТ до 8-15% от (Т _{прям} -Т _{обр}) 4 мес. в сезоне. Потеря ΔТ более 15% (Т _{прям} -Т _{обр}) более 4 мес. ДГХ, ЭГК оформляются результаты замера потерь по «Теплосети» и «Теплокоммуэнерго» и оформляется акт на невыполнение режима по потерям тепла. ЭГП оформляет приказ по АК «Омскэнерго» о допустимости работы с повышенными потерями тепла через сети.
		18.2	
		18.3	
19	Выработка электроэнергии на тепловом потреблении в целом по АК «Омскэнерго», [кВт·ч/Гкал].	19.1	W _{год} = 0,34 кВт·ч/Гкал. W _{год} = 0,32 кВт·ч/Гкал. W _{год} ≤ 0,30 кВт·ч/Гкал. Минэкономки области, РЭК, дает свои предложения для включения в Энергетическую стратегию города, региона.
		19.2	
		19.3	
20	Прирост удельного расхода топлива на прирост дополнительной единицы тепловой нагрузки, [кг/Гкал].	20.1	Δb _{лето} =35-40 кг/Гкал, Δb _{зима} =40-164 кг/Гкал. Δb _{лето} =40-60 кг/Гкал, Δb _{зима} =60-168 кг/Гкал. Δb _{лето} =60-90 кг/Гкал, Δb _{зима} = 90-170 кг/Гкал. Минэкономки области, РЭК, дает свои предложения для включения в Энергетическую стратегию города, региона.
		20.2	
		20.3	
21	Превышение затрат электроэнергии ΔЭ _{год} на транспорт и перекачку сетевой воды против графика 170-70 °С, [млн кВт·ч/год].	21.1	ΔЭ _{год} от 3 до 5%. ΔЭ _{год} от 5 до 8%. ΔЭ _{год} более 8%. ЭГП и ДГХ оформляют приказ о допустимости работы с повышенными расходами электроэнергии на перекачку сетевой воды в целом по городу для согласования в РЭК.
		21.2	
		21.3	
22	Превышение максимального часового удельного расхода воды на перекачку при расчетной температуре наружного воздуха -37 °С против графика 170-70 °С, [кВт·ч/Гкал].	22.1	ΔN _{max час} от 3 до 5%. ΔN _{max час} от 5 до 8%. ΔN _{max час} более 8%. ЭГП и ДГХ оформляют приказ о допустимости повышенным расходам электроэнергии на перекачку сетевой воды в целом по городу для согласования в РЭК.
		22.2	
		22.3	

Тарифный и нагрузочный менеджмент системы теплоснабжения города			
23	Несоответствие договорной заявленной мощности и энергии, а) фактической мощности, энергии, б) мощности по выданным техническим условиям.	23.1 23.2 23.3	$\Delta N_{\text{час}}$ и $\Delta Q_{\text{год}}$ от 5 до 10%. $\Delta N_{\text{час}}$ и $\Delta Q_{\text{год}}$ 10-20%. $\Delta N_{\text{час}}$ и $\Delta Q_{\text{год}}$ более 20%. Энергосбытом и ДГХ производятся проверка балансов мощности и энергии с квартальным отчетом о сокращении разрывов. По результатам баланса Энергосбыт и ДГХ оформляют приказ и мероприятия по АК «Омскэнерго» о допустимости работы с не использованием потребителями заявленной мощности и энергии. Проверка 2 раза в год (ноябрь и апрель).
24	Период задержки финансовых платежей от времени фактического предоставления услуг по теплоснабжению.	24.1 24.2 24.3	ΔT задержки от 7 до 14 сут. ΔT задержки от 14 до 21 сут. ΔT задержки свыше 21 сут. Энергосбытом производится анализ периода задержки оплаты за теплоснабжение. По результатам анализа Энергосбыт оформляет приказ и мероприятия по сокращению периода разрывов по платежам.
Экономичность топливообеспечения жителей города, региона			
25	Удельное потребление топлива на одного жителя города.	25.1 25.2 25.3	ΔB до 1,1 т у.т./чел. $\Delta B=1,1-1,5$ т у.т./чел. ΔB более 1,55 т у.т./чел. Минэкономики области, РЭК, АК «Омскэнерго» разрабатываются мероприятия для роста производства тепловой и электрической энергии по комбинированному способу производства.
26	Коэффициент полезного использования топлива в городе Омске и в целом по региону $\eta_{\text{ти}}$, %.	26.1 26.2 26.3	$\eta_{\text{ти}}=75 \div 80\%$. $\eta_{\text{ти}}=65-75\%$. $\eta_{\text{ти}} \leq 65\%$. Министерством экономики области, ДГХ, ЭГК производится расчет коэффициента топливоиспользования в целом по городу, региону. Определяется экономия топлива в целом по городу за счет выработки электроэнергии на тепловом потреблении. По результатам расчета коэффициента топливоиспользования даются предложения в региональную энергетическую комиссию, в энергетическую стратегию региона и города.

18. Цена, себестоимость тепловой мощности и тепловой энергии на ТЭЦ в сравнении с котельными.

д) Экономичность топливообеспечения жителей города, региона.

19. Удельное потребление топлива на одного жителя.

20. Коэффициент полезного использования топлива в городе, регионе. Экономия топлива за счет комбинированной выработки электроэнергии на базе теплового потребления.

Результаты количественной оценки качества работы системы теплоснабжения за отопительный сезон являются основным материалом по организации договорной работы на обеспечение тепловой энергии:

1. для разработки технических и организационных мероприятий, направленных на повышение уровня эксплуатации работы систем теплоснабжения в целом по теплоэнергетическому

комплексу крупного города, по энергетической системе, и в целом по региону;

2. для организации системы премирования персонала, управляющего работой теплоэнергетического комплекса крупного города, Минэкономики области, департамента городского хозяйства, региональной энергетической комиссией, Госэнергонадзора, энергетической системы, ТЭЦ, тепловых сетей, управляющей компании.

Для качественной оценки работы систем централизованного теплоснабжения разработаны 26 показателей (см. табл.) качества с оценкой от «хорошо» до «неудовлетворительно»:

- 00.0 – отсутствие нарушений – 1,0 – хорошо.
- 00.1 – нарушение 1 степени – 0,9 – допустимо.
- 00.2 – нарушение 2 степени – 0,7 – условно удовлетворительно.
- 00.3 – нарушение 3 степени (отказ) – 0,5 – неудовлетворительно.