

ТЕМПЕРАТУРНЫЙ ГРАФИК – ОСНОВНОЙ ФАКТОР, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЙ ЭКОНОМИКУ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ

Д.А. Богданов,

главный специалист

*Региональной энергетической комиссии
Омской области*



Температурный график работы тепловых сетей – это основа основ всей технической и экономической политики крупной теплоэнергетической системы города. При организации теплоснабжения десятков тысяч потребителей от тепловых сетей, объединяющих различные виды источников тепла (ТЭЦ, котельные), необходим единый технологический документ, который увязывает интересы всех сторон теплоэнергетического процесса: покупателей, производителей тепловой энергии, наладчиков гидравлических и температурных режимов тепловых сетей, регулирующих и inspectирующих органов, проектировщиков систем отопления.

Система централизованного теплоснабжения с момента ввода в эксплуатацию постоянно развивается за счет подключения к ней новых потребителей и строительства новых участков тепловых сетей. В связи с этим на каждый конкретный отопительный сезон следует рассчитывать и корректировать эксплуатационные режимы, учитывающие фактическое состояние системы теплоснабжения. Оптимизация эксплуатационных режимов должна предусматривать наиболее полное использование характеристик фактически установленного оборудования, рационализацию схем тепловых пунктов, использование возможности совместной работы тепловых сетей от нескольких источников теплоты, закрытие мелких неэкономичных котельных, увеличение пропускной способности сетей по теплоте за счет применения высоких температурных графиков регулирования отпуска теплоты.

Для упорядочивания отношений энергоснабжающей организации и потребителя заключаются договоры на теплоснабжение. В них определены права, обязанности и ответственность сторон, основные техно-

логические параметры, в рамках которых производится взаиморасчет: максимальная часовая нагрузка и отпуск тепловой энергии с разделением на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение (по месяцам и суммарно за год). По заключенным договорам предприятие формирует задание, согласно которому, оптимизируя структуру работы своего оборудования, обязано выдерживать необходимые технологические параметры по отпуску тепловой энергии.

Рассмотрим технико-экономические показатели работы одного из предприятий г. Омска (табл. 1).

В зависимости от температуры наружного воздуха в теплосеть должна подаваться сетевая вода с температурой в подающем трубопроводе, определяемой согласно утвержденному на предприятии температурному графику. Объем максимального среднесуточного часового расхода воды в подающих магистралях (6 409,7 т/ч) при соблюдении температурного графика должен соответствовать максимальному среднечасовому расходу тепловой энергии – 435,0 Гкал/час.

Для детального анализа технико-экономических показателей работы предприятия необходимо знать не только расчетные нормативные величины процесса теплоснабжения, но и квалифицированно сделать выводы, опираясь на фактические, сложившиеся по году, показатели.

Таблица 1. Режимы работы тепловых сетей от теплового источника на отопительный сезон.

Показатель	Разм.	ТЭЦ-6
Температурный график	°С	160 / 70–150
Максимальный среднесуточный часовой расход воды в подающих магистралях	т/ч	6 409,7
Максимальная среднесуточная часовая подпитка (без утечек)	т/ч	805,6
Нормативные утечки	т/ч	105,3
Максимальная подпитка	т/ч	1 877,6
Максимальный среднечасовой расход тепла	Гкал/час	435,0

Согласно полученной величине максимального среднечасового расхода тепла (435,0 Гкал в час) максимальный среднесуточный часовой расход воды в подающей магистрали (6 409,7 т/ч) и подпитки теплосети (805,6 т/ч) должен обеспечить заявленный температурный график. В результате перепроверки вы-

шеуказанных величин получается несоответствие.

Рассмотрим возможные результаты перерасчета отпуска тепловой энергии при разных температурных графиках, максимальных среднесуточных часовых расходах теплоносителя в тепловой сети, приведенные в табл. 2, 3.

Таблица 2. Расчетный отпуск энергии при разных температурных графиках.

Температурный график	170/70	160/70	150/70	130/70	110/70
Расчетный отпуск теплоэнергии	696,6	632,5	568,4	440,2	312,0
Заданный отпуск	435				
Расчетный – заданный отпуск т/э	261,6	197,5	133,4	5,2	-123,0
Увеличение, %	160,1 %	145,4 %	130,7 %	101,2 %	71,7 %

Условие: расход в теплосети – CONST, а отпуск тепловой энергии – VAR.

1. Так, при сохранении объемов расхода в подающей магистрали и подпитки получается, что среднечасовой расход тепловой энергии потребителем (~440,2 Гкал/час) будет соответствовать температурному графику 130/70.

2. При сохранении объемных показателей расхода в тепловой сети получается, что при соблюдении утвержденного руководством предприятия графика 160/70 максимальный среднечасовой расход тепловой энергии будет составлять 632,5 Гкал/ч, или на 45,4 % больше утвержденного (при 170/70 – 696,6 Гкал/ч, или на 60,1 % больше утвержденного).

3. При переходе на пониженный температурный график – 110/70 максимальный среднечасовой расход тепловой энергии будет составлять всего 312,0 Гкал/ч, что на 28,3 % меньше утвержденного.

Таблица 3. Расчетный максимальный расход в прямой при разных температурных графиках.

Температурный график	170/70	160/70	150/70	130/70	110/70
Заданный отпуск теплоэнергии	435				
Среднесуточный максимальный расход в прямой, т/ч	3794,1	4215,7	4742,7	6323,6	9485,3
Заданный расход в прямой	6409,6	6409,6	6409,6	6409,6	6409,6
Перерасход теплоносителя, %	168,9 %	152,0 %	135,1 %	101,4 %	67,6 %

Условие: Расход в теплосети – VAR, а отпуск тепловой энергии – CONST.

1. При заданном среднечасовом расходе теплоэнергии 435,0 Гкал/ч расход теплоносителя будет соответствовать температурному графику 130/70.

2. При одной тепловой нагрузке среднесуточные максимальные расходы теплоносителя в прямой при температурном графике различаются:

- а) график 170/70 – должен уменьшиться на 68,9 %;
- б) график 160/70 – должен уменьшиться на 52,0 %;
- в) график 150/70 – должен уменьшиться на 35,1 %;
- г) график 110/70 – должен увеличиться на 67,6 %.

Выводы:

1. Данные подключенной тепловой нагрузки не совпадают с утвержденным температурным графиком и объемом циркуляции. Заданный максимальный среднечасовой расход теплоэнергии (435 Гкал/час) не соответствует даже графику 130/70.

2. Фактические гидравлические режимы у потребителя нарушены, из-за чего невозможно обеспечить нормативный теплосъем по графику 160/70. Перерасход находится в пределах 45,4 % – 52,0 %. Основными причинами нарушений гидравлических режимов, обеспечивающих расчетный расход теплоносителя через отопительные приборы и на нужды ГВС, являются повсеместное снятие или рассверливание дрос-

сельных шайб в тепловых узлах, отсутствие ежегодной промывки систем отопления и другие действия.

3. При существующих гидравлических режимах тепловая сеть может обеспечить (при графике 170/70) подключение нагрузки 696,56 Гкал/час, что на 261,56 Гкал/час (60,1 %) превышает существующее задание.

Согласно температурному графику 160/70–150/70 температура сетевой воды в прямой осуществляется качественным методом. При температуре воздуха $t_{\text{в.р.}} = -33^\circ\text{C}$ температура сетевой воды должна достигнуть 150°C . При дальнейшем понижении температуры окружающего воздуха увеличение температуры сетевой воды производиться не будет. Вре-

мя стояния столь низких температур мало, и температура в обратном трубопроводе снижается с 66,8 °C (при -33,0 °C) до 64,6 °C (при -37,0 °C).

Построенные зависимости температур в прямом и обратном трубопроводах тепловых сетей от температуры наружного воздуха по факту и утверждённому графику (рис. 1) обнажили очень важную проблему – крайне неэффективное потребление теплоэнергии от сетевой воды (теплосъём потребителем).

Температура обратной сетевой воды является важнейшим параметром при продаже тепла, т.к. сравнительно небольшие инвестиции со стороны потребителей могут значительно снизить температуру обратной воды и привести к значительной экономии как за счет удешевления процесса выработки тепла в комбинированном режиме, так и за счет уменьшения теплопотерь, диаметров трубопроводов, снижения затрат электроэнергии на перекачку воды.

В централизованном теплоснабжении невозможно создание условий реального рыночного обмена. Но тем не менее, основной процесс экономики – купля-продажа – здесь есть: энергоисточник обязан выдать товар определенного качества при определенных условиях, а потребитель – его принять и своевременно оплатить. Складывается ситуация: при расчетной температуре $t_{н.р.} = -37$ °C источник должен обеспечить, теплосеть – довести теплоноситель до потребителя согласно графику 160/70. В существующих условиях температура в прямом трубопроводе составит (оценочно для температуры воздуха -37 °C) +113 °C. При этом потребитель должен обеспечить температуру в обратном луче не выше +64,6 °C, но она будет реально достигать +55 °C.

Потребитель обнаруживает несоответствие температуры в подающем луче с температурным графиком. Часто в связи с этим возникает недовольство потребителя, считающего, что его «недогревают» по вине энергоисточника, и рассматривается вопрос о правильности выставленного к оплате счета за по-

требленную им тепловую энергию. Но для правильной оценки возникших отклонений необходимо рассматривать и другие неотъемлемые показатели – температуру обратной сетевой воды, ее расход, нагрузки отопления и горячего водоснабжения.

Так, при нормативном перепаде $T_{прям} - T_{обр} = 160 - 64,6 = 95,4$ °C фактический перепад температур составляет $113 - 55 = 58$ °C.

$$K_{рез} = \frac{\Delta T_{норм}}{\Delta T_{факт}}, \quad (1)$$

где $\Delta T_{норм}$ и $\Delta T_{факт}$ – разница температур сетевой воды при расчетной температуре окружающего воздуха, согласно принятому и фактическому температурному графику, °C.

$$K_{рез} = \frac{160 - 64,6}{113 - 55} = 164,5\% \quad (2)$$

Таким образом, при сохранении существующих объемов циркуляции сетевой воды имеется значительный резерв пропускной способности тепловых сетей – 64,5 % от нынешней. Данный резерв должен эффективно использоваться при оценке перспективного увеличения спроса на тепловую энергию в зоне действия данного источника.

Соответствие фактической температуры сетевой воды нормативному значению по температурному графику является одним из главных показателей, характеризующих качество работы всей теплоэнергетической системы. По правилам технической эксплуатации (ПТЭ), недогрев «прямой» сетевой воды не должен быть больше $\pm(2,1 \div 4,5$ °C). Однако фактический недогрев прямой сетевой воды в целом по теплоисточникам составляет 30–60 °C, что в 10 раз больше допустимого по ПТЭ. В свою очередь, потребитель также должен обеспечить полное использование тепла, и температура «обратки» не должна быть выше $+(1,2 \div 2,1$ °C) от норматива.

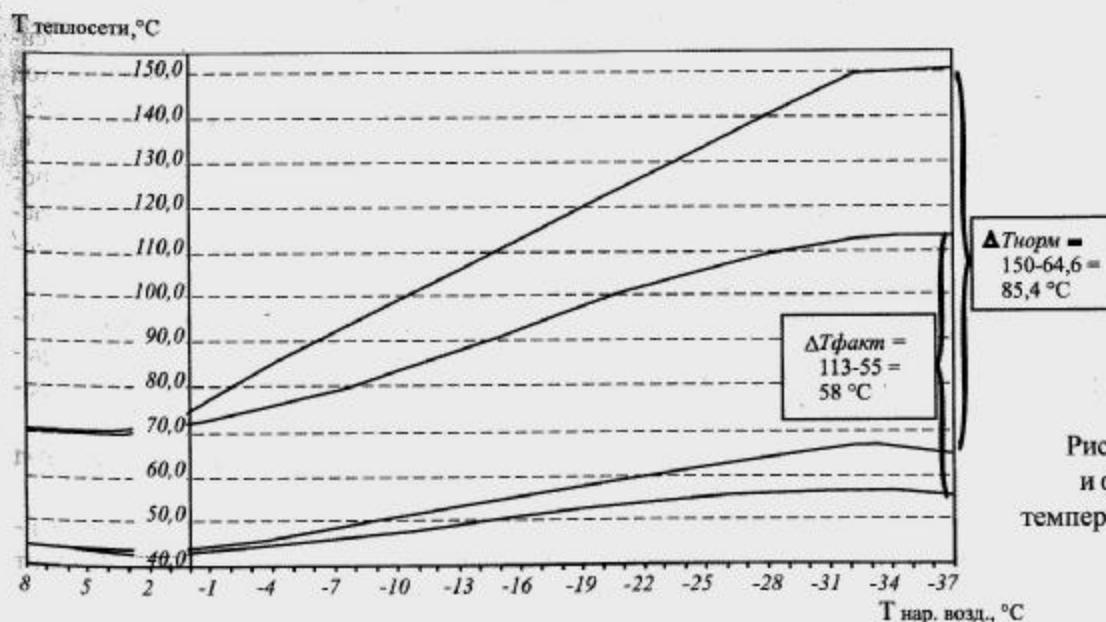


Рис 1. Плановый и фактический температурный график.

Таблица 4. Сравнительные характеристики температурных графиков тепловых сетей.

Теплотрасса, работающая по проектному температурному графику			Необходимый напор сетевой воды на ТЭЦ (м в.с.) при переходе от проектного графика на фактический (скорректированный) график				
Проектный график:	Металлоемкость %	Нормативные потери тепла %	95/70 °C	110/70 °C	130/70 °C	150/70 °C	170/70 °C со срезкой
110/70 °C	200	15,0	307	120	53,3	30,0	19,2
130/70 °C	133	10,5	891	270	120	67,5	43,2
150/70 °C	100	8,4	1229	480	213	120	76,2
170/70 °C	80	6,9	1920	750	333	186	120

Из-за завышенного роста циркуляции сетевой воды, массового снижения перепадов давления у конечных потребителей тепла при температурах наружного воздуха ниже -20 – -25 °C создается неуправляемая аварийная ситуация. Тонкой наладкой гидравлических режимов с установкой нужных диаметров регулирующих шайб и сопел специалисты тепловых сетей занимаются месяцами, но достаточно один раз не обеспечить необходимую температуру в течение 2–4 дней, как все результаты тонкой наладочной работы нарушаются. Но самое главное, что никакой реальной экономии электроэнергии, воды и топлива на теплоснабжении при этом нет. Наоборот, имеется постоянный перерасход из-за «перегрева» потребителя выше $+22$ °C близлежащих потребителей тепла (~ 60 %) и массового «недогрева» ниже $+18$ °C удаленных потребителей тепла (~ 30 %). При снижении температуры наружного воздуха ниже -28 °C может произойти массовый неуправляемый «недогрев» потребителя. С температурой ниже $+18$ °C уже для ~ 60 % потребителей в городских системах отопления может возникнуть неуправляемая аварийная ситуация, требующая вмешательства МЧС.

В настоящее время количество потребленного товара – теплоэнергии – для большинства потребителей определяется расчетными методами согласно проектам. При превышении расхода электроэнергии и топлива на источнике, потраченного в том числе на перегрев потребителя, регулирующие и надзорные органы, руководствующиеся действующим законодательством, нормативными документами и техническими стандартами, не должны принимать перерасход средств по данным статьям затрат.

Применение разных температурных графиков работы тепловых сетей отражается в переменных затратах – стоимости электроэнергии на привод насосов, увеличение объемов подготавливаемой воды, химических реагентов, затрат теплоэнергии на деаэрацию.

Результаты технико-экономического анализа показывают, что температурные графики 150/70 и 170/70 °C являются самыми экономичными по первоначальным затратам:

- а) по металлоемкости, по снижению капитальных затрат на строительные конструкции;
- б) по снижению удельных потерь тепла через тепловую изоляцию;

с) по сокращению издержек на перекачку сетевой воды.

– Переход с графика 150/70 °C на график 110/70 °C вызывает рост первоначальных капиталовложений на 200 %.

– Переход от графика 150/70 °C на график 110/70 °C вызывает рост удельных нормативных потерь с 8,4 % до 15,0 % (при условии равной и оптимальной 100 % загрузки трубопроводов в обоих случаях).

– Переход на фактический режим работы тепловых сетей по графику 110/70 °C против проектного графика 150/70 °C требует одновременного 2-кратного роста расхода сетевой воды. Для обеспечения передачи равного количества тепла требуется рост перепада давления сетевой воды на ТЭЦ от 120 м в.с. до 480 м в.с. Так как это практически невозможно, то наши потребители будут, безусловно, ограничены по возможности пользования тепловой нагрузкой в 2 раза.

Так, по фактическим результатам рассмотренного теплоисточника величина «недогрева» подающего луча при среднемесячной температуре воздуха -17 °C, составила $114,5 - 94,6 = 19,9$ °C. Но с другой стороны потребитель обеспечил лучший теплосъем, и температура в обратном луче снизилась на $56,1 - 50,4 = 5,7$ °C – ниже нормативной величины, что лучше для теплоисточника. При приведении температуры в подающем трубопроводе к графику произойдет перегрев потребителя.

При соблюдении температурного графика максимальный расчетный среднесуточный часовой расход в подающем трубопроводе должен составлять 4 215,7 т/ч вместо утвержденного на предприятии – 6 409,7 т/ч.

Исходя из характеристик принимающего в процессе теплоснабжения оборудования, удельный расход электроэнергии на привод сетевых насосов составляет 0,744 кВт/т.

С учетом вышеперечисленных критериев и условий отопительного периода, в результате анализа работы системы на пониженном температурном графике получен экономический эффект:

- перерасход сетевой воды – 9 211 539 тонн в год (или 27,6 % от нормы);
- перерасход электрической энергии на повышенной циркуляции – 6 853 385 кВтч в год (или 20,5 % от общего электропотребления);

сверхнормативные затраты на электрическую энергию – 7 806,006 тысяч рублей в год.

Это ситуация характерна практически для всех участников данного сектора рынка.

Делать выводы, что данные издержки однозначно возникли только по вине энергоснабжающей организации, *нельзя*.

В первую очередь, нарушена гидравлическая система непосредственно у потребителя – на тепловых узлах, в системах отопления, из-за нарушений им технических условий функционирования системы ЦТС. Теплоисточник имеет техническую возможность соблюдать температурный график. Но если гидравлическая система потребителя не настроена, у ТЭЦ возникнут убытки в связи с перерасходом топлива при перегреве потребителя, для которых не будет источников компенсации ни в тарифе, ни в виде штрафных санкций.

Во-вторых, нет ответственности за нарушения условий функционирования процесса теплоснабжения. Потребитель самостоятельно, без согласования с энергосистемой, вносит изменения в регулирующие устройства – изменяя или снимая дроссельные шайбы, увеличивая циркуляцию теплоносителя по своей системе теплоснабжения. Но в этот момент происходит пропорциональное снижение циркуляции теплоносителя и объемов теплоснабжения у всех остальных потребителей от данной энергоснабжающей организации.

В-третьих, для приведения в соответствие гидравлических режимов у потребителя необходимы финансовые затраты. В действующих условиях потребитель сам должен у себя привести оборудование в соответствие с требованиями источника и надзорных органов за счет собственных средств. Такой подход трудно выполним, когда речь идет о населении.

Стимулирование потребителей к снижению температуры обратной сетевой воды возможно тремя способами:

- а) введением разного уровня тарифов, отражающих себестоимость востребованной установленной мощности, отдельно для высокопотенциального и низкопотенциального тепла;
- б) понижающими и повышающими коэффициентами к тарифу при понижении или повышении температуры обратной сетевой воды относительно регламентированного температурного графика;
- в) введением переменной части тарифа, как тари-

фа на расход сетевой воды с учетом температуры в подающем трубопроводе.

Средства на обслуживание внутренних систем отопления потребителей и функции контроля над качеством теплоснабжения надо давать теплоисточникам. При введении нормальных расценок на обслуживание систем отопления зданий окажется выгодно их не контролировать, а брать на обслуживание самим либо через подрядчика.

В качестве эффективных инструментов для достижения наилучших показателей функционирования системы теплоснабжения, при серьезном снижении дотационных отчислений из бюджетов и заинтересованности потребителями в самостоятельном принятии решений о необходимости внедрения энергосберегающих технологий, необходимо введение *финансовой и административной ответственности*:

1. Потребителей:

- а) за несоответствие теплоснабжения заключенным договорам с энергоснабжающими организациями;
- б) за эксплуатацию теплового оборудования не в соответствии с установленными технологическими нормами и требованиями (узлы учета, регулирования нагрузки, тепловые пункты, периодичность и качество промывок систем теплоснабжения);
- в) за обеспечение температуры обратной сетевой воды выше указанной в договоре;
- г) за превышение расхода сетевой воды от указанного в договоре;
- д) за соответствие заявленной тепловой мощности и фактически потребляемой (особенно актуально при пользовании одноставочным тарифом);
- е) за внесение изменений в гидравлическую схему без согласования с теплоисточником;
- ж) за сверхнормативные потери теплоэнергии и теплоносителя;
- з) за нарушение качества возвращаемого теплоносителя.

2. Энергоснабжающей организации:

- а) за нарушение температурного графика;
- б) за нарушение критериев надежности и бесперебойности теплоснабжения;
- в) за нарушение качества теплоносителя.

Температурный график и гидравлические режимы тепловых сетей должны быть законом для всех участников рынка теплоснабжения – теплоснабжающей организации и потребителя.

Литература

1. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети. Москва Издательство МЭИ. 1999 г.
2. Богданов А.Б. Маргинальные тарифы на тепловую энергию. Энергия. 1998, № 5.
3. Концепция развития теплоснабжения в России, включая коммунальную энергетику, на среднесрочную перспективу, Минэнерго РФ. 2002 г.
4. Национальный доклад «Теплоснабжение Российской Федерации. Пути выхода из кризиса», 2001 г.
5. Богданов А. Б. Маржинальные тарифы в энергетике. Энергорынок. 2005, № 4.
6. Богданов А. Б. Проблемы энергосбережения в России. Энергорынок. 2005, № 6.