



УДК 697.9 (075.8)

**Байдюсенов Галым Нуржанович**

аспирант

E-mail: [galymbai88@mail.ru](mailto:galymbai88@mail.ru)

**Абильдинова Сауле Кианбековна**

доцент

E-mail: [saule18kz@mail.ru](mailto:saule18kz@mail.ru)

**Елеманова Алия Аликовна**

старший преподаватель

E-mail: [a.elemanova@aues.kz](mailto:a.elemanova@aues.kz)

**Алматинский университет энергетики и связи**

Адрес организации: 050013, Казахстан, г. Алматы, ул. Байтурсынова, д. 126

**Садыков Ренат Ахатович**

доктор технических наук, профессор

E-mail: [sadykov\\_r\\_a@mail.ru](mailto:sadykov_r_a@mail.ru)

**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

## **Эффективность пенополиуретановых труб при модернизации теплосетей**

### **Аннотация**

*Постановка задачи.* Цель исследования – оценка потерь тепловой энергии через изоляционные конструкции трубопроводов с пенополиуретаном, с учетом способа прокладки трубопроводов и дополнительных факторов, возникающих при эксплуатации тепловых сетей.

*Результаты.* Повышение эффективности использования и транспортировки тепловой энергии в системах теплоснабжения зависит от состояния теплосетей. Для модернизации и реконструкции теплосетей Республики Казахстан (РК) в настоящее время используются предизолированные трубы из пенополиуретана (ППУ), которые обеспечивают высокую надежность работы и минимальные потери энергии. Представлены основные направления работ по модернизации и реконструкции существующих теплосетей. Проведены расчеты тепловых потерь через изоляцию магистральных трубопроводов с различными стандартными диаметрами. В расчетах использована нормативная методика определения теплопотерь, учитывающая дополнительные факторы, связанные с эксплуатацией трубопроводов при канальной и бесканальной прокладке теплосетей. Полученные расчетные удельные теплопотери магистральных трубопроводов с ППУ-изоляцией при изменении температуры теплоносителя не превышали нормативных значений теплопотерь при идентичных условиях. Результаты проведенных исследований показали необходимость корректировки существующих нормативов теплопотерь в системах теплоснабжения, которая позволит повысить их эффективность.

*Выводы.* Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в том, что предложенные расчетные методики подтверждают сокращение нормативных и сверхнормативных потерь тепловой энергии при использовании ППУ-труб. Проведенные расчеты позволяют оценить теплопотери в тепловых сетях, а также показывают эффективность теплоизоляционной конструкции из пенополиуретана.

**Ключевые слова:** тепловая изоляция, трубопроводы, пенополиуретан, тепловые потери, термическое сопротивление.

### **Введение**

Главной задачей для развития экономики любого государства является рациональное использование топливно-энергетических ресурсов. Решение проблем энергосбережения в сфере использования тепловой энергии в значительной степени зависит от состояния тепловых сетей и эффективности промышленной тепловой изоляции.

В настоящее время тепловые сети РК требуют модернизации, т.к. около 40 % протяженности тепловых сетей страны, или в линейном исчислении 9,6 тыс. км его длины, имеют 100 % износа [1].

Министерство национальной экономики РК разработало концепцию реформирования теплоснабжения, которая предусматривает повышение эффективности этого сектора на основе увеличения КПД теплоисточников до 85 % и модернизации 7000 км теплосетей.

Для модернизации теплосетей привлечены международные институты развития: Европейский банк реконструкции и развития (ЕБРР) и Исламский инфраструктурный фонд (ИИФ), совместное предприятие азиатского банка развития. Модернизация и реконструкция теплосетей направлены на:

- повышение их надежности в крупных городах РК;
- сокращение нормативных и сверхнормативных потерь путем применения ППУ-труб;
- создание измерительной и информационной базы на основе реализации автоматизированных систем контроля и учета тепловой энергии (АСКУТЭ);
- создание автоматизированной системы диспетчерского управления работой оборудования.

Мероприятия, выполняемые в рамках займа ЕБРР и ИИФ, не решают полностью проблемы теплоснабжения, а только поддерживают жизнеспособность систем теплоснабжения. К примеру, АО «Центрально-Азиатская Электроэнергетическая Корпорация» ежегодно поставляет своим потребителям 11,5 млн. Гкал тепловой энергии и из них 33 % составляют потери. Из них 20 % составляют нормативные потери, а оставшиеся 13 % – сверхнормативные потери тепла. В целях сокращения нормативных и сверхнормативных потерь тепла поставщиками предложена замена существующих магистральных трубопроводов на предизолированные трубы большого диаметра от 630 до 1020 мм с ППУ-оболочкой. Увеличение диаметра труб подающей магистрали позволяет обеспечить стабильное теплоснабжение в крупных городах и регионах, где с каждым годом сильно возрастает потребность в тепловой энергии, и сократить ежегодные сверхнормативные потери тепла на 1,5-2 %.

### **Объект, метод и критерий исследования**

Для уменьшения потерь теплоты по длине трубопровода в теплосетях РК масштабно используются предизолированные трубы с тепловой изоляцией из пенополиуретана (ППУ). В работе рассмотрены основные преимущества и недостатки ППУ-труб, их характеристики, свойства и технология производства, энергосберегающая эффективность и методика расчета теплопотерь ППУ-изоляции с учетом способа прокладки трубопроводов и дополнительных факторов, возникающих при эксплуатации тепловых сетей [2-3].

Изготовлением стальных труб с теплоизоляционным слоем из пенополиуретана в Казахстане занимаются несколько заводов, такие как ТОО «АлмаЗИТ», ТОО «ArInvest», Казахстанский трубный завод и др.

Предизолированные трубы и фасонные изделия этих заводов представляют собой жесткую конструкцию типа «труба в трубе», где внутренняя стальная труба воспринимает давление и температуру теплоносителя с высокой температурой, пенополиуретан несет функцию тепловой изоляции стальной трубы, а полиэтиленовая трубная оболочка выполняет функцию защиты конструкции от проникновения грунтовых вод и механических повреждений. Всепененный полиуретан заполняет все свободное пространство между стальной трубой и оболочкой. Для оболочки трубы, в зависимости от способа прокладки трубы, можно использовать различные материалы. Полиэтиленовая оболочка применяется для труб при подземной прокладке, а для надземной прокладки оболочка выполняется из оцинкованной стали для надежной защиты от коррозии. ППУ-труба в разрезе представлена на рис. 1 [4].

Если же трубопровод прокладывается под землей, используют полиэтилен, который эффективен при защите металла от агрессивной среды.

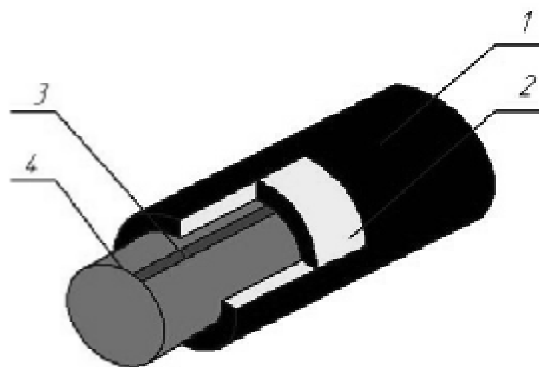


Рис. 1. Предизолированная труба с ППУ в разрезе (иллюстрация авторов):  
1 – труба оболочка; 2 – изоляция из ППУ; 3 – стальная труба;  
4 – сигнальный провод системы ОДК

Предизолированные трубы с ППУ имеют следующие технические характеристики:

- трубы выдерживают давление до 16 атмосфер и температуру 150°C (с кратковременным повышением температуры до 170°C);
- трубы и фасонные изделия с ППУ изоляцией имеют встроенные медные проводники  $D$  1,39 мм, составляющие основу системы оперативного дистанционного контроля (ОДК), информирующей диспетчерскую службу о состоянии трубопровода и наличии дефектов.

Основные преимущества ППУ-труб:

- высокие теплоизоляционные и прочностные характеристики;
- коэффициент теплопроводности  $\lambda$  при средней температуре 50°C не более 0,033 Вт/(м·К); прочность на сдвиг в осевом направлении при температуре 140°C составляет  $\sigma=0,08$  МПа;
- снижение тепловых потерь с действительных 25-30 % до 2-3 %;
- уменьшение эксплуатационных затрат в 2 раза и расходов на ремонт теплотрасс в 3 раза;
- возможность быстрого обнаружения утечек благодаря системе ОДК;
- увеличение срока службы трубопроводов с 10-15 лет до 30 лет и более.

Недостатки ППУ-труб:

- пенополиуретан – горючий материал, неустойчивый к механическому воздействию;
- несмотря на высокие антикоррозийные показатели, трубопровод с ППУ требует проведения специальных мероприятий по защите от электро-химической коррозии;
- ограниченные температуры теплоносителя в ППУ-трубах до 130 °C требуют в случае применения температурного графика в теплосети выше 130 °C дополнительной изоляции;
- каждый трубопровод с системой ОДК должен быть оснащен приборами контроля обеспечения быстрого обнаружения повреждений [2].

### **Способы расчета величины тепловых потерь магистральных трубопроводов с ППУ-изоляцией и анализ их эффективности**

Задача определения тепловых потерь через теплоизоляционную конструкцию трубопроводов считается достаточно сложной и должна учитывать ряд факторов, определяющих эффективность работы тепловых сетей.

В настоящее время тепловые потери магистральных трубопроводов определяются по результатам специальных промышленных испытаний [5] с целью применения их результатов для обоснования нормативных тепловых потерь или расчетных методик. Промышленные испытания теплосетей возможны в условиях действующего теплопровода во время отопительного сезона и на протяженном участке теплосети длиной более 3 км. Методика определения тепловых потерь [5] позволяет определить тепловые потери в квартальных сетях на основе прямых измерений, однако осуществить мониторинг не

возможно по техническим причинам, поскольку не у всех потребителей тепловой энергии установлены приборы учета теплоты. Поэтому на время проведения промышленных испытаний по определению количественных значений теплопотерь (по предлагаемой методике) требуются значительные материальные ресурсы для проведения большого объема подготовительных работ с отключением системы теплоснабжения от абонентов.

Расчетно-аналитические методики [6, 7], основанные на учете норм плотности теплового потока через поверхности изоляции трубопроводов, не учитывают потери тепла, обусловленные «старением» тепловой изоляции, а также влияние состава и влагосодержания грунта на увеличение и изменения тепловых потерь, обусловленные составом грунта, природными условиями местности и глубиной заложения трубопроводов теплосети. Для учета этих дополнительных факторов при оценке тепловых потерь необходимо вводить поправочные коэффициенты, определяющие реальные условия эксплуатации, и тогда реальные тепловые потери труб с ППУ-изоляцией при транспортировке теплоносителей будут выше.

С учетом вышеизложенных факторов проведен расчет общих теплопотерь труб с ППУ-изоляцией различного диаметра. Для оценки эффективности работы ППУ-труб были рассмотрены только линейные тепловые потери по длине трассы через наружную поверхность трубопровода без компенсации температурных деформаций. Тогда интегральные тепловые потери трубопровода на участке длиной  $l$  можно рассчитать по формуле:

$$Q_m = q_e l,$$

где  $q_e$  – действительные удельные тепловые потери изолированным трубопроводом, кВт·час;  $l$  – длина рассматриваемого участка тепловой сети, согласно генплана, м.

Действительные удельные тепловые потери изолированным трубопроводом определяются по формуле:

$$q_e = k(t_{m.n.} - t_{o.c.}),$$

где  $k = 1/R_T$  – коэффициент теплопередачи для единицы длины теплосети, Вт/м·К;  $R_T$  – действительное полное термическое сопротивление изолированного трубопровода, мК/Вт;  $t_{m.n.}$  и  $t_{o.c.}$  – температуры теплоносителя ( $m.n.$ ) и окружающей среды ( $o.c.$ ) соответственно, °С.

При расположении изолированного теплопровода на открытом воздухе, температура окружающей среды принимается равной средней температуре отопительного периода для условий г. Петропавловска (РК):  $t_{o.c.} = -8,6^\circ\text{C}$ .

При расположении изолированного теплопровода в каналах и бесканально, температура окружающей среды принимается равной средней расчетной среднегодовой температуре грунта заложения трубопроводов, которая равна  $+5^\circ\text{C}$  [4].

Величина  $R_T$  определяется в зависимости от способа прокладки трубопроводов и в общем случае определяется как аддитивная сумма отдельных термических сопротивлений:

$$R_T = \sum_{i=0}^4 R_i,$$

где  $R_1 = R_6 = 1/(\pi \alpha_6 d_n)$  – термическое сопротивление внутренней стенки трубопровода;  $R_2 = R_{ИЗ} = (\ln|d_{из}/d_H|)/(2\pi\lambda_{из})$  – термическое сопротивление основного изоляционного слоя;  $R_3 = R_{П} = (\ln|d_{из}/d_k|)/(2\pi\lambda_{П})$  – термическое сопротивление защитного покрытия;  $R_4 = R_H = 1/(\pi d_k \alpha_n)$  – термическое сопротивление теплоотдаче от поверхности изоляции к окружающему воздуху;

где  $\alpha_6$ ,  $\alpha_n$  – соответственно коэффициенты теплоотдачи от теплоносителя к внутренней стенке трубопровода и от наружной поверхности изоляционной конструкции в окружающую среду. Ввиду того, что  $\alpha_6 \gg \alpha_n$ , то при выполнении этого условия величиной  $R_6$  можно пренебречь.

$d_{ИЗ} = d_H + 2 \cdot \delta_{из}$  – наружный диаметр основного слоя изоляции, м;  $d_H$  – наружный диаметр трубопровода, м.

$\lambda_{из}$ ,  $\lambda_n$  – коэффициенты теплопроводности основного и покровного слоя изоляции, Вт/(м·К);  $d_k$  – наружный диаметр покрытия, м.

В расчетах приняты следующие значения  $\alpha_H$ :

$\alpha_H = 29$ ;  $\alpha_H = 8$ ;  $\alpha_H = 7$  – коэффициенты теплоотдачи от поверхности изоляционной конструкции в окружающую среду на открытом воздухе; для трубопроводов, прокладываемых в каналах и бесканально соответственно, Вт/м<sup>2</sup>к.

При бесканальной прокладке двутрубных теплосетей с тепловой изоляцией из ППУ в расчетах теплопотерь необходимо учесть увлажнение изоляции. Увлажнение тепловой изоляции трубопроводов приводит к увеличению ее теплопроводности и точная оценка количественного влияния этого фактора затруднительна из-за сложности определения степени увлажнения участков теплосети грунтовой водой.

При надземной и подземной прокладке теплопровод адсорбирует влагу из воздуха или грунта, адсорбированная влага может проникать через поврежденные участки кровного слоя в теплоизоляционную конструкцию, тем самым ухудшая ее защитные свойства.

В процессе движения теплоносителя по тепловым сетям происходит частичная просушка тепловой изоляции, в ее слое начинаются тепломассообменные процессы, устанавливаются нестационарные температурные и влажностные поля. При этом градиенты тепло- и влагообменных процессов обычно противоположно направлены. Изменение температуры в слое близко к линейному, а изменение влагосодержания нелинейно с увеличением влагосодержания к границе кровного слоя. Эти физические процессы особенно актуальны при бесканальной прокладке, когда трубопровод находится в непосредственном контакте с влажным грунтом.

При подземной бесканальной прокладке тепловая энергия с поверхности кровно-защитного слоя передается непосредственно грунту, т.е.  $R_H = R_T + R_{дон}$ . Значение  $R_T$  определяется по формуле Форхгеймера [8]:

$$R_T = (2\pi\lambda_{zp})^{-1} \ln \left[ d_k^{-1} \left( 2h + \sqrt{4h^2 - d_k^2} \right) \right],$$

где  $R_T$  – термическое сопротивление грунта,  $\lambda_{zp}$  – теплопроводность грунта,  $h$  – глубина заложения оси трубопровода от поверхности земли, м.

Коэффициент теплопроводности грунта  $\lambda_{zp}$  зависит от структуры грунта и его влажности, в расчетах теплопотерь его значение в условиях бесканальной прокладки в песчаном мерзлом грунте было принято равным  $\lambda_{zp} = 3,7$  Вт/(м·К).

В двухтрубных тепловых сетях при бесканальной прокладке наблюдается сильный прогрев слоя грунта между трубопроводами, который уменьшает теплоотдачу от изоляции к грунту. В этом случае необходимо учесть добавочное условное термическое сопротивление грунта, определяемое по выражению [8]:

$$R_{дон} = (2\pi\lambda_{zp})^{-1} \ln \left[ \sqrt{1 + (2h/b)^2} \right],$$

где  $b$  – горизонтальное расстояние между осями труб, м;

При бесканальной прокладке с типовой конструкцией теплосети:  $b \approx 1,5d_k$ .

Расчетные теплопотери изолированных теплопроводов с изоляционными материалами марок «Пенополиуретан» приведены в табл. 1. Для пенополиуретана, согласно ТУ [3], в случае воздушной прокладки теплопровода с температурой теплоносителя  $t_{м.н.} = 70^\circ\text{C}$  принимается коэффициент теплопроводности  $\lambda_{из} = 0,0373$  Вт/м·град; для температур  $t_{м.н.} = 90^\circ\text{C}$  и  $t_{м.н.} = 130^\circ\text{C}$  принимается  $\lambda_{из} = 0,0411$  Вт/м·град и  $\lambda_{из} = 0,0485$  Вт/м·град соответственно [9]. Коэффициент теплопроводности для кровного материала из тонколистовой оцинкованной стали  $\lambda_{л} = 58$  Вт/м·град. При подземной канальной и бесканальной прокладке теплопровода кровным материалом является полиэтилен с  $\lambda_{л} = 0,3$  Вт/м·град. Суммарные тепловые потери трубопровода определены на участке длиной  $l = 1000$  м.

Характеристики ППУ и кровного слоя в зависимости от стандартных диаметров труб приведены в таблице 2. Расчетная толщина слоя изоляции и наружный диаметр покрытия приняты по нормам [10]. Расчеты проведены для значений стандартных диаметров труб:  $d_y = 100; 159; 273; 325; 530; 630; 720; 820; 1020$  мм. Исходные данные теплоизоляционных материалов приведены в табл. 2.

Таблица 1

## Расчет линейных тепловых потерь магистрального участка теплосети (т/с)

Способ прокладки труб	$t_{o.c.}, ^\circ\text{C}$	$t_{n.n.}, ^\circ\text{C}$	$\delta_{из}, \text{М}$	$\lambda_{из}, \text{Вт/М}\cdot\text{К}$	$d_{из}, \text{М}$	$d_k, \text{М}$	$R_{из}, \text{М}\cdot\text{К/Вт}$	$R_{np}, \text{М}\cdot\text{К/Вт}$	$R_T, \text{М}\cdot\text{К/Вт}$	$q_e, \text{Вт/М}$	$Q_{мп}, \text{Гкал/с}$
$d_{вн}=530 \text{ мм}$ воздушная прокладка т/с	-8,6	70	0,072	0,0373	0,673	0,6736	1,019	0,016	1,0	73	391
		90		0,0411			0,925		0,94	101	540
		130	0,089	0,0485	0,708		0,784		0,80	167	893
подземная канальная прокладка т/с	5	70	0,072	0,0373	0,673	0,6736	1,019	0,059	1,1	58	311
		90		0,0411			0,925		0,98	76	406
		130	0,089	0,0485	0,708		0,784		0,84	111	597
подземная бесканальная прокладка т/с	5	70	0,079	0,0373	0,6878	0,6884	1,112	0,182	1,3	49	264
		90		0,0411			1,009		1,2	70	374
		130	0,089	0,0485	0,708		0,855		1,0	118	633

Таблица 2

Характеристики ППУ и покровного слоя  
для канальной и бесканальной прокладки теплопроводов\*

$d_y, \text{мм}$	$\min \delta_{n.э.}, \text{мм}$	Расчетная $\delta_{из}, \text{мм}$	$d_k, \text{М}$ $d_k = d_{из} + \min \delta_{n.э.}$
100	3	33	$d_k = d_{из} + 0,003$
159	4	41,5	$d_k = d_{из} + 0,004$
273	6,5	57	$d_k = d_{из} + 0,0065$
325	7	55,5	$d_k = d_{из} + 0,007$
530	11,1	78,9	$d_k = d_{из} + 0,0111$
630	12,5	72,5	$d_k = d_{из} + 0,0125$
720	14,0	76,0	$d_k = d_{из} + 0,014$
820	17,6	72,4	$d_k = d_{из} + 0,0176$
1020	19,6	70,4	$d_k = d_{из} + 0,0196$

\*  $\delta_{n.э.}$  – толщина оболочки из полиэтилена;  $\delta_{из}$  – расчетная толщина изоляции,  $d_k$  – наружный диаметр покрытия.

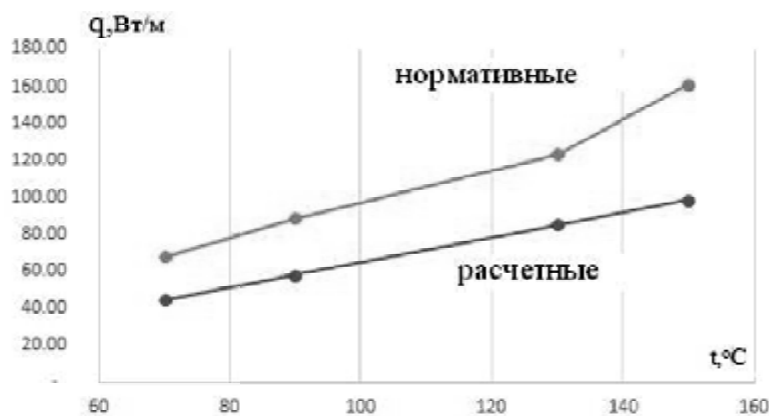


Рис. 2. Зависимость удельных расчетных и нормативных потерь тепла от температуры теплоносителя в предизолированных трубопроводах с ППУ изоляцией (иллюстрация авторов)

Расчетные значения удельных тепловых потерь  $q_e$  сравнивались с нормативными значениями тепловых потерь  $(q_e)_{норм}$  при тех же условиях эксплуатации [6] и показаны на графике зависимости удельных тепловых потерь от температуры теплоносителя (т.н.). Сравнительный анализ показал, что расчетные значения удельных тепловых потерь  $q_e$  не

превышают нормативные  $(q_e)_{\text{норм}}$ . Относительная разность отклонений  $q_e$  от нормативных для стандартного диаметра  $d_y = 530$  мм при подземной бесканальной прокладке трубопровода и при изменении температуры теплоносителя от  $70$  °С до  $150$  °С составляют от  $34,6$  % до  $38,5$  %. На рис. 2 приведена зависимость расчетных удельных потерь тепла в зависимости от температуры теплоносителя в трубопроводе, которая может быть представлена в виде линейной зависимости:  $q(t)=a+bt$ , где  $a = -10$ ,  $b = 0,75$ .

Анализ проведенных расчетов на магистральных трубопроводах с условным диаметром  $d_y = 100; 159; 273; 325; 530; 630; 720; 820; 1020$  мм показывает, что тепловые потери не превышают нормативные. Следует отметить то, что с увеличением  $d_y$  тепловые потери возрастают, что, очевидно, связано с увеличением поверхности теплообмена.

Например, при  $t_T = 90$  °С и подземной канальной прокладке теплосети в непроходном канале для  $d_y = 530$  мм:  $q_e = 75,8$  Вт/м ( $q_{e \text{ норм}} = 93,5$  Вт/м), для  $d_y = 1020$  мм:  $q_e = 149,3$  Вт/м ( $q_{e \text{ норм}} = 158$  Вт/м), т.е. удельные теплотери возросли, но они не превышают их нормативных значений при аналогичных условиях эксплуатации тепловых сетей.

Отсюда следует вывод, что ППУ является достаточно надежным теплоизоляционным материалом и может эффективно использоваться также и для трубопроводов в нештатных условиях с целью минимизации общих теплотери и увеличения срока службы их эксплуатации.

### Заключение

Расчеты теплотери предизолированных пенополиуретаном магистральных труб теплосети при воздушном, канальном и бесканальном расположении подтверждают эффективность этого вида тепловой изоляции. Расчеты удельных теплотери для стандартных диаметров труб теплосети проведены по методике определения нормативов тепловых потерь при передаче тепловой энергии с учетом дополнительных факторов, имеющих место при эксплуатации тепловых сетей. Значимость полученных результатов для транспортировки тепловой энергии в системах теплоснабжения состоит в доказательстве энергетической эффективности использования ППУ-труб для повышения надежности теплосетей и сокращения нормативных и сверхнормативных потерь энергии.

### Список библиографических ссылок

1. Абильдинова С. К., Байдюсенов Г. Н. Анализ транспортных потерь тепловой энергии через теплоизоляционные конструкции трубопроводов тепловых сетей : сб. научных трудов по материалам международной научно-практической конференции «Интеграционные процессы мирового научно-технологического развития» часть II / ООО АПНИ. Белгород, 2017. С. 68–74.
2. Манюк В. И. Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей. М. : Книжный дом, Либроком, 2009. 432 с.
3. Канев С. Н., Ивашкевич А. А. Расчет теплотери в системах теплоснабжения // ЭНИ «Ученые заметки ТОГУ». 2013. т. 4. № 4. С. 1975–1998.
4. Соколов Е. Я. Теплофикация и тепловые сети. М. : МЭИ, 2001. 472 с.
5. Lianying Z., Zhenni W., Xiaohu Y., Liwen J., Qunli Z., Wenju H. Thermo-economic analysis for directly-buried pipes insulation of district heating piping systems // Energy procedia. 2017. № 105. P. 3369–3376.
6. Стратегия деятельности ЕБРР в Р.К. // ebrd.com : ежедн. интернет-изд. 2017. URL: <https://www.ebrd.com/documents/strategy-and-policy-coordination/strategy-in-kazakhstan-russian.pdf> (дата обращения: 02.12.2019).
7. Парамонов А. И. Тепловые сети: справочник. Алматы : Капитал, 2013. 298 с.
8. Abildinova S. K., Baydyussenov G. N., Makatov A. K. Optimization of parameters of multilayer thermal insulation in heat-networks // Vestnik AUES. 2018. № 3 (42). P. 16–25.
9. Kayfeci M. Determination of energy saving and optimum insulation thicknesses of the heating piping systems for different insulation materials // Energy and buildings. 2014. № 69. P. 278–284.

10. Ioannis A., Petros A., John G. Optimum insulation thickness for external walls on different orientations considering the speed and direction of the wind // *Applied Energy*. 2014. № 117. P. 167–175.

**Baidyusenov Galym Nurzhanovich**

post-graduate student

E-mail: [galymbai88@mail.ru](mailto:galymbai88@mail.ru)

**Abildinova Saule Kianbekovna**

associate professor

E-mail: [saule18kz@mail.ru](mailto:saule18kz@mail.ru)

**Elemanova Aliya Alikovna**

senior lecturer

E-mail: [a.elemanova@aes.kz](mailto:a.elemanova@aes.kz)

**Almaty University of Power Engineering and Telecommunications**

The organization address: 050013, Kazakhstan, Almaty, Baytursynov st., 126

**Sadykov Renat Ahatovich**

doctor of technical sciences, professor

E-mail: [sadykov\\_r\\_a@mail.ru](mailto:sadykov_r_a@mail.ru)

**Kazan State University of Architecture and Engineering**

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

**Efficiency of polyurethane foam pipes in the modernization of heating systems**

**Abstract**

*Problem statement.* The purpose of the study is to assess the loss of thermal energy through the insulating structures of pipelines with polyurethane foam, taking into account the method of laying pipelines and additional factors that arise during the operation of heat networks. The technical potential for improving the efficiency of the use and transportation of thermal energy in heat supply systems depends on the condition of the heating networks. For modernization and reconstruction of heating systems of Kazakhstan currently used pre-insulated pipes made of polyurethane foam, which provide high reliability and minimal energy loss. The directions of work for modernization and reconstruction of existing heating systems are indicated.

*Results.* Calculations of heat losses through the insulation of main pipelines with different standard diameters are carried out. In calculations, the standard technique of definition of a heat loss considering the additional factors connected with the operation of pipelines at the channel and channel-free laying of a heating system is used. The calculated specific heat loss of main pipelines with polyurethane foam insulation when the temperature of the medium does not exceed the standard values of heat loss under the same conditions. The obtained results create objective prerequisites for the revision and adjustment of the existing standards of heat loss in heat supply networks, which can increase the efficiency of heat energy transportation.

*Conclusions.* The significance of the results obtained for the construction field is that the proposed calculation methods confirm the reduction of normative and excess heat energy losses when using polyurethane foam pipes. The calculations show the effectiveness of the thermal insulation design of polyurethane foam and allow us to estimate the heat loss.

**Keywords:** thermal insulation, pipelines, polyurethane foam, heat loss, thermal resistance.

**References**

1. Abildinova S. K., Baydyusenov G. N. Analysis of transport losses of thermal energy through heat-insulating structures of pipelines of heating networks : coll. of scientific papers on the materials of the international scientific-practical conference «Integration processes of world scientific and technological development» part II / APNI. Belgorod, 2017. P. 68–74.



2. Manyuk V. I. Adjustment and operation of water heating networks. M. : Book House, Librocom, 2009. 432 p.
3. Kanev S. N., Ivashkevich A. A. Calculation of heat loss in heat supply systems // Electronic scientific publication «Uchenyye zametki TOGU». 2013. v. 4. № 4. P. 1975–1998.
4. Sokolov E. Ya. Heating and heating networks. M. : MEI, 2001. 472 p.
5. Lianying Z., Zhenni W., Xiaohu Y., Liwen J., Qunli Z., Wenju H. Thermo-economic analysis for directly-buried pipes insulation of district heating piping systems // Energy procedia. 2017. № 105. P. 3369–3376.
6. EBRD strategy in Kazakhstan // ebrd.com : daily. internet-edit. 2017. URL: <https://www.ebrd.com/documents/strategy-and-policy-coordination/strategy-in-kazakhstan-russian.pdf> (reference date: 02.12.2019).
7. Paramonov A. I. Thermal networks: a reference. Almaty : Capital, 2013. 298 p.
8. Abildinova S. K., Baydyussenov G. N., Makatov A. K. Optimization of parameters of multilayer thermal insulation in heat-networks // Vestnik AUES. 2018. № 3 (42). P. 16–25.
9. Kayfeci M. Determination of energy saving and optimum insulation thicknesses of the heating piping systems for different insulation materials // Energy and buildings. 2014. № 69. P. 278–284.
10. Ioannis A., Petros A., John G. Optimum insulation thickness for external walls on different orientations considering the speed and direction of the wind // Applied Energy. 2014. № 117. P. 167–175.