

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
ПО СОСТАВЛЕНИЮ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ  
ДЛЯ СИСТЕМ ТРАНСПОРТА ТЕПЛОЙ ЭНЕРГИИ ПО ПОКАЗАТЕЛЮ  
"УДЕЛЬНЫЙ РАСХОД СЕТЕВОЙ ВОДЫ"**

Дата введения 2003-06-30

РАЗРАБОТАНО Открытым акционерным обществом "Фирма по наладке, совершенствованию технологии и эксплуатации электростанций и сетей ОРГРЭС"

УТВЕРЖДЕНО Приказом Министерства энергетики Российской Федерации N 278 от 30 июня 2003 г.

Настоящие Методические указания устанавливают способы и последовательность составления энергетической характеристики для систем транспорта тепловой энергии - тепловых сетей.

Энергетическая характеристика разрабатывается для систем теплоснабжения с расчетной тепловой нагрузкой 10 Гкал/ч и более, источниками тепловой энергии для которых служат тепловые электростанции и районные котельные.

## **1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

1.1. Энергетическая характеристика систем транспорта тепловой энергии по показателю "удельный среднечасовой расход сетевой воды на единицу присоединенной тепловой нагрузки потребителей" (далее "удельный расход сетевой воды") является режимной характеристикой системы теплоснабжения в целом и представляет собой зависимость среднечасового расхода сетевой воды в подающем трубопроводе системы теплоснабжения, отнесенного к единице расчетной присоединенной нагрузки потребителей с учетом тепловых потерь в тепловых сетях, от изменения температуры наружного воздуха в течение отопительного сезона.

1.2. Энергетическая характеристика разрабатывается согласно положениям действующих Правил технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации (ПТЭС) для анализа режимов работы тепловых сетей в целях повышения уровня эксплуатации систем теплоснабжения и является (наряду с энергетическими характеристиками по другим показателям) нормативной основой, отражающей реально достижимую экономичность работы систем транспорта тепловой энергии.

1.3. Энергетическая характеристика предусматривает определение нормируемого режима системы теплоснабжения, который характеризуется суммарными расходами и усредненными температурами сетевой воды в подающих и обратных трубопроводах как на выводах источника тепловой энергии (с учетом суммарного отпуска тепловой энергии), так и на границах между концевыми участками тепловой сети и группами потребителей (с учетом суммарного потребления тепловой энергии). Нормируемый режим системы теплоснабжения на выводах источника тепловой энергии изображается соответствующими графиками в зависимости от температуры наружного воздуха.

1.4. Энергетическую характеристику по показателю "удельный расход сетевой воды"

рекомендуется разрабатывать после составления энергетической характеристики по показателю "тепловые потери" для того, чтобы использовать в расчетах нормируемые тепловые потери через теплоизоляционные конструкции тепловых сетей.

1.5. Для каждой системы теплоснабжения проводится сопоставление за отчетный период фактических и нормируемых показателей ее работы, в то же время показатель "удельный расход сетевой воды" является индивидуальной величиной для конкретной системы теплоснабжения и не может быть использован без дополнительного анализа для сравнительной оценки уровня эксплуатации других систем теплоснабжения.

## **2. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ, УСЛОВИЯ И ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НОРМИРУЕМОГО ПОКАЗАТЕЛЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ**

2.1. Основой для определения нормируемых значений удельных расходов сетевой воды является режим отпуска тепловой энергии от источника тепловой энергии, включающий следующие основные характеристики системы теплоснабжения:

- присоединенную тепловую нагрузку по договорам на теплоснабжение, заключаемым энергоснабжающей организацией с абонентами;

- утвержденный энергоснабжающей организацией эксплуатационный температурный график регулирования отпуска тепловой энергии\*;

- график изменения разности давлений в подающих и обратных трубопроводах на выводах источника тепловой энергии в зависимости от температуры наружного воздуха.

---

\* При ограниченной мощности источника тепловой энергии температурный график рекомендуется скорректировать по согласованию с энергоснабжающей организацией.

2.2. Перечень исходных данных, необходимых для составления энергетической характеристики тепловых сетей по показателю "удельный среднечасовой расход сетевой воды" приведен в приложении 1. Там же указаны дополнительные сведения по системе теплоснабжения (раздельно по источникам тепловой энергии, тепловым сетям и системам теплопотребления), необходимые для составления энергетической характеристики.

2.3. Нормируемые значения рассматриваемой энергетической характеристики определяются при следующих соответствующих определенным точкам эксплуатационного температурного графика значениях температуры наружного воздуха:

1)  $t_{н} = +8 \text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $+10 \text{ }^{\circ}\text{C}$ );

2)  $t_{н.и}$ , соответствующей точке излома (спрямления для горячего водоснабжения) температурного графика;

3)  $t_{н.с}$ , соответствующей точке срезки температурного графика (при отсутствии срезки при графике  $150/70 \text{ }^{\circ}\text{C}$  принимается соответствующей температуре  $130 \text{ }^{\circ}\text{C}$  в подающем трубопроводе);

4)  $t_{н.п}$  (промежуточной), соответствующей среднему значению температуры наружного воздуха между точками излома и срезки температурного графика\*;

5)  $t_{н.р}$  - расчетной для отопления.

---

\* В системах теплоснабжения с открытой схемой присоединения ГВС без автоматического регулирования температуры воды на входе в системы ГВС следует принимать значение температуры наружного воздуха, соответствующее переводу водоразбора с подающей на обратную линию. Рубежом этого перевода принимается точка, при которой значение температуры воды в подающем трубопроводе минимально превышает предельное ( $75\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) на входе в систему ГВС, а соответствующее ему значение температуры воды в обратном трубопроводе в наименьшей степени отличается от минимально допустимого ( $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). При этом нормируемые значения режимной характеристики определяются для режимов отбора воды как из подающей, так и из обратной линии.

Указанные значения температуры наружного воздуха называются характерными и в общем виде обозначаются  $t_{н.х}$ .

2.4. При разработке энергетической характеристики все нормируемые значения определяются при среднечасовой за неделю нагрузке горячего водоснабжения (ГВС). Коэффициент часовой неравномерности потребления горячей воды для групп потребителей с общей максимальной нагрузкой ГВС до 1 Гкал/ч принимается равным 3,2; от 1 до 7 Гкал/ч - 2,7; от 7 до 12 Гкал/ч - 2,4; от 12 до 20 Гкал/ч - 2; более 20 Гкал/ч - 1,7. Значения удельного расхода сетевой воды на ГВС принимаются с коэффициентом 1,1, так как свод правил по проектированию тепловых пунктов нормативно предопределяет увеличение средненедельной нагрузки ГВС на 10%.

2.5. Расчеты по определению значений эксплуатационного удельного расхода сетевой воды производятся отдельно для следующих схем присоединения систем отопления, вентиляции и ГВС по группам потребителей или совокупности потребителей в целом по системе теплоснабжения при:

- непосредственном присоединении систем отопления (вентиляции);
- независимом присоединении систем отопления (вентиляции) посредством водоводяных подогревателей, включенных по параллельной и смешанной схемам;
- автоматизированном непосредственном водоразборе на ГВС;
- неавтоматизированном непосредственном водоразборе на ГВС;
- присоединении систем ГВС посредством водоводяных подогревателей, включенных по параллельной и смешанной схемам;
- присоединении систем отопления и ГВС посредством водоводяных подогревателей, включенных по последовательной схеме (совместно).

2.6. В открытой и закрытой системах теплоснабжения нормируемый расход сетевой воды у потребителей с циркуляцией воды в системах ГВС при всех характерных значениях температуры наружного воздуха включает расход сетевой воды, необходимый

для обеспечения циркуляции воды в системах ГВС. В открытой системе теплоснабжения нормируемое значение расхода сетевой воды на циркуляцию в системах ГВС потребителей определяется в зависимости от автоматизации системы ГВС и примененной схемы циркуляции, в закрытой - только в зависимости от автоматизации системы.

2.7. Определение нормируемого режима совокупности потребителей осуществляется исходя из реального состояния поверхностей нагрева водоводяных подогревателей. Оно обусловлено коэффициентом эффективности подогревателя, равным отношению фактического значения коэффициента теплопередачи водоводяного подогревателя к его теоретическому значению при тех же расходах греющей и нагреваемой воды и тех же значениях температуры воды на входе в подогреватель. Реальные или оценочные значения коэффициентов эффективности подогревателей представляются энергоснабжающей организацией. При отсутствии данных значение коэффициента эффективности  $\mu$  водоводяного подогревателя принимается равным 0,6.

2.8. Значение нормируемого расхода сетевой воды у потребителей определяется на основании гидравлических расчетов тепловой сети по всей системе теплоснабжения. В целях сокращения трудозатрат при разработке энергетической характеристики допускается осуществлять гидравлические расчеты не до каждого потребителя, а до места присоединения группы потребителей (микрорайона, промышленного предприятия и т.п.) к магистральным тепловым сетям. В этом случае следует принять для расчетов ту схему присоединения потребителей на отопление, вентиляцию и ГВС, которая чаще всего (по нагрузке) используется в данной группе потребителей. Если в группе потребителей нет явного преобладания (80% и более по тепловой нагрузке) той или иной схемы присоединения, то такой "куст" потребителей делится на подгруппы. В наиболее сложных случаях расчеты производятся до каждого потребителя.

2.9. Гидравлические расчеты тепловой сети производятся при значениях коэффициентов эквивалентной шероховатости участков трубопроводов сети, выявленных в результате ее испытаний на гидравлические потери, проведенных в ближайшие пять лет.

2.10. Базовый гидравлический расчет производится отдельно для подающего и обратного трубопроводов тепловой сети при расчетном значении расхода сетевой воды у потребителей, имеющем место в точке излома температурного графика.

2.11. Для определения расчетных (нормируемых) значений расхода теплоносителя по подающему и обратному трубопроводам системы теплоснабжения при других характерных значениях температуры наружного воздуха, необходимых для выявления фактического теплоснабжения систем отопления и вентиляции на протяжении отопительного сезона, производятся соответствующие гидравлические расчеты при значениях гидравлических сопротивлений неавтоматизированных систем теплоснабжения, выявленных в процессе базового расчета, с учетом значений расхода сетевой воды на автоматизированные системы теплоснабжения.

2.12. Ввиду малого значения нормируемых потерь сетевой воды в тепловой сети допускается принимать значения расхода сетевой воды, определенные в результате гидравлических расчетов по подающей и обратной линиям, одинаковыми как для совокупности потребителей, так и для источника тепловой энергии.

### 3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАСЧЕТОВ И АЛГОРИТМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УДЕЛЬНОГО РАСХОДА СЕТЕВОЙ ВОДЫ В ПОДАЮЩЕМ ТРУБОПРОВОДЕ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

#### 3.1. Оценка температур сетевой воды в подающей и обратной линиях совокупности потребителей

##### 3.1.1. Определение соотношений нагрузок ГВС и отопления у совокупности потребителей

Соотношение нагрузок ГВС и отопления (вентиляции) определяется для каждой части системы теплоснабжения, характеризуемой способом присоединения ГВС: закрытой с автоматизацией, т.е. с работающими регуляторами температуры (РТ) в системе ГВС,  $\alpha_{з.а}$ ; закрытой неавтоматизированной  $\alpha_{з.на}$ ; открытой с автоматизацией  $\alpha_{о.а}$ ; открытой неавтоматизированной  $\alpha_{о.на}$ . В целом по системе теплоснабжения отношение средненедельной нагрузки ГВС (с коэффициентом 1,1 - см. п.2.4 настоящих Методических указаний) к расчетной отопительно-вентиляционной нагрузке по договорам составляет

$$\alpha_{\Sigma} = \alpha_{з.а} + \alpha_{з.на} + \alpha_{о.а} + \alpha_{о.на} . \quad (1)$$

##### 3.1.2. Оценка гидравлической устойчивости системы теплоснабжения

Приближенная оценка гидравлической устойчивости системы теплоснабжения  $Z^{оц}$  (степени стабильности расхода сетевой воды через системы отопления и вентиляции при колебаниях водоразбора) производится по эмпирическим формулам для основных характерных значений температуры наружного воздуха:

$$\text{при } t_{н.н} \quad Z^{оц} = 1,05 + 3(\alpha_{з.а} + \alpha_{з.на}) + 1,1\alpha_{о.а} + 1,3\alpha_{о.на} ; \quad (2)$$

$$\text{при } t_{н.п} \quad Z^{оц} = 1,05 + 2\alpha_{з.а} + 3,5\alpha_{з.на} + 0,9\alpha_{о.а} + 1,4\alpha_{о.на} ; \quad (3)$$

$$\text{при } t_{н.с} \quad Z^{оц} = 1,05 + 1,6\alpha_{з.а} + 3,8\alpha_{з.на} + 0,8(\alpha_{о.а} + \alpha_{о.на}) . \quad (4)$$

##### 3.1.3. Определение относительного расхода тепловой энергии на отопление при характерных значениях температуры наружного воздуха

При качественном режиме регулирования отопительно-вентиляционной нагрузки значение относительного расхода тепловой энергии на отопление определяется для каждого из характерных значений температуры наружного воздуха  $q_x$  по формуле\*

$$q_x = \frac{t_{вн.р} - t_{н.х}}{t_{вн.р} - t_{н.р}} , \quad (5)$$

где  $t_{вн.р}$  - расчетная (нормативная) температура воздуха внутри помещения, принимаемая для систем теплоснабжения с расчетной для отопления температурой наружного воздуха

$t_{н.р} \geq -30$  °С равной 18 °С, а при  $t_{н.р} < -30$  °С равной 20 °С.

\* Подстрочные индексы величины  $q_x$  принимаются идентичными индексам того характерного значения температуры наружного воздуха, при котором данный относительный расход тепловой энергии определяется.

### 3.1.4. Оценка доли тепловых потерь в потреблении тепловой энергии

Доля тепловых потерь  $P_{т.п}^{оц}$  через теплоизоляционную конструкцию трубопроводов тепловой сети в потреблении тепловой энергии при каждом характерном значении температуры наружного воздуха определяется отношением

$$P_{т.п}^{оц} = \sum Q_{т.п} / Q_{\Sigma} = (Q_{т.п.подз} + Q_{т.п.надз}) / Q_{\Sigma}, \quad (6)$$

где  $\sum Q_{т.п}$  - суммарные тепловые потери тепловых сетей в системе теплоснабжения при характерном значении температуры наружного воздуха, Гкал/ч;

$Q_{\Sigma}$  - суммарный расход тепловой энергии (тепловая нагрузка) совокупностью потребителей при характерном значении температуры наружного воздуха, Гкал/ч;

$Q_{т.п.подз}$  и  $Q_{т.п.надз}$  - соответственно суммарные тепловые потери тепловых сетей подземной и надземной прокладки в системе теплоснабжения при характерном значении температуры наружного воздуха, Гкал/ч.

При  $t_{н} = +8$  °С доля тепловых потерь принимается такой же, как при  $t_{н.п}$ . При постоянной температуре сетевой воды в подающем трубопроводе в зоне срезки температурного графика доля тепловых потерь при  $t_{н.р}$  принимается такой же, как при  $t_{н.с}$ .

В данной формуле следует учитывать нормируемые среднегодовые тепловые потери как тепловых сетей на балансе энергоснабжающей организации (используются данные энергетической характеристики тепловых сетей по показателю "тепловые потери"), так и тепловых сетей сторонних организаций. В случае отсутствия информации по значению тепловых потерь тепловых сетей, не состоящих на балансе энергоснабжающей организации, по данным соответствующих испытаний допускается их определение расчетно-аналитическим методом или по нормам проектирования.

Для определения доли тепловых потерь необходимо привести среднегодовые тепловые потери к условиям, соответствующим каждому характерному значению температуры наружного воздуха по формулам:

- для подземной прокладки

$$Q_{т.п.подз} = \frac{Q_{т.п.подз}^{ср.г} \cdot (t_{1x} + t_{2x} - 2t_{гр.ср.о.с})}{t_{1ср.г} + t_{2ср.г} - 2t_{гр.ср.г}}; \quad (7)$$

- для надземной прокладки

$$Q_{\text{т.п.надз}} = \frac{Q_{\text{т.п.надз}}^{\text{ср.г}} \cdot (t_{1x} + t_{2x} - 2t_{\text{н.х}})}{t_{1\text{ср.г}} + t_{2\text{ср.г}} - 2t_{\text{н.ср.г}}}, \quad (8)$$

где  $t_{1\text{ср.г}}$ ,  $t_{2\text{ср.г}}$ ,  $t_{\text{н.ср.г}}$  и  $t_{\text{гр.ср.г}}$  - соответственно среднегодовая температура сетевой воды в подающей и обратной линиях, наружного воздуха и грунта на средней глубине заложения трубопроводов, °С;

$t_{\text{н.х}}$ ,  $t_{1x}$  и  $t_{2x}$  - характерные значения температуры наружного воздуха и соответствующие им значения температуры сетевой воды в подающей и обратной линиях, °С;

$t_{\text{гр.ср.с}}$  - средняя за отопительный сезон температура грунта на средней глубине заложения трубопроводов, °С;

$Q_{\text{т.п.подз}}^{\text{ср.г}}$  и  $Q_{\text{т.п.надз}}^{\text{ср.г}}$  - соответственно суммарные среднегодовые часовые тепловые потери тепловых сетей подземной и надземной прокладки в системе теплоснабжения, Гкал/ч.

Значения тепловой нагрузки совокупности потребителей в системе теплоснабжения  $Q_{\Sigma}$  (Гкал/ч) при каждом характерном значении температуры наружного воздуха определяются по формуле

$$Q_{\Sigma} = q_x \cdot \sum Q_{\text{р.ов}} + \sum Q_{\text{ГВС ср.нед}}, \quad (9)$$

где  $\sum Q_{\text{р.ов}}$  - суммарный расчетный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию совокупности потребителей, Гкал/ч;

$\sum Q_{\text{ГВС ср.нед}}$  - суммарный расчетный средненедельный расход тепловой энергии на ГВС совокупности потребителей, Гкал/ч.

### 3.1.5. Оценка среднего понижения температуры сетевой воды в подающем трубопроводе тепловой сети за счет тепловых потерь и оценка температуры сетевой воды в подающем трубопроводе совокупности потребителей

Средние оценочные значения понижения температуры сетевой воды в подающем трубопроводе (за счет тепловых потерь)  $\Delta t_{\text{т.п}}^{\text{оц}}$  (°С) при основных характерных значениях температуры наружного воздуха определяются по формуле

$$\Delta t_{\text{т.п}}^{\text{оц}} = 0,7 \Delta t_{\text{ов}}^{\text{р}} F_{\text{т.п}}^{\text{оц}} \cdot (q_x + \alpha_{\Sigma}) / Z^{\text{оц}}, \quad (10)$$

где  $\Delta t_{\text{ов}}^{\text{р}}$  - номинальный перепад температур сетевой воды в системе теплоснабжения для отопительно-вентиляционной нагрузки при расчетной температуре наружного воздуха  $t_{\text{н.р}}$  (например, при температурном графике 150/70 °С  $\Delta t_{\text{ов}}^{\text{р}} = 80$  °С).

При постоянной мощности источника тепловой энергии в зоне срезки температурного графика понижение температуры сетевой воды в подающем трубопроводе

$\Delta t_{\text{т.п}}^{\text{оц}}$  при  $t_{\text{н.р}}$  принимается как среднее между аналогичными значениями  $\Delta t_{\text{т.п}}^{\text{оц}}$ , определенными при  $t_{\text{н.с}}$  и  $t_{\text{н.п}}$ .

Оценочные значения температуры сетевой воды в подающем трубопроводе совокупности потребителей  $t_{1\Sigma}^{\text{оц}}$  (°C) при каждом характерном значении температуры наружного воздуха определяются по формуле

$$t_{1\Sigma}^{\text{оц}} = t_{1\text{ст}} - \Delta t_{\text{т.п}}^{\text{оц}}, \quad (11)$$

где  $t_{1\text{ст}}$  - температура сетевой воды в подающем трубопроводе по эксплуатационному графику температур качественного регулирования, °C.

При характерном значении температуры наружного воздуха  $t_{\text{н}}$  все значения температуры сетевой воды принимаются такими же, как при характерном значении температуры в точке излома графика  $t_{\text{н.н}}$ .

### 3.1.6. Оценка температуры сетевой воды в обратной линии систем отопления совокупности потребителей

Оценочная температура сетевой воды в обратном трубопроводе определяется на основе качественного графика температур с учетом понижения температуры воды в подающем трубопроводе за счет тепловых потерь. Кроме того, учитывается повышение относительного и удельного расхода сетевой воды на системы отопления и вентиляции.

При понижении температуры наружного воздуха вследствие сокращения расхода сетевой воды на автоматизированные подогреватели систем ГВС и сокращения водоразбора из подающей линии при его увеличении из обратной растет относительный расход сетевой воды на отопление и вентиляцию. Определить оценочное значение относительного расхода сетевой воды на отопление и вентиляцию  $y_{\text{ов}}^{\text{оц}}$  при основных характерных значениях температуры наружного воздуха (в точке излома принимается равным 1) можно по эмпирическим формулам:

$$\text{при } t_{\text{н.п}} \quad y_{\text{ов}}^{\text{оц}} = 1 + a_{\text{з.а}} + 0,4(a_{\text{о.а}} + a_{\text{о.нв}}); \quad (12)$$

$$\text{при } t_{\text{н.с}} \quad y_{\text{ов}}^{\text{оц}} = 1 + 1,3a_{\text{з.а}} + 0,7(a_{\text{о.а}} + a_{\text{о.нв}}). \quad (13)$$

При  $t_{\text{н.р}}$  оценочное значение относительного расхода сетевой воды на отопление и вентиляцию принимается как среднее между аналогичными значениями  $y_{\text{ов}}^{\text{оц}}$ , определенными при  $t_{\text{н.с}}$  и  $t_{\text{н.п}}$ .

Коэффициент увеличения расхода сетевой воды ("коэффициент выстывания") на непосредственно присоединенные системы отопления  $K_{\text{от}}$  постоянен в течение всего отопительного сезона и определяется только в точке излома температурного графика по формуле

$$K_{от} = \frac{2t_{1н} - (t_{3н} + t_{2н})}{2t_{1\Sigma}^{оц} - (t_{3н} + t_{2н})}. \quad (14)$$

В данной формуле значения температуры воды в подающем трубопроводе тепловой сети  $t_{1н}$  и воды до и после систем отопления  $t_{3н}$  и  $t_{2н}$  принимаются по качественному температурному графику в точке излома.

Оценочная температура сетевой воды в обратной линии систем отопления совокупности потребителей  $t_{2об}^{оц}$  (°C) определяется при характерных значениях температуры наружного воздуха по формуле

$$t_{2об}^{оц} = t_{1\Sigma}^{оц} - \frac{2(t_{1\Sigma}^{оц} - t_{н.х})(t_{1к} - t_{2к})}{(t_{3к} + t_{2к} - 2t_{н.х}) \cdot K_{от} \gamma_{об}^{оц} + 2t_{1к} - (t_{3к} + t_{2к})}, \quad (15)$$

где  $t_{1к}$ ,  $t_{2к}$  и  $t_{3к}$  - соответственно температура сетевой воды в подающем, обратном трубопроводах тепловой сети и в подающей линии систем отопления по графику качественного регулирования, °C.

### 3.2. Определение эксплуатационного удельного расхода сетевой воды по видам тепловых нагрузок

#### 3.2.1. Определение эксплуатационного удельного расхода сетевой воды на отопление и вентиляцию при их непосредственном присоединении

Эксплуатационный удельный расход сетевой воды на отопление (вентиляцию)  $g_{об}^{неп}$  (м<sup>3</sup>/Гкал) зависит от тепловых потерь в подающем трубопроводе тепловой сети и поэтому выше номинального, определяемого по расчетному перепаду температур  $\Delta t_{об}^p$  в системе теплоснабжения. Номинальный удельный расход сетевой воды на отопление (вентиляцию)  $g_{об}^{ном}$  (величина, обратная  $\Delta t_{об}^p$ , с коэффициентом  $10^3$ ), к примеру, при эксплуатационном температурном графике качественного регулирования 150/70 °C составляет 12,5 м<sup>3</sup>/Гкал; при графике 130/70 °C - 16,7 м<sup>3</sup>/Гкал. Эксплуатационный удельный расход сетевой воды на отопление (вентиляцию) определяется по формуле

$$g_{об}^{неп} = K_{от} g_{об}^{ном}. \quad (16)$$

Эксплуатационный удельный расход сетевой воды на отопление групп потребителей с неавтоматизированным непосредственным водоразбором на ГВС учитывает также расход воды на циркуляцию (при ее наличии). В этом случае эксплуатационный удельный расход сетевой воды на отопление (вентиляцию) при наличии циркуляции воды в системах ГВС  $g_{об.ц}^{неп}$  (м<sup>3</sup>/Гкал) определяется по формуле

$$g_{об.ц}^{неп} = g_{об}^{неп} \cdot (1 + 0,7 a_{о.на}). \quad (17)$$

#### 3.2.2. Определение эксплуатационного удельного расхода сетевой воды на ГВС

### при непосредственном водоразборе (открытая схема ГВС)

Эксплуатационный удельный расход сетевой воды на ГВС в автоматизированных системах с непосредственным водоразбором  $g_{вр.а}^p$  (м<sup>3</sup>/Гкал) независимо от наличия циркуляции воды в них определяется в точке излома температурного графика по формуле

$$g_{вр.а}^p = 1,1 \cdot \frac{10^3}{(t_{1\Sigma}^{оц} - 10 - t_{хол.в})}, \quad (18)$$

где  $t_{хол.в}$  - температура холодной водопроводной воды в отопительном сезоне; при отсутствии данных принимается равной 5 °С.

Эксплуатационный удельный расход сетевой воды на ГВС в неавтоматизированных системах с непосредственным водоразбором определяется при характерных значениях температуры наружного воздуха для подающей  $g_{вр.на.п}$  или обратной  $g_{вр.на.о}$  линии в зависимости от температуры сетевой воды в подающей линии (м<sup>3</sup>/Гкал). При температуре воды в подающем трубопроводе, превышающей максимально допустимую (75 °С), водоразбор переводится на обратную линию.

При характерных значениях температуры  $t_{н.н}$  ( $t_n$ ) и  $t_{н.п}$  эксплуатационный удельный расход сетевой воды на ГВС в неавтоматизированных системах с непосредственным водоразбором из подающего трубопровода  $g_{вр.на.п}$  (м<sup>3</sup>/Гкал) определяется по формуле

$$g_{вр.на.п} = 1,1 \cdot \frac{10^3}{(t_{1\Sigma}^{оц} - 5 - t_{хол.в})}. \quad (19)$$

При характерных значениях температуры  $t_{н.с}$  и  $t_{н.р}$  эксплуатационный удельный расход сетевой воды на ГВС в неавтоматизированных системах с непосредственным водоразбором из обратного трубопровода  $g_{вр.на.о}$  (м<sup>3</sup>/Гкал) определяется по формуле

$$g_{вр.на.о} = 1,1 \cdot \frac{10^3}{(t_{2ов}^{оц} - 5 - t_{хол.в})}. \quad (20)$$

### 3.2.3. Определение эксплуатационного удельного расхода сетевой воды на отопление при независимом присоединении систем отопления (вентиляции)

Расчет эксплуатационного удельного расхода сетевой воды на подогреватели независимо присоединенных систем отопления (вентиляции) выполняется в точке излома температурного графика.

Ввиду сложности расчета эксплуатационного удельного расхода сетевой воды на подогреватели независимо присоединенных систем отопления  $g_{р.ов.нез}$  (м<sup>3</sup>/Гкал) без соответствующего программного обеспечения допустимо использовать таблицу для оценки удельного расхода сетевой воды при независимой схеме присоединения систем отопления (вентиляции), приведенную в приложении 2, где указаны реальные значения  $g_{р.ов.нез}$ , рассчитанные для различных условий. По этой таблице можно методом

интерполяции между ближайшими к фактическим значениями с достаточной степенью точности определить значение удельного расхода сетевой воды на отопление при независимом присоединении систем отопления.

#### **3.2.4. Определение эксплуатационного удельного расхода сетевой воды на ГВС при присоединении систем ГВС посредством водоводяных подогревателей, включенных по параллельной схеме**

Для подогревателей ГВС, не оснащенных регуляторами температуры (РТ), расчет удельного расхода сетевой воды на ГВС производится только в условиях точки излома температурного графика, а для автоматизированных подогревателей (с РТ) - при условиях, соответствующих характерным значениям температуры наружного воздуха  $t_{н.н}$ ,  $t_{н.с}$ ,  $t_{н.п}$  и  $t_{н.р}$ . Из-за трудоемкости расчетов предлагается использовать таблицу для оценки удельного расхода сетевой воды при закрытой схеме присоединения систем ГВС с параллельно включенными подогревателями, приведенную в приложении 3, для определения значений эксплуатационного удельного расхода сетевой воды на ГВС при присоединении систем ГВС посредством водоводяных подогревателей, включенных по параллельной схеме  $g_{вп}$  ( $\text{м}^3 / \text{Гкал}$ ). При фактических условиях, отличающихся от приведенных в таблице, величина  $g_{вп}$  оценивается методом интерполяции между ближайшими к фактическим значениями этого показателя.

#### **3.2.5. Определение эксплуатационного удельного расхода сетевой воды на ГВС при присоединении систем ГВС посредством водоводяных подогревателей, включенных по смешанной схеме**

Так же, как и в случае параллельной схемы, при присоединении водоподогревателей ГВС, не оснащенных РТ, расчет удельного расхода сетевой воды на ГВС производится только в условиях точки излома температурного графика, а для автоматизированных подогревателей (с РТ) - при условиях, соответствующих характерным значениям температуры наружного воздуха  $t_{н.н}$ ,  $t_{н.с}$  и  $t_{н.п}$ .

Расчет эксплуатационного удельного расхода сетевой воды на ГВС при смешанной схеме включения подогревателей и непосредственной схеме присоединения систем отопления производится с помощью ПЭВМ. Как вариант в настоящих Методических указаниях предлагаются алгоритмы расчета эксплуатационного удельного расхода сетевой воды на ГВС при смешанной схеме включения подогревателей и непосредственной схеме присоединения систем отопления такого рода расчетов, составленные для программы "Mathematica 2.2", и приводятся в приложении 4. По этим алгоритмам специалисту несложно представить программы расчета и в более удобном виде электронных таблиц, в частности Excel.

При использовании многоходовых подогревателей (например, ТМПО, ТМПГ) вместо количества секций учитывается число ходов.

#### **3.2.6. Определение эксплуатационного удельного расхода сетевой воды на отопление и ГВС (на тепловой пункт - ТП) при последовательной схеме включения подогревателей**

Эксплуатационный удельный расход сетевой воды при последовательной схеме определяется совместно на отопление и ГВС. Удельный расход сетевой воды на ТП с

последовательной схемой включения подогревателей ГВС представляет собой расход сетевой воды на 1 Гкал расчетной отопительной нагрузки ( $g_{\text{гв}}$  м<sup>3</sup>/Гкал).

Эксплуатационный удельный расход сетевой воды на ТП с последовательной схемой включения подогревателей ГВС определяется только в точке излома температурного графика и является постоянным на протяжении всего отопительного сезона.

Расчет эксплуатационного удельного расхода сетевой воды на ТП при последовательной схеме включения водоподогревателей производится с помощью ПЭВМ. Алгоритмы расчетов эксплуатационного удельного расхода сетевой воды на ТП при последовательной схеме включения водоподогревателей, составленные для программы "Mathematica 2.2", приведены в приложении 5.

#### **4. ПРОВЕДЕНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ**

При постоянстве температуры сетевой воды в подающей линии тепловой сети в диапазоне срезки нормативного температурного графика гидравлические расчеты системы теплоснабжения производятся при трех характерных значениях температуры наружного воздуха:

- температуре наружного воздуха в точке излома (спрямления) нормативного температурного графика  $t_{\text{н.к}}$ ;

- промежуточной температуре наружного воздуха, соответствующей точке перевода неавтоматизированного непосредственного водоразбора с одной линии на другую  $t_{\text{н.п}}$ ; если неавтоматизированный водоразбор в системе теплоснабжения отсутствует, то гидравлический расчет производится при  $q \approx 0,5$ , что для условий средней полосы эквивалентно  $t_{\text{н.п}} = (-1 \text{ } ^\circ\text{C}) + (-6 \text{ } ^\circ\text{C})$ ;

- температуре наружного воздуха в точке срезки нормативного температурного графика  $t_{\text{н.с}}$ .

При постоянстве отпуска тепловой энергии в диапазоне срезки нормативного температурного графика гидравлический расчет системы теплоснабжения дополнительно производится и при расчетном значении температуры наружного воздуха для отопления  $t_{\text{н.р}}$ .

Гидравлический расчет системы теплоснабжения при  $t_{\text{н}}$  не производится, поскольку расходы сетевой воды по подающей и обратной линиям практически совпадают с расходами, найденными при  $t_{\text{н.к}}$ .

При температуре наружного воздуха  $t_{\text{н.к}}$  производится однолинейный гидравлический расчет системы теплоснабжения по подающей и обратной линиям тепловой сети без учета гидравлических сопротивлений потребителей. В результате определяются значения гидравлического сопротивления неавтоматизированных систем отопления и вентиляции, а также неавтоматизированных подогревательных установок ГВС при параллельной, смешанной и последовательной схемах включения.

При остальных значениях температуры наружного воздуха производятся двухлинейные гидравлические расчеты системы теплоснабжения - совместно подающей и обратной линий тепловой сети и указанных категорий потребителей с учетом найденного их гидравлического сопротивления. При двухлинейных гидравлических расчетах используются выводные гидравлические характеристики источника тепловой энергии и насосных станций (зависимости располагаемого напора на выводах от расхода сетевой воды). При однолинейном гидравлическом расчете разность напоров в подающей и обратной линиях на выводах источника тепловой энергии должна соответствовать его выводной гидравлической характеристике.

Гидравлические расчеты системы теплоснабжения производятся по распространенным программам для ПЭВМ.

Значения расхода сетевой воды по подающей линии системы теплоснабжения, найденные в результате гидравлических расчетов при характерных значениях температуры наружного воздуха, служат основой для определения нормируемого удельного расхода сетевой воды по подающей линии на передачу тепловой энергии, являющегося одной из режимных характеристик системы теплоснабжения.

Значения относительного расхода сетевой воды на системы отопления и вентиляции, определяемые в результате гидравлических расчетов системы теплоснабжения, служат основой для определения фактических значений расхода тепловой энергии на эти системы, входящего в общий отпуск ее в системе теплоснабжения.

После проведения гидравлических расчетов системы теплоснабжения при всех характерных значениях температуры наружного воздуха выписываются следующие результаты:

- расход сетевой воды по подающей линии системы теплоснабжения  $G_{1\Sigma}$  ;
- расход сетевой воды по обратной линии системы теплоснабжения  $G_{2\Sigma}$  ;
- расход сетевой воды на автоматизированный водоразбор из подающей линии в системе теплоснабжения  $G_{вр.а.п}$  ;
- расход сетевой воды на неавтоматизированный водоразбор из подающей линии в системе теплоснабжения  $G_{вр.н.а.п}$  ;
- относительный расход сетевой воды по системе теплоснабжения на неавтоматизированные системы отопления и вентиляции и неавтоматизированные подогревательные установки ГВС  $V_{об}$  .

Относительный расход сетевой воды на указанные неавтоматизированные системы теплоснабжения при  $t_{н.н}$  равен единице и поэтому из гидравлического расчета не определяется. Его значение при  $t_{н}$  также практически равно единице.

Значения относительного расхода сетевой воды на неавтоматизированные системы отопления и вентиляции, полученные как результат проведенных гидравлических расчетов, необходимы для определения фактического теплоснабжения этих систем на протяжении отопительного сезона.

## 5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТПУСКА ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ В СИСТЕМЕ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

При расчете энергетической характеристики предусматривается, что отпуск тепловой энергии в системе теплоснабжения обеспечивает следующие тепловые нагрузки, Гкал/ч:

- расход тепловой энергии на системы отопления и вентиляции при непосредственной и независимой схемах их присоединения  $\sum(Q_{ОВ})_{неп}$  и  $\sum(Q_{ОВ})_{нез}$  ;

- средненедельный расход тепловой энергии на подогревательные установки ГВС, включающий в себя и расход тепловой энергии на циркуляцию воды в присоединенных системах ГВС,  $\sum(Q_{ГВС}^{ср.н})_{вп}$  и  $\sum(Q_{Ц}^p)_{вп}$  ;

- средненедельный расход тепловой энергии на непосредственный водоразбор, включающий в себя и расход тепловой энергии на циркуляцию воды в системах ГВС,  $\sum(Q_{ГВС}^{ср.н})_{вр}$  и  $\sum(Q_{Ц}^p)_{вр}$  ;

- тепловые потери трубопроводов тепловой сети через теплоизоляционную конструкцию и с потерями сетевой воды в системе теплоснабжения  $Q_{т.п}$  и  $Q_{тсв}$  .

### 5.1. Расчет теплопотребления систем отопления (вентиляции)

Теплопотребление как непосредственно, так и независимо присоединенных неавтоматизированных систем отопления зависит от температуры наружного воздуха и относительного расхода тепловой энергии на эти системы  $X$  на протяжении отопительного сезона. Для обоих видов присоединения систем отопления учет температуры наружного воздуха осуществляется посредством величины  $q_x$  .

Относительный расход тепловой энергии  $X$  , равный отношению фактического теплопотребления систем отопления к расходу тепловой энергии, необходимому при качественном режиме ее отпуска, зависит от отклонений температуры сетевой воды перед системами отопления (вентиляции) от графика качественного регулирования и от относительного расхода сетевой воды  $V_{ОВ}$  , поступающей к ним из тепловой сети. Величина  $V_{ОВ}$  представляет собой средний относительный расход сетевой воды в системе теплоснабжения и характеризует отклонения расхода воды на системы отопления от номинального расчетного, соответствующего качественному режиму отпуска тепловой энергии. Значение  $V_{ОВ}$  находится в результате гидравлического расчета системы теплоснабжения.

Фактическое теплопотребление систем отопления (вентиляции) при характерных значениях температуры наружного воздуха и относительных расходах сетевой воды, полученных в результате гидравлических расчетов,  $\sum Q_{ф.ов}$  (Гкал/ч), находится по формуле

$$\sum Q_{ф.ов} = X q_x \sum Q_{р.ов} , \quad (21)$$

где  $X$  - относительный расход тепловой энергии.

Ввиду незначительной, как правило, доли отопительной нагрузки, подключенной по независимой схеме, относительный расход тепловой энергии на отопление определяется так же, как при непосредственной схеме его присоединения.

Определение относительного расхода тепловой энергии при непосредственном присоединении систем отопления (вентиляции) выполняется для пяти характерных значений температуры наружного воздуха.

При непосредственном присоединении систем отопления относительный расход тепловой энергии при отклонениях от качественного режима регулирования для каждой температуры наружного воздуха  $X$  находится по формуле

$$X = \frac{2(t_{1\Sigma}^{\text{он}} - t_{\text{н.х}})}{t_{3\text{к}} + t_{2\text{к}} - 2t_{\text{н.х}} + \frac{2t_{1\text{к}} - (t_{3\text{к}} + t_{2\text{к}})}{K_{\text{от}} V_{\text{ов}}}}, \quad (22)$$

где  $V_{\text{ов}}$  - средний по системе теплоснабжения относительный расход сетевой воды на неавтоматизированные системы отопления при данном характерном значении температуры наружного воздуха, найденный по результатам гидравлического расчета систем теплоснабжения при соответствующем значении температуры наружного воздуха.

## 5.2. Определение расхода тепловой энергии на системы ГВС и циркуляцию воды в них

Средненедельный расход тепловой энергии на ГВС при любых схемах его присоединения к тепловой сети не зависит от температуры наружного воздуха и принимается исходя из договорных нагрузок.

Значения расхода тепловой энергии на циркуляцию воды в системах ГВС (при ее наличии) принимаются в зависимости от вида ТП с соответствующими коэффициентами на тепловые потери  $K_{\text{т.п}}$ : если в системе теплоснабжения преобладают центральные тепловые пункты (ЦТП), то  $K_{\text{т.п}}=0,25$ ; если индивидуальные -  $K_{\text{т.п}}=0,2$ .

## 5.3. Определение расхода тепловой энергии совокупностью потребителей

Расход тепловой энергии совокупностью потребителей в системе теплоснабжения при всех характерных значениях температуры наружного воздуха складывается из расхода тепловой энергии на отопление (вентиляцию), средненедельной нагрузки ГВС (с коэффициентом 1,1) и расхода тепловой энергии на циркуляцию в системах ГВС.

Расход тепловой энергии совокупностью потребителей  $Q_{\Sigma}$  (Гкал/ч) определяется по формуле

$$Q_{\Sigma} = \sum Q_{\text{ф.ов}} + 1,1 \sum (Q_{\text{ГВС}}^{\text{ср.н}})_{\text{вп}} + \sum (Q_{\text{ц}}^{\text{р}})_{\text{вп}} + 1,1 \sum (Q_{\text{ГВС}}^{\text{ср.н}})_{\text{вр}} + \sum (Q_{\text{ц}}^{\text{р}})_{\text{вр}}. \quad (23)$$

## 5.4. Определение тепловых потерь и отпуска тепловой энергии в системе

## теплоснабжения

Отпуск тепловой энергии от источника в системе теплоснабжения  $Q_{ст}$  складывается из теплоснабжения совокупности потребителей  $Q_{\Sigma}$ , тепловых потерь через изоляцию трубопроводов  $\sum Q_{т.п}$  и с потерями сетевой воды  $Q_{псв}$ . Отпуск тепловой энергии при каждом характерном значении температуры наружного воздуха определяется по формуле

$$Q_{ст} = Q_{\Sigma} + \sum Q_{т.п} + \sum Q_{псв}. \quad (24)$$

Тепловые потери трубопроводами тепловой сети через теплоизоляционные конструкции  $\sum Q_{т.п}$  (Гкал/ч) определяются согласно п.3.1.4 настоящих Методических указаний.

Тепловые потери с потерями сетевой воды  $\sum Q_{псв}$  (Гкал/ч) определяются для системы теплоснабжения в целом исходя из результатов разработки энергетических характеристик тепловых сетей по показателям "потери сетевой воды" и "тепловые потери". При отсутствии данных тепловые потери с потерями сетевой воды на основании анализа статистической информации оцениваются в размере 2,5% расхода тепловой энергии  $Q_{\Sigma}$ .

## 6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НОРМИРУЕМОГО УДЕЛЬНОГО РАСХОДА СЕТЕВОЙ ВОДЫ В ПОДАЮЩЕЙ ЛИНИИ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Нормируемые значения удельного среднечасового расхода сетевой воды  $g_{ст}^н$  ( $м^3 / Гкал$ ) в подающей линии тепловой сети на отпуск тепловой энергии при характерных значениях температуры наружного воздуха определяются в системе теплоснабжения по формуле

$$g_{ст}^н = \frac{G_{1\Sigma} \rho_1}{Q_{ст} \cdot 10^3}, \quad (25)$$

где  $\rho_1$  - плотность сетевой воды в подающем трубопроводе тепловой сети системы теплоснабжения,  $кг/м^3$ ; принимается по значениям температуры сетевой воды по эксплуатационному температурному графику.

Величина  $g_{ст}^н$  является энергетической характеристикой системы транспорта тепловой энергии (режимной характеристикой системы теплоснабжения) по показателю "удельный расход сетевой воды".

По нормируемым значениям  $g_{ст}^н$  при характерных значениях температуры наружного воздуха строится график. Вид графика изменения нормируемых значений удельного расхода сетевой воды в подающем трубопроводе при характерных значениях температуры наружного воздуха приведен в приложении 6. Так же рекомендуется строить график изменения нормируемого значения расходов сетевой воды в подающем и обратном трубопроводах в зависимости от характерных значений температуры наружного воздуха (график нормируемого гидравлического режима системы теплоснабжения).

**ПЕРЕЧЕНЬ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ,  
НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ СОСТАВЛЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ  
ХАРАКТЕРИСТИКИ  
ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ ПО ПОКАЗАТЕЛЮ "УДЕЛЬНЫЙ СРЕДНЕЧАСОВОЙ  
РАСХОД СЕТЕВОЙ ВОДЫ"**

**1. По источникам тепловой энергии**

1.1. График температур сетевой воды в подающем трубопроводе, утвержденный АО-энерго.

1.2. Давление в обратном коллекторе источников тепловой энергии.

1.3. Зависимость выводного располагаемого напора источников тепловой энергии от расхода сетевой воды (как минимум для двух точек).

**2. По тепловой сети (раздельно по ведомственной принадлежности)**

2.1. Схема тепловой сети от источников тепловой энергии до камер присоединения потребителей по состоянию на начало проведения работ.

2.2. Гидравлические характеристики всех участков тепловой сети от источников тепловой энергии до камер присоединения потребителей (групп потребителей); по каждому участку приводятся:

- длина, диаметр и толщина стенки трубопроводов;
- коэффициент местных сопротивлений;
- коэффициент эквивалентной шероховатости по результатам испытаний.

2.3. Пьезометрические отметки по магистральным тепловым сетям.

2.4. Расположение на тепловой сети ЦТП с нанесением сети отопления за ними (при непосредственном их присоединении).

2.5. Результаты последних испытаний магистральных тепловых сетей на тепловые и гидравлические потери.

**3. По потребителям (группам потребителей) тепловой сети**

3.1. Геодезические отметки и высота систем отопления при высотной застройке.

3.2. Тепловые нагрузки:

- на отопление и вентиляцию с указанием схемы присоединения - непосредственная или независимая; для промышленных потребителей при непосредственной схеме присоединения - раздельно на отопление, вентиляцию и технологию;

- на ГВС - максимальная часовая и (или) средненедельная.

### 3.3. Схемы присоединения нагрузки ГВС:

- открытая схема - непосредственный водоразбор;
- закрытая схема - через водоподогреватели с указанием схемы их включения (параллельная, смешанная, последовательная).

### 3.4. Наличие или отсутствие РТ воды на входе в систему ГВС.

### 3.5. Наличие циркуляции в системах ГВС.

### 3.6. Характеристики водоподогревательных установок отопления и ГВС у потребителей:

- количество секций водоподогревателей отопления;
- для смешанной и последовательной схем включения подогревателей - количество секций в I и II ступенях нагрева отдельно.

## **4. По насосным станциям (раздельно по ведомственной принадлежности)**

По каждой насосной станции указываются:

- месторасположение на сети (на схеме);
- назначение насосной станции;
- наличие регуляторов и тип регуляторов давления, значение давления в импульсной точке;
- зависимость располагаемого напора рабочих насосов от расхода не менее чем для двух точек (или тип, количество, мощность, число оборотов, фактические диаметры рабочих колес рабочих насосов).

## **5. По ЦТП (только на балансе АО-энерго)**

По каждому ЦТП указываются:

- функциональное назначение каждой группы насосов (подкачивающие, циркуляционные, смещения и др.);
- количество и тип рабочих насосов в группе;
- число оборотов и фактические диаметры рабочих колес насосов в каждой группе.

## Приложение 2

### **ТАБЛИЦА ДЛЯ ОЦЕНКИ УДЕЛЬНОГО РАСХОДА СЕТЕВОЙ ВОДЫ ПРИ НЕЗАВИСИМОЙ СХЕМЕ ПРИСОЕДИНЕНИЯ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ (ВЕНТИЛЯЦИИ)**

Коэффициент эффективности подогрвателя	Расчетная температура вторым контуре отопительным подогрвателем, °С	Расчетная для отопления температура наружного воздуха, °С	Понижение температуры сетевой воды в подающем трубопроводе за счет тепловых потерь, °С	Удельный расход сетевой воды на отопление (м <sup>3</sup> /Гкал) при соответствующем количестве секций подогрвателя									
				2 секции	3 секции	4 секции	5 секций	6 секций	7 секций	8 секций	9 секций	10 секций	
0,6	95	-20	1	27,0	19,4	16,7	15,5	14,8	14,4	14,2			
			3	31,1	21,9	18,6	17,1	16,3	15,8	15,5			
		-25	1	27,9	19,9	17,1	15,8	15,1	14,7	14,5			
			3	32,2	22,5	19,1	17,5	16,6	16,1	15,8			
		-30	1	24,1	17,6	15,3	14,3	13,7	13,4	13,2			
			3	27,5	19,7	16,9	15,7	15,0	14,6	14,4			
	-35	1	32,7	22,8	19,3	17,6	16,8	16,3	15,9				

			3	38,4	26,2	21,8	19,7	18,6	17,9	17,5			
105	-20	1			24,3	19,6	17,4	16,1	15,4	14,9	14,6		
		3			28,2	22,4	19,6	18,0	17,1	16,5	16,1		
	-25	1			25,1	20,1	17,8	16,5	15,7	15,2	14,9		
		3			28,6	23,1	20,1	18,5	17,5	16,8	16,4		
	-30	1			21,5	17,6	15,8	14,8	14,2	13,8	13,5		
		3			24,7	19,9	17,6	16,4	15,6	15,1	14,8		
	-35	1			28,6	23,4	20,4	18,7	17,7	17,0	16,6	16,3	
		3				27,4	23,5	21,3	19,9	19,1	18,5	18,1	
	0,8	95	-20	1	21,1	16,7	15,2	14,6	14,2	14,1			
				3	23,9	18,6	16,7	15,9	15,5	15,3			
-25		1	21,6	17,1	15,5	14,8	14,5	14,3					
		3	24,6	19,1	17,1	16,2	15,8	15,6					
-30		1	19,0	15,3	14,0	13,5	13,2	13,1					
		3	21,4	16,9	15,4	14,7	14,4	14,2					

		-35	1	24,9	19,3	17,3	16,4	15,9	15,7			
			3	28,8	21,8	19,3	18,1	17,5	17,2			
	105	-20	1	27,1	19,6	16,9	15,6	14,9	14,5	14,3		
			3	28,6	22,4	19,0	17,3	16,5	16,0	15,6		
		-25	1	28,0	20,1	17,3	16,0	15,2	14,8	14,6		
			3	28,6	23,1	19,5	17,8	16,8	16,3	16,0		
		-30	1	23,9	17,6	15,4	14,3	13,8	13,5	13,3		
			3	27,6	19,9	17,1	15,8	15,1	14,7	14,5		
		-35	1		23,4	19,7	18,0	17,0	16,5	16,1	15,9	
			3		27,4	22,6	20,3	19,1	18,3	17,8	17,5	

### Приложение 3

#### ТАБЛИЦА ДЛЯ ОЦЕНКИ УДЕЛЬНОГО РАСХОДА СЕТЕВОЙ ВОДЫ ПРИ ЗАКРЫТОЙ СХЕМЕ ПРИСОЕДИНЕНИЯ СИСТЕМ ГВС С ПАРАЛЛЕЛЬНО ВКЛЮЧЕННЫМИ ПОДОГРЕВАТЕЛЯМИ

Тем- пера- тура сетевой воды в подаю- щем трубо- проводе	Пони- жение темпера- туры сетевой воды в подающе м трубо- проводе	Удельный расход сетевой воды на ГВС с параллельной схемой включения подогревателя (м <sup>3</sup> /Гкал) при соответствующем количестве секций подогревателя
--	---	---

, °С	за счет тепловых потерь, °С											
		2 секции	3 секции	4 секции	5 секции	6 секции	7 секции	8 секции	9 секции	10 секции	11 секции	12 секции
70	1	205	103	67,1	50,1	40,8	35,0	31,2	28,5	26,5	25,0	23,9
	3	250	124	79,2	58,4	46,9	39,8	35,1	31,8	29,4	27,6	26,2
80	1	106	56,4	38,9	30,6	26,0	23,2	21,3	20,0			
	3	118	62,1	42,4	33,1	27,9	24,7	22,6	21,1	20,0		
90	1	65,0	36,8	26,7	20,0	19,2	17,5	16,5	15,7	15,1	14,7	14,4
	3	70,0	39,3	28,3		20,0	18,3	17,1	16,3	15,7	15,3	14,9
100	1			20,0	17,5	15,7	14,5	13,8	13,3	12,9	12,7	12,5
	3		29,2	20,0	18,2	16,3	15,1	14,3	13,7	13,3	13,0	12,8
110	1		20,0	17,1	14,7	13,3	12,5	12,0	11,6	11,4	11,2	11,0
	3			17,8	15,2	13,7	12,9	12,3	11,9	11,6	11,4	11,3
120	1	29,5	18,5	14,6	12,7	11,7	11,0	10,6	10,4	10,2	10,0	9,9
	3	30,7	19,1	15,0	13,0	12,0	11,3	10,9	10,6	10,4	10,2	10,1
130	1		15,8	12,7	11,2	10,4	9,9	9,6	9,4	9,2	9,1	9,1

	3	20,0	16,3	13,0	11,5	10,6	10,1	9,8	9,5	9,4	9,3	9,2
140	1		13,8	11,2	10,0	9,4	9,0	8,7	8,6	8,5	8,4	
	3	20,0	14,1	11,5	10,2	9,5	9,1	8,9	8,7	8,6	8,5	8,5
150	1	18,1	12,2	10,1	9,1	8,5	8,2	8,0	7,9	7,8		
	3	18,6	12,5	10,3	9,2	8,7	8,4	8,2	8,0	7,9		

#### Приложение 4

### **АЛГОРИТМЫ РАСЧЕТА ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО УДЕЛЬНОГО РАСХОДА СЕТЕВОЙ ВОДЫ НА ГВС ПРИ СМЕШАННОЙ СХЕМЕ ВКЛЮЧЕНИЯ ПОДОГРЕВАТЕЛЕЙ И НЕПОСРЕДСТВЕННОЙ СХЕМЕ ПРИСОЕДИНЕНИЯ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ ТАКОГО РОДА РАСЧЕТОВ, СОСТАВЛЕННЫЕ ДЛЯ ПРОГРАММЫ "МАТЕМАТИКА 2.2"**

**1) Алгоритм определения эксплуатационного удельного расхода сетевой воды на ГВС при смешанной схеме включения автоматизированной подогревательной установки ГВС с циркуляцией воды в системе ГВС и непосредственной схеме присоединения систем отопления в диапазоне срезки температурного графика**

Mixed scheme with circulation, with PT, direct scheme CO.

$T_n = (\text{or} <) T_{nc}, K_{tp} > 0). \quad g_t = ?$

SetAttribute [ {Tv, Tnp, T1p, T2p, T3p, gop, Kot, Tgp, Tx, Tc, Tn, T1, DTtp1, y, Ktp, a, m1, m2, n1, n2}, Constant ]

Tv=

Tnp=

T1p=

T2p=

T3p=

gop=

Kot=

Tgp=

Tx=

Tc=

Tn=

T1=

DTtp1=

y=

Ktp=

a=

m1=

m2=

n1=

n2=

FindRoot [ {T1k==T3k+(T1p-T3p) \* q,

T2k==T3k-(T3p-T2p) \* q,

T3k==Tv+0.5 \* (T3p-T2p) \* q+(0.5 \* (T3p+T2p)-Tv) \* q^0.8,

q==(Tv-Tn) / (Tv-Tnp),

x==(T1tp-Tn) / (0.5 \* (T3k+T2k)+( T1k-0.5 \* (T3k+T2k) ) / (y\*Kot)-Tn),

T1tp==T1-DTtp1,

T2o==T1tp-x \* (T1k-T2k) / (y \* Kot),

c==0.8 \* Ktp \* (0.5 \* (Tgp+Tc)-Tx) / (Tgp-Tc),

P1==(1000 / (0.5 \* (Tgp+Tc)-Tx) ) \* a / (y \* Kot \* gop+a \* gt),

P2==(1000 / (0.5 \* (Tgp+Tc)-Tx) ) \* (1+c) / gt,

A1==0.49 \* m1 \* n1 \* (1-P1) / Sqrt [P1],

$$A2 == 0.63 * m2 * n2 * (1 - P2) / \text{Sqrt}[P2],$$

$$Ts2 == T1tp - (T1tp - Tgp) * (\text{Exp}[A2] - 1) * P2 / (1 - P2),$$

$$Th2 == Tgp - (T1tp - Ts2) / P2,$$

$$Th1 == Tx + (Ts1 - Tx) * (\text{Exp}[A1] - 1) / (\text{Exp}[A1] - P1),$$

$$Ts1 == (a * gt * Ts2 + y * Kot * gop * T2o) / (a * gt + y * Kot * gop),$$

$$Th2 == (Th1 + Tc * c) / (1 + c),$$

$$T2 == Ts1 - (Th1 - Tx) * P1,$$

{T1k, 120}, {T2k, 60}, {T3k, 80}, {q, 0.7}, {x, 1}, {T1tp, 115}, {T2o, 60}, {c, 1}, {P1, 0.3}, {P2, 2.5},

{A1, 3}, {A2, 1.5}, {Ts2, 50}, {Ts1, 50}, {Th2, 50}, {Th1, 50}, {T2, 40}, {gt, 15},  
MaxIterations->100 ]

ClearAttribute [ {Tv, Tnp, T1p, T2p, T3p, gop, Kot, Tgp, Tx, Tc, Tn, T1, DTtp1, y, Ktp, a, m1, m2, n1, n2} ]

**2) Алгоритм определения эксплуатационного удельного расхода сетевой воды на ГВС при смешанной схеме включения подогревателей с РТ и без РТ, с циркулирующей воды и при ее отсутствии и непосредственной схеме присоединения систем отопления в диапазоне спрямления температурного графика**

Mixed scheme with (without) circulation, with (without) РТ, direct scheme СО.

$$Tn = (\text{or} >) Tnu. \quad gt = ?$$

SetAttribute [ {Tv, Tnp, T1p, T2p, T3p, gop, Kot, Tgp, Tx, Tc, Tn, T1, DTtp1, y, Ktp, a, m1, m2, n1, n2}, Constant ]

$$Tv =$$

$$Tnp =$$

$$T1p =$$

$$T2p =$$

$$T3p =$$

$$gop =$$

$$Kot =$$

$$Tgp =$$

$$Tx =$$

$$Tc=$$

$$Tn=$$

$$T1=$$

$$DTtp1=$$

$$y=$$

$$Ktp=$$

$$a=$$

$$m1=$$

$$m2=$$

$$n1=$$

$$n2=$$

$$\text{FindRoot} [ \{ T1k == T3k + (T1p - T3p) * q,$$

$$T2k == T3k - (T3p - T2p) * q,$$

$$T3k == Tv + 0.5 * (T3p - T2p) * q + (0.5 * (T3p + T2p) - Tv) * q^{0.8},$$

$$q == (Tv - Tn) / (Tv - Tnp),$$

$$x == (T1tp - Tn) / (0.5 * (T3k + T2k) + (T1k - 0.5 * (T3k + T2k)) / (y * Kot) - Tn),$$

$$T1tp == T1 - DTtp1,$$

$$T2o == T1tp - x * (T1k - T2k) / (y * Kot),$$

$$c == 0.8 * Ktp * (0.5 * (Tgp + Tc) - Tx) / (Tgp - Tc),$$

$$P1 == (1000 / (0.5 * (Tgp + Tc) - Tx)) * a / (y * Kot * gop + a * gt),$$

$$P2 == (1000 / (0.5 * (Tgp + Tc) - Tx)) * (1 + c) / gt,$$

$$A1 == 0.46 * m1 * n1 * (1 - P1) / \text{Sqrt} [P1],$$

$$A2 == 0.58 * m2 * n2 * (1 - P2) / \text{Sqrt} [P2],$$

$$Ts2 == T1tp - (T1tp - Tgp) * (\text{Exp} [A2] - 1) * P2 / (1 - P2),$$

$$Th2 == Tgp - (T1tp - Ts2) / P2,$$

$$Th1 == Tx + (Ts1 - Tx) * (\text{Exp} [A1] - 1) / (\text{Exp} [A1] - P1),$$

$$Ts1==(a * gt * Ts2+y * Kot * gop * T2o) / (a * gt+y * Kot * gop),$$

$$Th2==(Th1+Tc * c) / (1+c),$$

$$T2==Ts1-(Th1-Tx) * P1},$$

{T1k, 70}, {T2k, 40}, {T3k, 50}, {q, 0.2}, {x, 1.2}, {T1tp, 70}, {T2o, 50}, {c, 1}, {P1, 0.3}, {P2, 0.9},

{A1, 2}, {A2, 0.4}, {Ts2, 50}, {Ts1, 50}, {Th2, 50}, {Th1, 50}, {T2, 30}, {gt, 25},  
MaxIterations->100]

ClearAttribute [ {Tv, Tnp, T1p, T2p, T3p, gop, Kot, Tgp, Tx, Tc, Tn, T1, DTtp1, y, Ktp, a,  
m1, m2, n1, n2} ]

**3) Алгоритм определения эксплуатационного удельного расхода сетевой воды на ГВС при смешанной схеме включения подогревателей с РТ, с циркуляцией воды и при ее отсутствии и непосредственной схеме присоединения систем отопления в диапазонах температур наружного воздуха, прилегающих к  $t_{нв} \approx -5 \text{ }^\circ\text{C}$**

Mixed scheme with (without) circulation, with PT, direct scheme CO.

$$Tn=-5(\text{or}>>-5). \quad gt=?$$

SetAttribute [ {Tv, Tnp, T1p, T2p, T3p, gop, Kot, Tgp, Tx, Tc, Tn, T1, DTtp1, y, Ktp, a,  
m1, m2, n1, n2}, Constant ]

$$Tv=$$

$$Tnp=$$

$$T1p=$$

$$T2p=$$

$$T3p=$$

$$gop=$$

$$Kot=$$

$$Tgp=$$

$$Tx=$$

$$Tc=$$

$$Tn=$$

$$T1=$$

$$DT_{tp1} =$$

$$y =$$

$$K_{tp} =$$

$$a =$$

$$m1 =$$

$$m2 =$$

$$n1 =$$

$$n2 =$$

$$\text{FindRoot} [ \{ T1k == T3k + (T1p - T3p) * q,$$

$$T2k == T3k - (T3p - T2p) * q,$$

$$T3k == T_v + 0.5 * (T3p - T2p) * q + (0.5(T3p + T2p) - T_v) * q^{0.8},$$

$$q == (T_v - T_n) / (T_v - T_{np}),$$

$$x == (T1tp - T_n) / (0.5 * (T3k + T2k) + (T1k - 0.5 * (T3k + T2k)) / (y * K_{ot}) - T_n),$$

$$T1tp == T1 - DT_{tp1},$$

$$T2o == T1tp - x * (T1k - T2k) / (y * K_{ot}),$$

$$c == 0.8 * K_{tp} * (0.5 * (T_{gp} + T_c) - T_x) / (T_{gp} - T_c),$$

$$P1 == (1000 / (0.5 * (T_{gp} + T_c) - T_x)) * a / (y * K_{ot} * g_{op} + a * g_t),$$

$$P2 == (1000 / (0.5 * (T_{gp} + T_c) - T_x)) * (1 + c) / g_t,$$

$$A1 == 0.49 * m1 * n1 * (1 - P1) / \text{Sqrt} [P1],$$

$$A2 == 0.63 * m2 * n2 * (1 - P2) / \text{Sqrt} [P2],$$

$$T_{s2} == T1tp - (T1tp - T_{gp}) * (\text{Exp} [A2] - 1) * P2 / (1 - P2),$$

$$T_{h2} == T_{gp} - (T1tp - T_{s2}) / P2,$$

$$T_{h1} == T_x + (T_{s1} - T_x) * (\text{Exp} [A1] - 1) / (\text{Exp} [A1] - P1),$$

$$T_{s1} == (a * g_t * T_{s2} + y * K_{ot} * g_{op} * T2o) / (a * g_t + y * K_{ot} * g_{op}),$$

$$T_{h2} == (T_{h1} + T_c * c) / (1 + c),$$

$$T2 == T_{s1} - (T_{h1} - T_x) * P1 \},$$

{T1k, 90}, {T2k, 50}, {T3k, 60}, (q, 0.5), {x, 1}, {T1tp, 85}, {T2o, 50}, {c, 1}, {P1, 0.3}, {P2, 4}, {A1, 2}, {A2, -5}, {Ts2, 50}, {Ts1, 50}, {Th2, 50}, {Th1, 50}, (T2, 40), {gt, 10}, MaxIterations->100]

ClearAttribute [ {Tv, Tnp, T1p, T2p, T3p, gop, Kot, Tgp, Tx, Tc, Tn, T1, DTtp1, y, Ktp, a, m1, m2, n1, n2} ]

## Приложение 5

### **АЛГОРИТМЫ РАСЧЕТОВ ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО УДЕЛЬНОГО РАСХОДА СЕТЕВОЙ ВОДЫ НА ТП ПРИ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЙ СХЕМЕ ВКЛЮЧЕНИЯ ВОДОПОДОГРЕВАТЕЛЕЙ, СОСТАВЛЕННЫЕ ДЛЯ ПРОГРАММЫ "МАТЕМАТИКА 2.2"**

**1) Алгоритм определения эксплуатационного удельного расхода сетевой воды на ГВС при последовательной схеме включения автоматизированной подогревательной установки ГВС и непосредственной схеме присоединения систем отопления**

Pos1. scheme with PT and PP direct scheme CO.

$T_n = T_{nu}$ . gtdp=?

SetAttribute [ {Tv, Tnp, T1p, T2p, T3p, Tgp, Tx, Tsp, Tnu, T1u, DTtp1u, Ktp, a, m1, n1}, Constant ]

$T_v =$

$T_{np} =$

$T_{1p} =$

$T_{2p} =$

$T_{3p} =$

$T_{gp} =$

$T_x =$

$T_{sp} =$

$T_{nu} =$

$T_{1u} =$

$DT_{tp1u} =$

$K_{tp} =$

$a =$

```

m1=
n1=
FindRoot [ {T1ku==T3ku+(T1p-T3p) * qu,
T2ku==T3ku-(T3p-T2p) * qu,
T3ku==Tv+0.5 * (T3p-T2p) * qu+(0.5 * (T3p+T2p)-Tv) * qu^0.8,
qu==(Tv-Tnu) / (Tv-Tnp),
T1o==0.5 * (T3ku+T2ku)+(T1ku-0.5 * (T3ku+T2ku) ) * gop / gtdp,
T1tpu==T1u-DTtp1u,
T2o==T1o-(T1ku-T2ku) * gop / gtdp,
c==0.8 * Ktp * (0.5 * (Tgp+Tcp)-Tx) / (Tgp-Tcp),
P1==(1000 / (0.5 * (Tgp+Tcp)-Tx) ) * a / gtdp,
T1o==T1tpu-(Tgp-Th2u) * (1000 / (0.5 * (Tgp+Tcp)-Tx) ) * a * (1+c) / gtdp,
A1==0.46 * m1 * n1 * (1-P1) / Sqrt [P1],
Th2u==(Th1+c * Tcp) / (1+c),
Th1==Tx+(T2o-Tx) * (Exp [A1]-1) / (Exp [A1]-P1),
gop==1000 / (T1p-T2p),
T2==T2o-(Th1-Tx) * P1},
{T1ku, 70}, {T2ku, 40}, {T3ku, 50}, {qu, 0.35}, {T1tpu, 70}, {T2o, 40}, {c, 1}, {P1, 0.3},
{A1, 2},
{T1o, 60}, {gop, 12}, {T2, 30}, {Th2u, 50}, {Th1, 50}, {gtdp, 20}, MaxIterations->100 ]
ClearAttribute [ {Tv, Tnp, T1p, T2p, T3p, Tgp, Tx, Tcp, Tnu, T1u, DTtp1u, Ktp, a, m1,
n1} ]

```

**2) Алгоритм определения эксплуатационного удельного расхода сетевой воды на ГВС при последовательной схеме включения неавтоматизированной подогревательной установки ГВС и непосредственной схеме присоединения систем отопления**

Pos1 scheme without PT and PP direct scheme CO.

$T_n = T_{nu}$ .  $gtdp = ?$

SetAttribute [ {Tv, Tnp, T1p, T2p, T3p, Tx, Tnu, T1u, DTtp1u, Ktp, a, m1, m2, n1, n2},

Constant ]

$T_v =$

$T_{np} =$

$T_{1p} =$

$T_{2p} =$

$T_{3p} =$

$T_x =$

$T_{nu} =$

$T_{1u} =$

$DT_{p1u} =$

$K_{tp} =$

$a =$

$m_1 =$

$m_2 =$

$n_1 =$

$n_2 =$

$FindRoot [ \{ T_{1ku} == T_{3ku} + (T_{1p} - T_{3p}) * qu,$

$T_{2ku} == T_{3ku} - (T_{3p} - T_{2p}) * qu,$

$T_{3ku} == T_v + 0.5 * (T_{3p} - T_{2p}) * qu + (0.5 * (T_{3p} + T_{2p}) - T_v) * qu^{0.8},$

$qu == (T_v - T_{nu}) / (T_v - T_{np}),$

$T_{1o} == 0.5 * (T_{3ku} + T_{2ku}) + (T_{1ku} - 0.5 * (T_{3ku} + T_{2ku})) * gop / gtdp,$

$T_{1tpu} == T_{1u} - DT_{p1u},$

$T_{2o} == T_{1o} - (T_{1ku} - T_{2ku}) * gop / gtdp,$

$c == 0.8 * K_{tp} * (0.5 * (2T_g - 10) - T_x) / 10,$

$P_1 == (1000 / (0.5 * (2T_g - 10) - T_x)) * a / gtdp,$

$T_{1o} == T_{1tpu} - (T_{1tpu} - T_{h2}) * (Exp [A_2] - 1) * P_2 / (Exp [A_2] - P_2),$

$$A1 == 0.46 * m1 * n1 * (1 - P1) / \text{Sqrt} [P1] ,$$

$$Th2 == (Th1 + c * (Tg - 10)) / (1 + c),$$

$$Th1 == Tx + (T2o - Tx) * (\text{Exp} [A1] - 1) / (\text{Exp} [A1] - P1),$$

$$gop == 1000 / (T1p - T2p),$$

$$T2 == T2o - (Th1 - Tx) * P1,$$

$$Tg == Th2 + (T1tpu - Th2) * (\text{Exp} [A2] - 1) / (\text{Exp} [A2] - P2),$$

$$A2 == 0.58 * m2 * n2(1 - P2) / \text{Sqrt} [P2],$$

$$P2 == (1000 / (0.5(2Tg - 10) - Tx)) * a * (1 + c) / gtdp,$$

{T1ku, 70}, {T2ku, 40}, {T3ku, 50}, {qu, 0.35}, {T1tpu, 70}, {T2o, 40}, {c, 1}, {A2, 3},  
{P2, 0.2},

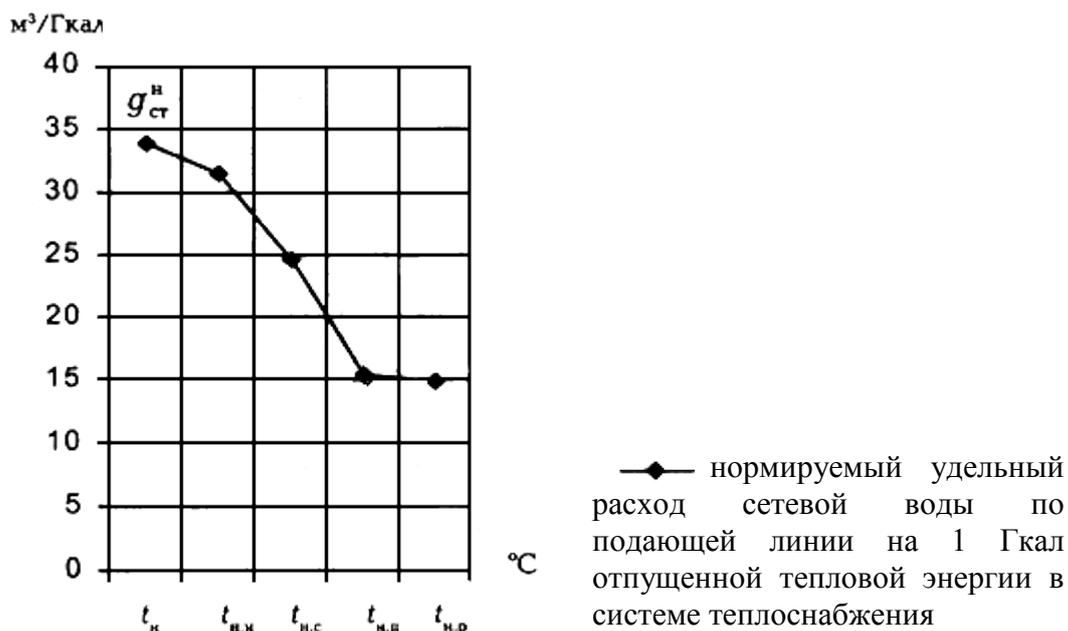
{P1, 0.3}, {A1, 2}, {T1o, 60}, {gop, 12}, {T2, 30}, {Tg, 60}, {Th2, 50},

{Th1, 50}, {gtdp, 20}, MaxIterations->100 ]

ClearAttribute [ {Tv, Tnp, T1p, T2p, T3p, Tx, Tnu, T1u, DTtp1u, Ktp, a, m1, m2, n1, n2} ]

## Приложение 6

### ГРАФИК ИЗМЕНЕНИЯ НОРМИРУЕМОГО УДЕЛЬНОГО РАСХОДА СЕТЕВОЙ ВОДЫ В ПОДАЮЩЕМ ТРУБОПРОВОДЕ ПРИ ХАРАКТЕРНЫХ ЗНАЧЕНИЯХ ТЕМПЕРАТУРЫ НАРУЖНОГО ВОЗДУХА



Текст документа сверен по:  
/ Министерство энергетики РФ. - М.: СПО ОРГРЭС, 2003