

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(21) **201900075** (13) **A2**(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ**(43) Дата публикации заявки  
**2019.12.30**(51) Int. Cl. **A24B 11/00** (2006.01)(22) Дата подачи заявки  
**2019.01.22****(54) СПОСОБ СНИЖЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ И КАПИТАЛЬНЫХ ЗАТРАТ ДЛЯ ТРУБОПРОВОДОВ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ ТЕПЛОВОЙ СЕТИ**(31) **2018/0418.2**(32) **2018.06.08**(33) **KZ**(96) **KZ2019/006 (KZ) 2019.01.22**

(71)(72) Заявитель и изобретатель:

**ДРЕМЛЮКОВ ВЛАДИМИР  
ВЛАДИМИРОВИЧ; КАЛЫБАЕВ  
БОЛАТ ЕЛИСОВИЧ (KZ)**

(74) Представитель:

**Мухаметжанова Д.М. (KZ)**

(57) Изобретение относится к области строительства и энергетики и предназначено для снижения капитальных затрат при строительстве, эксплуатации тепловой сети, а так же снижения тепловых потерь при транспортировке тепловой энергии. Задачей изобретения является оптимизация тепловых сетей и транспортировка теплоносителя с минимальными тепловыми потерями от источника тепла до потребителя, также снижение строительных и эксплуатационных затрат тепловых сетей. Техническим результатом изобретения является снижение величины тепловых потерь в трубопроводах тепловой сети. Не рассматривается отдельно для магистральных и отдельно для распределительных сетей. Указанная задача и технический результат достигается способом снижения тепловых потерь теплоносительного трубопровода распределительной тепловой сети, в котором подающий трубопровод и обратный трубопровод тепловой сети заменяют на трубопровод меньшего диаметра, уве-

личивают скорость движения теплоносителя и гасят избыточное давление автоматикой или дросселем, при этом для выбора оптимального диаметра трубопровода рассчитывают допустимую величину потерь давления в трубопроводе распределительной тепловой сети по формуле

$$dH_{\text{потерь}} = dH_{\text{сети}} - dH_{\text{узла}},$$

где  $dH_{\text{сети}}$  - располагаемый напор на магистрали в точке подключения распределительной тепловой сети;  $dH_{\text{узла}}$  - необходимый достаточный располагаемый напор у потребителя тепловой сети. Рассчитывают расчетные потери давления по формуле

$$dP = (dh * \kappa \varepsilon * V * L) / 1000,$$

в метрах, где  $dh$  - гидравлические потери при расчетном расходе греющего теплоносителя, кгс/м<sup>2</sup>·м;  $\kappa \varepsilon$  - фактический коэффициент шероховатости трубопровода, мм;  $V$  - поправочный коэффициент на местные сопротивления трубопровода;  $L$  - общая длина трубопровода тепловой сети, м; 1000 - переводной коэффициент, мм в м, рассчитывают остаточный дросселируемый напор для гашения на узле трубопровода по формуле  $dP_{\text{узла}} = dH_{\text{сети}} - dH_{\text{узла}} - dP$ , м, и затем от допустимой величины потерь давления в трубопроводе распределительной тепловой сети  $dH_{\text{потерь}}$  отнимают расчетные потери давления  $dP$  в подающем и обратном трубопроводах, которые должны быть не более  $dH_{\text{потерь}}$ , м, для подтверждения оптимальности выбранного диаметра трубопровода.

**201900075**  
**A2**

**201900075**  
**A2**

## Способ снижения тепловых потерь и капитальных затрат для трубопроводов распределительной тепловой сети.

Изобретение относится к области строительства и энергетики и предназначено для снижения капитальных затрат при строительстве, эксплуатации тепловой сети, а также снижения тепловых потерь при транспортировке тепловой энергии.

### Уровень техники.

Строительство тепловых сетей является достаточно затратной составляющей системы теплоснабжения любого населенного пункта, имеющего централизованное теплоснабжение (ТЭЦ, РОК) – лицензирование, проектирование, земельные отводы, согласования, стоимость предизолированной трубы, транспортировка, разработка траншей, подготовка дна для укладки труб, проверка сварных швов, изоляция сварных соединений, установка опор, компенсаторов, испытания на плотность, специализированная техника, ГСМ, гаражи, обслуживание техники, обученные людские ресурсы, з/п, и т.д.). Это капитальные затраты.

Эксплуатация тепловой сети, то есть поддержание ее в рабочем состоянии, постоянно – одна из серьезных затрат в масштабе отапливаемого города - (материалы для монтажа, транспортировка, специализированная техника, ГСМ, гаражи, обслуживание техники, обученные людские ресурсы, з/п, и т.д.). Это текущие затраты.

Одной из существенных затрат является стоимость применяемых труб централизованного теплоснабжения, их монтаж и эксплуатация.

Транспортировка тепловой энергии – это постоянный вопрос о снижении величины тепловых потерь в тепловых сетях, которые делятся на магистральные и распределительные. На существующем этапе развития теплоснабжения самым передовым решением является применение трубы с предизоляцией из пенополиуретана, имеющей тепловые потери значительно меньше остальных типов изоляции (при соотношении цена – качество).

На данный момент предложений по снижению величины тепловых потерь, кроме увеличения толщины изоляции, нет. Такими примерами могут быть документ RU 2189521, в котором раскрыт способ тепло- и гидроизоляции трубы, заключающемся в установке ее в гидроизоляционную полиэтиленовую оболочку, герметизации оболочки и нанесении на трубу жидкой теплоизоляционной композиции, ее вспенивании и отверждении, причем внутреннюю поверхность полиэтиленовой оболочки обрабатывают электроискровым разрядом напряжением 28000 В при экструдировании, а наружную поверхность стальной трубы – дробеструйной машиной с получением необходимой шероховатости.

Также, из документа RU2325590, известен способ регулирования расхода воды и одновременного снижения шума при работе теплового и водоразборного пункта, оборудованного преимущественно автоматизированным узлом учета, заключающийся в том, что водяной поток пропускают через ступенчато уменьшаемый по входу и ступенчато увеличиваемый по выходу набор осесимметричных местных сопротивлений и через расположенный между ними уменьшенный на расчетной длине диаметр трубопровода.

Увеличение толщины слоя тепловой изоляции вызывает увеличение стоимости трубы, а так же вырастают затраты по ширине траншеи, и прочих сопутствующих работ и материалов как при строительстве, так и при обслуживании.

## Сущность изобретения.

Задачей изобретения является оптимизация тепловых сетей и транспортировка теплоносителя с минимальными тепловыми потерями от источника тепла до потребителя, также снижение строительных и эксплуатационных затрат тепловых сетей.

Техническим результатом изобретения является снижение величины тепловых потерь в трубопроводах тепловой сети. Не рассматривается отдельно для магистральных и отдельно для распределительных сетей.

Указанная задача и технический результат достигается способом снижения тепловых потерь теплоносительного трубопровода распределительной тепловой сети, в котором подающий трубопровод и обратный трубопровод тепловой сети заменяют на трубопровод меньшего диаметра, при этом увеличивается скорость движения теплоносителя, оставшееся избыточное давление гасится автоматикой или дросселем. При этом для выбора оптимального диаметра трубопровода рассчитывают допустимую величину потерь давления в трубопроводе распределительной тепловой сети по формуле:

$dN_{\text{потерь}} = dN_{\text{сети}} - dN_{\text{узла}}$ , где:

$dN_{\text{сети}}$  - располагаемый напор на магистрали в точке подключения распределительной тепловой сети, м;

$dN_{\text{узла}}$  - необходимый достаточный располагаемый напор у потребителя тепловой сети, м;

$dN_{\text{потерь}}$  - рассчитывают расчетные потери давления по формуле:

$dP = (dh * kз * B * L) / 1000$ , в метрах, где:

$dh$  - гидравлические потери при расчетном расходе греющего теплоносителя, кгс/м<sup>2</sup> \* м;

$kз$  – фактический коэффициент шероховатости трубопровода, мм;

$B$  – поправочный коэффициент на местные сопротивления трубопровода;

$L$  – общая длина трубопровода тепловой сети, м;

1000 – переводной коэффициент, мм в м,

рассчитывают предельный дросселируемый напор для гашения автоматикой или дросселем на узле трубопровода по формуле  $dN_{\text{узла}} = dN_{\text{сети}} - dN_{\text{потерь}} - dP$ , м, и затем от допустимой величины потерь давления в трубопроводе распределительной тепловой сети  $dN_{\text{потерь}}$  отнимают расчетные потери давления  $dP$  в подающем и обратном трубопроводах, которое должно быть не более  $dN_{\text{потерь}}$ , м для подтверждения оптимальности выбранного диаметра трубопровода.

Согласно «Правил технической эксплуатации электрических станций и сетей, утвержденных приказом Министра энергетики Республики Казахстан от 30 марта 2015 года №247, раздел 2 «Организация эксплуатации», параграф 5 «Контроль за эффективностью работы энергопредприятий», пункт 38 гласит - «В тепловых сетях энергетические характеристики составляются по следующим показателям:

1. Тепловые потери.
2. Удельный расход электроэнергии на транспорт тепловой энергии.
3. Удельный среднечасовой расход сетевой воды.
4. Разность температур в подающем и обратном трубопроводах.
5. Утечка сетевой воды.

Тепловые потери являются первой энергетической характеристикой тепловой сети.

Требование за контролем величины тепловых потерь, и их снижение – это постоянная ведущаяся работа как действующих нормативов, так и проектировщиков, экспертов, монтажников, эксплуатационников.

В ходе передачи тепловой энергии в работу включается система: источник – тепловые сети – потребитель. Конечным итогом работы данной системы служит обеспечение необходимым (договорным) количеством тепловой энергии каждого потребителя с необходимой температурой греющего теплоносителя в подающем трубопроводе.

Само понимание тепла, как одной из низших форм энергии, в теплоснабжении описывается формулой  $Q = G * dT * c$ , где:

$Q$  – количество тепловой энергии, Мкал/час

$G$  – расход греющего теплоносителя, тонн/час

$dT$  – разность температур подаваемого и удаляемого теплоносителя, С

$c$  – теплоемкость теплоносителя, ккал/кг.

Критерием качества гидравлических и температурных режимов теплоснабжения является согласно «Правил технической эксплуатации электрических станций и сетей», утвержденных приказом Министра энергетики Республики Казахстан от 30 марта 2015 года, раздел 6 «Тепломеханическое оборудование электростанций и тепловых сетей», параграф 19 «Станционные теплофикационные установки», пункт 579: «Отклонения от заданного режима за головной задвижкой электростанции обеспечиваются на уровне не более: по температуре воды, поступающей в тепловую сеть,  $\pm 3\%$ ; по давлению в подающем трубопроводе воды, поступающей в тепловую сеть  $\pm 5\%$ , по давлению в обратном трубопроводе  $\pm 0,2$  кгс/см<sup>2</sup> ( $\pm 20$  кПа)». Задача источника – выработка тепловой энергии, тепловых сетей – транспортировка с минимальными тепловыми потерями от источника тепла до потребителя.

Тепловые сети делятся на магистральные (основные, с большими диаметрами), и распределительными (внутриквартальными, с меньшими диаметрами). При транспортировке теплоносителя по трубопроводам тепловой сети появляются гидравлические потери (потери давления на трение). Согласно справочника проектировщика «Проектирование тепловых сетей», Москва, 1965г. (который является настольной книгой проектировщика тепловых сетей), глава 9 «Гидравлические расчеты трубопроводов», параграф 9.1. «Основные положения» пропускная способность тепловых сетей для средних условий транспорта теплоносителя может быть определена по табл. 9.1. – «Пропускная способность трубопроводов водяных тепловых сетей (при эквивалентном коэффициенте шероховатости  $k_z = 0,5$  мм, удельном весе воды  $\gamma = 958,4$  кг/м<sup>3</sup>). Максимальная пропускная способность различных диаметров трубопроводов определена для потерь давления в  $dH = 5, 10, 15, 20$  кгс/м<sup>2</sup> \* м. Скорость движения воды при этом не рассматривается. Во внимание принимаются только гидравлические потери.

Согласно параграфу 9.2. «Основные расчетные формулы» потерю давления на трение определяют по формуле  $dH_{тр} = dh * L$ , кгс/м<sup>2</sup>, где:

$dh$  – удельная потеря на трение, кгс/м<sup>2</sup> \* м;

$L$  – длина участка трубопровода, м.

То есть, основным фактором работы тепловой сети являются потери давления на трение (как линейные, так и местные).

Принципиальное отличие работы трубопроводов тепловых сетей разного назначения – допустимые потери давления, в кгс/м<sup>2</sup> \* м на 1 метр хода трубы при расчетном коэффициенте шероховатости 0,5 мм (для стальных труб).  $k_z$  является коэффициентом шероховатости стальных трубопроводов, и его величина не изменилась за последние 50 лет – во всех нормативных документах и технической литературе он равен 0,5 мм, или 0,0005 метра.

Согласно параграфа 9.4. «Гидравлический расчет трубопроводов водяных тепловых сетей», стр. 132 – при гидравлических расчетах водяных тепловых сетей удельные потери давления на трение в трубопроводах рекомендуется принимать:

1. Для участков расчетной магистрали от источника тепла до наиболее удаленного потребителя – до 8 кгс/м<sup>2</sup>\*м.

2. Для ответвления от расчетной магистрали – по располагаемому перепаду давлений, но не более 30 кгс/м<sup>2</sup>\*м.

Если при принятых удельных потерях давления на трение избыточный перепад давления на ответвлениях от магистралей не будет полностью использован, оставшийся перепад используется на вводах к потребителям в элеваторах, или дросселируется шайбами».

Согласно норм СНиП II-36-73 «Тепловые сети», параграф 7 «Гидравлические расчеты и режимы тепловых сетей», пункт 7.10. гласит «Удельные потери давления на трение при гидравлических расчетах водяных тепловых сетей должны приниматься: а) для участков водяных тепловых сетей от источника до наиболее удаленного потребителя – до 8 кгс/м<sup>2</sup>\*м. б) для остальных участков водяных тепловых сетей – по располагаемому перепаду давления, но не более 30 кгс/м<sup>2</sup>\*м. Скорость воды при этом не должна быть более 3,5 м/с.

Согласно норм СНиП 2-04.07-86 «Тепловые сети», параграф 5 «Гидравлические расчеты и режимы тепловых сетей», пункт 5.8. гласит «Удельные потери давления на трение при гидравлических расчетах водяных тепловых сетей следует определять на основании технико – экономических расчетов. Величину удельных потерь давления для расчета действующих тепловых сетей допускается принимать на основании результатов испытаний».

Согласно норм СНиП 2-04.07-86\* «Тепловые сети», параграф 5 «Гидравлические расчеты и режимы тепловых сетей», пункт 5.8. гласит «Удельные потери давления на трение при гидравлических расчетах водяных тепловых сетей следует определять на основании технико – экономических расчетов. Величину удельных потерь давления для расчета действующих тепловых сетей допускается принимать на основании результатов испытаний».

В МСН 4.02-02-2006 «Тепловые сети», параграф 8 «Гидравлические режимы» величины потерь давления в тепловых сетях не рассматривает.

В СП РК 4.02-104-2013 «Тепловые сети», параграф 4.7. «Проектирование», раздел 4.7.3. «Гидравлические режимы» величины потерь давления в тепловых сетях не рассматривает.

В СП РК 4.02-04-2013 «Тепловые сети», параграф 5. «Требования к рабочим характеристикам», раздел 5.4. «Требования к проектированию тепловых сетей и сооружений на тепловых сетях» величины потерь давления в тепловых сетях не рассматривает.

С течением времени величины допустимых гидравлических потерь в нормах по проектированию тепловых сетей изменились - от четко указанных до аморфных, или вообще отсутствуют.

Избыточное давление в тепловых сетях гасится на тепловых узлах дроссельными органами (соплами, шайбами).

Возникает вопрос об эффективности совместной работы сетевых насосов, развивающих давление, которое в случае его избытка просто гасится на тепловых узлах, и работы тепловой сети, запроектированной и эксплуатируемой на этих условиях.

Необходимо рассмотреть более рациональное использование теряемого впустую на тепловых узлах избыточного давления из тепловой сети.

Уровень шума в трубопроводах тепловой сети нигде не рассматривается - согласно «Инструкции по эксплуатации тепловых сетей», Москва, 1972г., глава IX «Наладка водяных систем централизованного теплоснабжения», параграф 4 «Гидравлический режим водяной тепловой сети» скорость движения воды в трубопроводах тепловой сети не рассматривает. Вводится только поправочный коэффициент, применяемый при отличии величины эквивалентной шероховатости  $k_{\Sigma}=0,5$  мм. В ходе эксплуатации эта величина может изменяться в большую сторону – тепловыми сетями регулярно производятся испытания трубопроводов на фактическую шероховатость, и достигать величины  $k_{\Sigma}=2,0-5,0-7,0$  мм.

Согласно СНиП 4.02-42-2006 «Отопление, вентиляция и кондиционирование», параграф 7.4., пункт 7.4.4. гласит - «Скорость движения теплоносителя в трубах систем водяного отопления следует принимать в зависимости от допустимого эквивалентного уровня звука в помещении выше 40 дБА: в помещениях различного назначения – от 1,5 м/м до 3,0 м/с». При открытом способе прокладки труб системы отопления в помещениях скорость движения теплоносителя допускается почти такая же, как максимальная в трубопроводах тепловой сети, заизолированных и проложенных, как правило, подземным способом. Использование более высокой скорости движения теплоносителя в трубопроводах тепловой сети с точки зрения шумовой акустики опасности не представляет.

При проектировании тепловой сети принимался существующий сортament трубопроводов, который за последние 50 лет не изменился – стальные трубы определенного диаметра. Приоритетом для подбора расчетного диаметра трубопровода была пропускная способность, определенная в тоннах воды в час, определяемая при согласовании проектов тепловых сетей местными эксплуатационными условиями с учетом допускаемых транспортирующей тепловую энергию организацией потерь давления. Таким образом, фактические потери давления в трубопроводах в среднем принимались равным  $4-6-9 \text{ кгс/м}^2 \cdot \text{мм}$  – как в магистральных, так и в распределительных тепловых сетях. Это гораздо меньше, чем допускалось в распределительных тепловых сетях – до  $30 \text{ кгс/м}^2 \cdot \text{м}$ . Снижение скорости движения теплоносителя в среднем в 2 раза от допустимого вызывало увеличенные тепловые потери трубопроводов.

Проектные нормы по допустимым потерям давления в тепловых сетях исходили из наличия систем автоматического регулирования на тепловых узлах – регуляторов перепада давления (расхода), и регуляторов температуры прямого действия (производимых в СССР), имевших низкую точность настройки (погрешность до 30%), и достаточно высокую стоимость по сравнению со стоимостью тепловой энергии в тот же период времени. Автоматизации тепловых пунктов в СССР практически не было. Наружные ограждающие конструкции здания имели значительную тепловую инерционность по сравнению с современными, имеющими различные утеплители. Отпуск тепловой энергии производился с источника с корректировкой температуры прямой греющей воды 2 раза в сутки, что соответствовало тепловой инерционности здания и расчетным условиям проектирования систем отопления.

Фактически, при отсутствии автоматики на тепловых узлах и невыдерживанием температурного графика на источнике проектирование и согласование проектов тепловых сетей производилось по минимально допустимым потерям давления – до  $10 \text{ кгс/м}^2 \cdot \text{м}$  – для возможности компенсации недостающей температуры греющего теплоносителя увеличенным расходом греющего теплоносителя. Данное требование распространилось как на внутриквартальные сети, так и на тепловые узлы. Результат - тепловые потери в сетях всегда были увеличены за счет искусственного снижения скорости движения теплоносителя.

Величина тепловых потерь определяется расчетным путем Энергопередающей организацией согласно Методических указаний по составлению энергетических характеристик РД 153-34 РК.0-20.523-02 часть II Методические указания по составлению энергетической характеристики водяных тепловых сетей по показателю «тепловые потери», в котором указано, что тепловые потери зависят от:

- вида теплоизоляционной конструкции и применяемых теплоизоляционных материалов;
- типов прокладки (наземная, подземная канальная, бесканальная, по подвалу, в помещении);
- температурного режима теплосетей;
- параметров окружающей среды: температуры наружного воздуха, грунта.

Скорость движения воды в действующих нормативах не рассматривается в принципе. Принципиально - можно представить, что при мгновенной транспортировке греющего теплоносителя от источника до потребителя вода не успевает остыть - при любом виде изоляции, типе прокладки, температурного режима, и наружной температуры воздуха. Поэтому, следует обратить внимание на скорость движения воды в тепловой сети.

При транспортировке тепловой энергии от источника до потребителя основной задачей является обеспечение необходимых напоров на тепловых узлах с учетом потерь давления в магистральных и распределительных тепловых сетях при расчетных расходах греющего теплоносителя. Для этого при подготовке к отопительному сезону ежегодно производится гидравлический расчет тепловой сети для определения необходимых размеров дроссельных устройств (сопел, шайб), и корректируется постоянно - в ходе отопительного сезона при подключении новых построенных объектов. Необходимым требованием гидравлического расчета является обеспечение располагаемого напора на каждом тепловом вводе у потребителей. Согласно СН РК 4.02-04-2013 «Тепловые сети», параграф 5.4.4 «Гидравлические режимы», пункт 5.4.4.15., часть е гласит: «При определении напора сетевых насосов перепад давлений на вводе двухтрубных водяных тепловых сетей в здания (при элеваторном присоединении систем отопления) следует принимать равным расчетным потерям давления на вводе и в местной системе с коэффициентом 1,5, но не менее 0,15 МПа. Необходимо избыточное давление гасить в тепловых пунктах зданий». Данная величина обеспечивает нормальную работу как зависимых элеваторных систем присоединения к тепловым сетям, так и независимых автоматизированных схем присоединения, установка которых на тепловых узлах является действующими нормами СНиП. Избыточное давление гасится в дроссельных органах. Применяемая, в частности, в г.Астана методика подбора автоматики на автоматизированных тепловых узлах позволяет получать необходимое количество тепла при располагаемом напоре всего в 10 метров.

При выполнении гидравлического расчета тепловой сети расчетные располагаемые напоры на вводах потребителей, расположенных на минимальном и максимальном расстоянии от источника, или насосной станции имеют разные величины. Расположенные ближе - могут быть от 60 до 45 метров, удаленные - от 25 до необходимых 15 метров. Избыточное давление, имеющееся на вводах, должно гаситься автоматическими регуляторами давления - при наличии автоматики, при ее отсутствии - происходит дросселирование (гашение избыточного давления) в регулирующем органе (сопле, шайбе).

В ранее разработанных нормах СНиП 2.04.07-86 «Тепловые сети», СНиП 2.2.04.07-86\* «Тепловые сети», МСН 4.02-02-2004 «Тепловые сети», действующих в настоящее время СП РК 4.02-104-2013 «Тепловые сети», СН РК 4.02-04-2013 «Тепловые сети» скорость движения теплоносителя не нормировалась, и не нормируется (кроме

норм 1973 года). Фактическая скорость движения воды – результат принятой проектом трубы определенного диаметра при допустимых гидравлических потерях.

В ранее разработанных нормах СНиП II – 36 – 73 «Тепловые сети», параграф 7 «Гидравлические расчеты и режимы тепловых сетей», пункт 7.10. гласил: «Диаметры подающего и обратного трубопроводов двухтрубных водяных тепловых сетей при совместной подаче тепла на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение должны приниматься одинаковыми».

В СНиП 2.04.07-86 «Тепловые сети», параграф 5 «Гидравлические расчеты и режимы тепловых сетей», пункт 5.9. гласил: «Диаметры подающего и обратного трубопроводов двухтрубных водяных тепловых сетей при совместной подаче тепла на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение должны приниматься, как правило, одинаковыми».

В СНиП 2.2.04.07-86\* «Тепловые сети», параграф 9 «Гидравлические расчеты и режимы тепловых сетей», пункт 5.9. гласил: «Диаметры подающего и обратного трубопроводов двухтрубных водяных тепловых сетей при совместной подаче тепла на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение должны приниматься, как правило, одинаковыми».

МСН 4.02-02-2004 «Тепловые сети», параграф 8 «Гидравлические режимы», пункт 8.5. гласил: «Диаметры подающего и обратного трубопроводов двухтрубных водяных тепловых сетей при совместной подаче тепла на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение рекомендуются одинаковыми».

В действующих в настоящее время СН РК 4.02-04-2013 «Тепловые сети», параграф 5 «Требования к рабочим характеристикам», раздел 5.4 «Требования к проектированию тепловых сетей и сооружений на тепловых сетях», подраздел 5.4.4. «Гидравлические режимы», пункт 5.4.4.5 гласит: «Диаметры подающего и обратного трубопроводов двухтрубных водяных тепловых сетей при совместной подаче теплоты на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение принимать одинаковыми».

СП РК 4.02-104-2013 «Тепловые сети» данный вопрос не рассматривает.

Требования по диаметрам тепловых сетей с течением времени постоянно меняются. Рассматриваются то - однозначно, то – как правило, то – рекомендуются, то опять – однозначно. Четкого решения по данному вопросу просто нет. Здесь возможно рассмотрение существующего норматива с точки зрения энергосбережения. При технико – экономическом обосновании уменьшение диаметров трубопроводов распределительной тепловой сети возможно.

Согласно СНиП 2.04.14-88 «Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов», СП 41-103-2000 «Проектирование тепловой изоляции оборудования и трубопроводов», МСН 4.02-03-2004 «Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов», СН РК 4.02-03-2011 «Проектирование тепловой изоляции оборудования и трубопроводов» какая либо зависимость тепловых потерь через изоляцию при изменении скорости движения воды в трубопроводах тепловой сети нигде не рассматривается.

Таким образом, часть энергии, вырабатываемой сетевыми насосами, тратится на гашение давления в регулирующих органах теплового узла (при завышенных диаметрах трубопроводов, в которых потери давления минимально допустимы) - то есть расходуется впустую.

Приоритетом при проектировании трубопроводов всегда была допустимая величина гидравлических потерь в тепловых сетях (магистральных, распределительных) с обеспечением необходимого располагаемого напора у конечного теплового узла потребителя.

Точность гидравлических расчетов зависит от длины, состояния трубопроводов тепловой сети (фактической шероховатости), которая увеличивается в ходе эксплуатации,

и корректности договорных нагрузок потребителей, подключенных к тепловым сетям. Имея такие данные (испытания на фактическую шероховатость трубопроводов производятся тепловыми сетями регулярно – согласно ПТЭ), выполнение гидравлического расчета с составлением пьезометрического графика (графика давлений в каждой точке тепловой сети) сложности не представляет (существуют специализированные программы).

Отметим, что температурный график отпуска тепловой энергии является зависимостью между тепловыми и гидравлическими потерями в тепловой сети. При снижении гидравлических потерь в трубопроводах увеличиваются тепловые потери за счет этого - скорость греющего теплоносителя снижается. Буквально – вода «идет пешком». Таким образом, увеличенная скорость движения воды в трубопроводах тепловой сети ведет к снижению тепловых потерь.

Четко нормируемой величины допустимых тепловых потерь не существует. Согласно рекомендаций технической литературы («Теплофикация и тепловые сети», Соколов Е.Я, Москва, 1975г.), стр. 51 – среднегодовые потери в городских тепловых сетях составляют в среднем 4-8% отпущенного тепла со станции, стр.287 – при удовлетворительном состоянии тепловых сетей величина тепловых потерь составляет около 5% годового отпуска тепла. Данная цифра в денежном эквиваленте достаточно велика.

Снижение величины тепловых потерь от фактических без увеличения затрат, или с их уменьшением на все необходимые этапы – от проектирования до эксплуатации - является рациональным использованием энергетических ресурсов, то есть – энергоэффективностью.

Величина тепловых потерь в трубопроводах тепловой сети не рассматривается отдельно для магистральных и отдельно для распределительных сетей.

Для более полного понимания смысла получаемой экономии потерь тепла можно рассмотреть соотношение расхода греющего теплоносителя в трубопроводе тепловой сети к длине окружности трубопровода и толщине изоляции данного трубопровода. Потери тепла происходят через стенку трубы и слой тепловой изоляции. Рассмотрим соотношение при максимальном расчетном расходе греющего теплоносителя с гидравлическими потерями в 10 мм на 1 метр хода трубы (максимальной пропускной способности) и длине окружности стенки трубы тепловой сети существующего сортамента (распределительных тепловых сетей). Данные сведены в следующую таблицу.

Диаметр, мм	Расход, тонн/час	Длина окружности	Соотношение окружности
трубы, мм,		$L=\pi \cdot D_{стенки}$	трубы с расходу, $k=L/G$ .
32	1,16	100,48	86,62
40	1,94	125,60	64,74
50	3,50	157,00	44,86
70	8,40	219,80	26,17
80	13,20	251,20	19,03
100	22,00	314,00	14,27

125	40,00	392,50	8,24
150	64,00	471,00	7,36
200	152,00	628,00	4,13
250	275,00	785,00	2,85
300	430,00	942,00	2,19

На основании полученных данных четко видно, что самые большие удельные тепловые потери будут в трубах меньшего диаметра, которые как раз больше всего используются в распределительных тепловых сетях. Чем больше диаметр трубы – тем меньше удельные тепловые потери (за счет большего расхода греющего теплоносителя).

Дополнительно отметим, что согласно «Инструкции по эксплуатации тепловых сетей», г.Москва, 1972г. стр.203. – «Методика испытания тепловых сетей на расчетную температуру теплоносителя (то есть качество состояния изоляции трубопроводов)», п.1 гласит: «Испытываются, как правило, тепловые сети с диаметром трубопроводов 100 мм, и выше». Трубопроводы распределительных тепловых сетей с диаметрами 2Ду 40 мм, 2Ду 50 мм, 2Ду 70 мм, 2Ду 80 мм, имеющие фактически самые значительные удельные тепловые потери – не испытываются в принципе.

С учетом имеющихся у производителя (например, Алматинский завод изолированных труб АлмаЗИТ) толщин изоляции из пенополиуретана, показанных в таблице 1, видно, что толщина изоляции у трубы Ду 50 мм и трубы Ду 300 мм составляет, соответственно, 38,5 мм и 79,5 мм. Слой изоляции пенополиуретана (для типа 2) увеличивается всего в 2 раза. На основании предоставленного можно сделать вывод, что самые большие тепловые потери происходят в распределительных сетях, а не в магистральных.

### Примеры расчета для заявленного способа.

#### Пример 1 (при $k\epsilon = 5,0$ мм).

Располагаемый напор на магистрали в точке подключения распределительной тепловой сети  $dH_{\text{сети}} = 45$  метров. Необходимый достаточный располагаемый напор у потребителя  $dH_{\text{узла}} = 15$  метров. Допустимая величина потерь давления в трубопроводе распределительной тепловой сети составляет:

$$dH_{\text{потерь}} = dH_{\text{сети}} - dH_{\text{узла}} = 45 - 15 = 30 \text{ метров.}$$

Расчетный расход греющего теплоносителя – 7,0 тонн/час (84% загрузки трубопровода от стандартной, при допустимых гидравлических потерях в трубопроводах тепловой сети до 10 кгс/м<sup>2</sup>\* м).

Принятый проектный диаметр трубопровода для расчетного расхода 2Ду70 мм при скорости движения теплоносителя 0,55 м/с и потерях давления 7,2 мм на 1 метр ( $k\epsilon = 0,5$  мм). Расстояние от магистрали до теплового узла (подача+обратка) – 200 метров (100+100).

Для расчета примем максимальную шероховатость трубопровода  $k\epsilon = 5,0$  мм на 1 метр (вместо расчетной  $k\epsilon = 0,5$  мм на 1 метр).

Расчетные потери давления составляют:

$$dP = (dh * k\epsilon * V * L) / 1000, \text{ в метрах, где:}$$

$d_h$  - гидравлические потери при расчетном расходе греющего теплоносителя, кгс/м<sup>2</sup> \* м;

$k_z$  - фактический коэффициент шероховатости, мм;

$V$  - поправочный коэффициент на местные сопротивления;

$L$  - общая длина трубопровода тепловой сети, м;

1000 - переводной коэффициент, мм в м.

$dP = (7,2 * 5 * 1,3 * 200) / 1000 = 9,36$  метра.

Дросселируемый напор на узле составит:

$dP_{узла} = dH_{сети} - dH_{мин} - dP$ , м.

$dP_{узла} = 45 - 15 - 9,36 = 20,64$  метра. Данное давление должно загаситься автоматикой, или дросселем (соплом, шайбой), то есть является избыточным.

При уменьшении диаметра трубы на 2 Ду 50 мм с тем же расходом 7,0 тонн/час скорость воды увеличивается до 1,1 м/с - в 2 раза от существовавшего, потери давления составляют 39 мм на 1 метр. Длина трубы та же.

Расчетные потери давления составляют:

$dP = (39 * 5 * 1,3 * 200) / 1000 = 50,70$  метра.

50,7 метра больше допустимого предела потерь давления в 30,0 метров.

Оставляем подающий трубопровод 1 Ду 50 мм, обратный 1 Ду 70 мм.

Потери давления в подающем трубопроводе составляют:

$dP = (39 * 5 * 1,3 * 100) / 1000 = 25,35$  метра.

Потери давления в обратном трубопроводе:

$dP = (7,2 * 5 * 1,3 * 100) / 1000 = 4,68$  метра.

Суммарные потери давления 30,03 метра - в пределах допустимого значения.

Вывод: фактически, можно 1 Ду 70 мм подающего трубопровода заменить на 1 Ду 50 мм.

### Пример 2 (при $k_z = 0,5$ мм).

Располагаемый напор на магистрали в точке подключения распределительной тепловой сети  $dH_{сети} = 45$  метров. Необходимый достаточный располагаемый напор у потребителя  $dH_{узла} = 15$  метров. Допустимая величина потерь давления в трубопроводе распределительной тепловой сети составляет:

$dH_{потерь} = dH_{сети} - dH_{узла} = 45 - 15 = 30$  метров.

Расчетный расход греющего теплоносителя - 7,0 тонн/час (84% загрузки трубопровода от стандартной, при допустимых гидравлических потерях в трубопроводах тепловой сети до 10 кгс/м<sup>2</sup>\* м).

Принятый проектный диаметр трубопровода для расчетного расхода 2 Ду 70 мм при скорости движения теплоносителя 0,55 м/с и потерях давления 7,2 мм на 1 метр ( $k_z = 0,5$  мм). Расстояние от магистрали до теплового узла (подача+обратка) - 200 метров.

Для расчета примем обычную шероховатость трубопровода  $k_z = 0,5$  мм на 1 метр.

Расчетные потери давления составляют:

$dP = (d_h * k_z * V * L) / 1000$ , в метрах, где:

$d_h$  - гидравлические потери при расчетном расходе греющего теплоносителя, кгс/м<sup>2</sup> \* м;

$k_z$  - фактический коэффициент шероховатости, мм;

$V$  - поправочный коэффициент на местные сопротивления;

$L$  - общая длина трубопровода тепловой сети, м;

1000 - переводной коэффициент, мм в м.

$dP = (7,2 * 0,5 * 1,3 * 200) / 1000 = 0,936$  метра.

Дросселируемый напор на узле составит:

$$dP_{\text{узла}} = dH_{\text{сети}} - dH_{\text{мин}} - dP, \text{ м.}$$

$dP_{\text{узла}} = 45 - 15 - 0,936 = 29,06$  метра. Данное давление должно загаситься автоматикой, или дросселем (соплом, шайбой).

При уменьшении диаметра трубы на 2Ду 50 мм с тем же расходом 7,0 тонн/час скорость воды увеличивается до 1,1 м/с – в 2 раза от существовавшего, потери давления составляют 39 мм на 1 метр. Длина трубы та же.

Расчетные потери давления составляют:

$$dP = (39 * 0,5 * 1,3 * 200) / 1000 = 5,07 \text{ метра.}$$

5,07 метра не больше допустимого предела потерь давления в 30,0 метров.

Оставляем подающий и обратный трубопровод 2Ду 50 мм.

Избыточное давление, дросселируемое на узле, составляет  $30,0 - 5,07 = 24,93$  м. Вывод: фактически, можно 2Ду 70 мм подающего и обратного трубопровода заменить на 2Ду 50 мм с увеличением скорости движения теплоносителя в 2 раза.

При уменьшении диаметра трубы 2Ду 70 мм на Ду 40 мм с тем же расходом 7,0 тонн/час скорость воды увеличивается до 1,6 м/с – в 3 раза от существовавшего, потери давления составляют 132 мм на 1 метр. Длина трубы та же.

Расчетные потери давления в подающем и обратном трубопроводах составляют:

$$dP = (132 * 0,5 * 1,3 * 200) / 1000 = 17,16 \text{ метра.}$$

17,16 метра не больше допустимого предела потерь давления в 30,0 метров.

Оставляем подающий и обратный трубопровод Ду 40 мм.

Избыточное давление, дросселируемое на узле, составляет  $30,0 - 17,16 = 12,84$  м. Вывод: фактически, можно 2Ду 70 мм подающего и обратного трубопровода заменить на 2Ду 40 мм с увеличением скорости движения теплоносителя в 3 раза.

Результат - уменьшение диаметров трубопроводов распределительной тепловой сети – капитальные и текущие затраты, и снижение тепловых потерь за счет увеличения скорости движения теплоносителя при сохранении минимально необходимого располагаемого напора на тепловом узле. Дополнительно отметим, что работы автоматизированного теплового узла для схемы, разработанной для г.Астана, минимальная допустимая величина располагаемого напора составляет всего 10,0 метров. То есть – в тепловых сетях всегда остается запас давления в 5,0 метров (на случай подключения небольшой дополнительной нагрузки).

Существует принцип работы сети централизованного теплоснабжения - количественная оценка гидравлической устойчивости абонентских установок производится по коэффициенту гидравлической устойчивости, равному отношению расчетного количества сетевой воды через абонентскую установку к максимально возможному расходу в условиях работы централизованного теплоснабжения («Теплофикация и тепловые сети», Соколов Е.Я, Москва, 1975г.).

Гидравлическая устойчивость тем выше, чем меньше потеря напора в тепловой сети и чем больше потеря напора на абонентском вводе («Теплофикация и тепловые сети», Соколов Е.Я, Москва, 1975г.). При этом приходим к выводу, что увеличение скорости движения теплоносителя возможно только на распределительных (внутриквартальных) тепловых сетях при сохранении существующих допустимых потерь давления в магистральных. Увеличение скорости движения теплоносителя приведет к увеличению гидравлических потерь в распределительных тепловых сетях, но при этом снижаются тепловые потери, и главное – возможно уменьшение диаметра трубопровода распределительной тепловой сети. Конечным итогом расчета внутриквартальных тепловых сетей остается минимально допустимый располагаемый напор на тепловом узле в минимально допустимых 15 метров (норма СН РК 4.02-04-2013 «Тепловые сети», и ранее действовавших норм проектирования). Оставшуюся разность давлений между

магистральными тепловыми сетями и необходимым располагаемым напором у потребителя можно эффективно использовать в трубопроводах центрального теплоснабжения - увеличить скорость движения теплоносителя с увеличением гидравлических потерь в трубопроводах распределительной тепловой сети. При увеличении скорости движения теплоносителя увеличатся гидравлические потери в трубопроводе распределительной тепловой сети - избыточное давление все равно бесполезно гасится на тепловом узле, но при этом снизятся тепловые потери, и уменьшится диаметр трубопроводов внутриквартальной тепловой сети.

При этом у потребителей, находящихся ближе к источнику тепла, изменение диаметров в меньшую сторону от принимаемых стандартных (при потерях давления до 10 мм/метр) будет больше, чем у конечных. При необходимости можно производить уменьшение только подающего трубопровода, без уменьшения диаметра обратного, или какой либо его расчетной по длине части.

При проектировании распределительных тепловых сетей необходимо учитывать максимальную шероховатость данных трубопроводов, возникающую в ходе эксплуатации, и учитывать перспективные потери давления в магистральных трубопроводах с учетом изменения шероховатости, но с учетом допустимых потерь давления не более 10 мм на 1 метр. При появлении вибрации трубопроводов возможна установка вибровставок на тепловых узлах.

При применении данной методики расчета необходимо учитывать действующие нормы СП и СН «Тепловые сети», инструкцию по эксплуатации тепловых сетей, действующие нормативные и технические документы.

При гидравлическом расчете тепловой сети учитываются 3 эксплуатационных периода года – зимний, переходный и летний.

Зимний период (при  $T_n =$  от 0 до -35 С) имеет наибольшую загруженность тепловой сети. Идет пользование нагрузками отопления, вентиляции и горячего водоснабжения. На этом периоде эксплуатации загруженность тепловой сети близка к максимально расчетной. На этот период производится расчет диаметров трубопроводов распределительных тепловых сетей.

Переходный период (при  $T_n =$  от 0 до +10 С) загруженность сетей уменьшается из – за срезки на горячее водоснабжение. Температура транспортируемого теплоносителя не ниже  $T_1 = +70$  С. Необходимая температура для систем отопления гораздо ниже – происходит снижение расхода греющего теплоносителя, и соответственно, снижение скорости теплоносителя.

Летний период – все остальное время – происходит только транспортировка теплоносителя для нужд ГВС. Тепловые потери в летний период года наиболее значительны. Но при уменьшении диаметров распределительной тепловой сети уменьшаться.

Данное предложение по снижению строительных, эксплуатационных затрат, а также по снижению тепловых потерь применимо при наличии корректных нагрузок потребителей по видам теплоснабжения, выдерживании температурного графика источником и четко просчитанного гидравлического режима.

Дополнительным плюсом данного предложения является повышение гидравлической устойчивости тепловых сетей - потребитель не получает лишнего тепла в виде дополнительного расхода греющего теплоносителя при завышении фактической нагрузки над проектной – трубопроводы тепловой сети не смогут пропустить завышенный от максимально расчетного расход греющего теплоносителя, без снижения гарантированного (или расчетного) располагаемого напора на тепловом узле потребителя. Это снизит расход греющего теплоносителя на тепловом узле, и как следствие – качество теплоснабжения.

Проектирование и выполнение замены теплотрасс можно производить как в процессе проектирования новых тепловых сетей, так и планомерно - по мере износа существующей распределительной тепловой сети с учетом допустимых отклонений по давлению и температуре. При расчете любой существующей распределительной тепловой сети следует учитывать качество работы системы отопления данного объекта (отсутствие жалоб при работе на расчетном расходе), и показания прибора учета тепловой энергии, принятого на коммерческий учет, то есть фактическое теплопотребление объекта.

#### **Список нормативной и технической литературы.**

1. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей, утвержденных приказом Министра энергетики Республики Казахстан от 30 марта 2015 года.
2. Справочник проектировщика «Проектирование тепловых сетей», Москва, 1965г.
3. Теплофикация и тепловые сети, Соколов Е.Я, Москва, 1975г.
4. Инструкция по эксплуатации тепловых сетей, Москва, 1972г.
5. Методические указания по составлению энергетических характеристик РД 153-34 РК.0-20.523-02, часть II.
6. СНиП 4.02-42-2006 «Отопление, вентиляция и кондиционирование».
7. СН РК 4.02-04-2013 «Тепловые сети».
8. СП РК 4.02-104-2013 «Тепловые сети».
9. СНиП II – 36 – 73 «Тепловые сети».
10. СНиП 2.04.07-86 «Тепловые сети».
11. СНиП 2.2.04.07-86\* «Тепловые сети».
12. МСН 4.02-02-2004 «Тепловые сети».
13. СНиП 2.04.14-88 «Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов».
14. СП 41-103-2000 «Проектирование тепловой изоляции оборудования и трубопроводов».
15. МСН 4.02-03-2004 «Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов».
16. СН РК 4.02-03-2011 «Проектирование тепловой изоляции оборудования и трубопроводов».

#### **Таблица 1 размеров труб в полиэтиленовой оболочке.**

Наружный диаметр и минимальная толщина стенки стальных труб*	Тип 1			Тип 2		
	Средний наружный диаметр изолированных труб с полиэтиленовой оболочкой		Расчетная толщина слоя пенополиуретана	Средний наружный диаметр изолированных труб с полиэтиленовой оболочкой		Расчетная толщина слоя пенополиуретана
	Номинальный	Предельное отклонение (+)		Номинальный	Предельное отклонение (+)	
32 x 3,0	90; 110; 125	2,7; 3,5; 3,7	26,0; 36,5; 43,5	-	-	-
38 x 3,0	110; 125	3,2; 3,7	33,0; 40,5	-	-	-
45x3,0	125	3,7	37	-	-	-
57x3,0	125	3,7	31,5	140	4,1	38,5
76x3,0	140	4,1	29,0	160	4,7	39,0
89x4,0	160	4,7	32,5	180	5,4	42,5
108x4,0	180	5,4	33,0	200	5,9	43,0
133x4,0	225	6,6	42,5	250	7,4	54,5
159x4,5	250	7,4	41,5	280	8,3	55,5
219x6,0	315	9,8	42,0	355	10,4	62,0
273x7,0	400	11,7	57,0	450	13,2	81,5
325x7,0	450	13,2	55,5	500	14,6	79,5
426x7,0	560	16,3	58,2	600,630	16,3	77,6; 92,5
530x7,0	710	20,4	78,9	-	-	-
630x8,0	800	23,4	72,5	-	-	-
720x8,0	900	26,3	76,0	-	-	-
820x9,0	1000	29,2	72,4	1100	32,1	122,5
920x10	1100	32,1	74,4	1200	35,1	120,5
1020x11	1200	35,1	70,4	-	-	-

\* Толщину стенки стальной трубы устанавливают в проекте. По согласованию с проектной организацией допускается также применение труб других диаметров.

## Формула

1. Способ снижения тепловых потерь трубопровода распределительной тепловой сети, в котором подающий трубопровод и обратный трубопровод тепловой сети заменяют на трубопровод меньшего диаметра по типоразмеру, чем фактически проложенный, или проектируемый на перспективу в настоящее время трубопровод распределительной тепловой сети, тем самым увеличивают скорость движения теплоносителя, и гасят остаточное избыточное давление на узле трубопровода, при этом для выбора оптимального диаметра трубопровода рассчитывают допустимую величину потерь давления в трубопроводе распределительной тепловой сети по формуле:

$dN_{\text{потерь}} = dN_{\text{сети}} - dN_{\text{узла}}$ , где:

$dN_{\text{сети}}$  - располагаемый напор на магистрали в точке подключения распределительной тепловой сети,

$dN_{\text{узла}}$  - необходимый достаточный располагаемый напор у потребителя тепловой сети,

расчетные потери давления в подающем, обратном трубопроводах тепловой сети определяют по формуле:

$dP = (dh * kз * B * L) / 1000$ , в метрах, где:

$dh$  - гидравлические потери при расчетном расходе греющего теплоносителя, кгс/м<sup>2</sup> \* м,

$kз$  - фактический коэффициент шероховатости трубопровода, мм,

$B$  - поправочный коэффициент на местные сопротивления трубопровода,

$L$  - общая длина трубопровода тепловой сети, м,

1000 - переводной коэффициент, мм в м,

рассчитывают остаточный дросселируемый напор для гашения на узле трубопровода по формуле  $dP_{\text{узла}} = dN_{\text{сети}} - dN_{\text{узла}} - dP$ , м, и затем от допустимой величины потерь давления в трубопроводе распределительной тепловой сети  $dN_{\text{потерь}}$  отнимают расчетные потери давления  $dP$  в подающем и обратном трубопроводах, которые должны быть не более  $dN_{\text{потерь}}$ , м для подтверждения оптимальности выбранного диаметра трубопровода.

2. Способ снижения тепловых потерь трубопровода распределительной тепловой сети по п.1 отличающийся тем, что остаточное избыточное давление в трубопроводе гасят путем увеличения скорости движения греющего теплоносителя с увеличением гидравлических потерь в трубопроводе, при чем остаточное избыточное давление гасят на тепловом узле автоматикой или дросселем.