

С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университетінің
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Павлодарского государственного университета имени С. Торайгырова

ПМУ ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы
1997 жылдан бастап шығады



ВЕСТНИК ПГУ

Энергетическая серия
Издается с 1997 года

№ 3 (2017)

Павлодар

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

Павлодарского государственного университета имени С. Торайгырова

Энергетическая серия

выходит 4 раза в год

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на учет средства массовой информации

№ 14310-Ж

выдано

Министерством культуры, информации и общественного согласия
Республики Казахстан

Бас редакторы – главный редактор

Кислов А. П.

к.т.н., доцент

Заместитель главного редактора

Леньков Ю. А., *к.т.н., доцент*

Ответственный секретарь

Акаев А. М.

Редакция алқасы – Редакционная коллегия

Алиферов А. И.,	<i>д.т.н., профессор (Россия)</i>
Боровиков Ю. С.,	<i>к.т.н., профессор (Россия)</i>
Новожилов А. Н.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Горюнов В. Н.,	<i>д.т.н., профессор (Россия)</i>
Говоруи В. Ф.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Захаров И. В.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Клцель М. Я.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Никифоров А. С.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Тастенов А. Д.,	<i>к.т.н., доцент</i>
Хацевский В. Ф.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Шокубаева З. Ж.	<i>технический редактор</i>

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели

Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов

При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник ПГУ» обязательна

© ПГУ имени С. Торайгырова

СОДЕРЖАНИЕ

Абдрахманов Е. С., Богомолов А. В., Быков П. О.	
Теплотворная способность обогащенных топливных брикетов, полученных из мелочи экибастузского угля	12
Бейсенби М. А., Брейдо И. В., Фешин Б. Н., Булатбаев Ф. Н., Булатбаева Ю. Ф.	
Мониторинг распределенных технологических комплексов методом стохастического группового опроса датчиков зависимого срабатывания	17
Брейдо И. В., Бейсенби М. А., Фешин Б. Н., Булатбаев Ф. Н., Булатбаева Ю. Ф.	
Групповой опрос датчиков независимой активности в системах мониторинга распределенных технологических комплексов	28
Горчаков Л. В., Вишенкова Ю. А., Волков И. А.	
Аппаратно-программный комплекс для изучения явления резонанса напряжений	37
Жапаргазинова К. Х., Жаухенова Б. Б.	
Исследование эффективности методов определения серы в прокаленном нефтяном коксе	49
Жапаргазинова К. Х., Хусаин А. К.	
Гидрослистка дизельного топлива	56
Кислов А. П., Антонцев А. В., Мухамадиев Е. Б.	
Методология исследования кондуктивных электромагнитных помех, распространяющихся по сетям	63
Кислов А. П., Антонцев А. В., Нугманов М. Е.	
Алгоритм расчета кондуктивной электромагнитной помехи по коэффициенту несимметрии напряжений по обратной последовательности	68
Кошекоев К. Т., Саевостин А. А., Кашевкин А. А., Адильбеков А. Е.	
Система диагностики и мониторинга нефтегазового оборудования на основе беспроводных технологий	73
Крекешева Т. И., Омарова С. Т., Шакир М. К.	
Правовые вопросы организации труда при вахтовом методе работы	82
Литвинов В. С.	
Энергоэффективность жилого фонда	90
Никифоров А. С., Акимбекова Б. С.	
Процессы газификации твердых топлив с целью получения чистых энергоносителей с использованием в инновационной деятельности	97
Новожилов А. Н., Исабеков Ж. Б., Новожилов Т. А.	
Моделирование токов однофазного замыкания в кабельной сети с изолированной нейтралью с помощью Electronics Workbench	105
Новожилов А. Н., Исабеков Ж. Б., Новожилов Т. А.	
Конфигурация кабельных электрических сетей 6–10 кВ	112

Новай А. С., Кабылбекова О. М., Ускенбаев Д. Е., Айнакулов Е. Б., Новай А. А., Исабекова Б. Б., Жаксыбаева Д. К. Поиск оптимальных режимов работы гибридных накопителей электроэнергии	119
Приходько Е. В., Абдрахманова К. М., Есембеков Г. Б. Влияние изменения свойств материалов тепловых сетей на гидравлические и тепловые режимы их работы	128
Рындин В. В., Каукунова Ж. К., Тулеубаев С. Б. Сравнительный анализ производства МТБЭ в Казахстане и за рубежом	134
Сулейменов М. А., Елубай М. А., Толегенов Д. Т., Солтанхан А., Жаркенова Д. Ж. Безотходное производство и переработка шин для получения обувного крема	140
Талипов О. М. Токовые защиты без трансформаторов тока	148
Мукимов Н. С., Садуакасова С. К. Проект оптимизации ТЭЦ-2 г. Астаны за счёт использования технологии внутрицикловой газификации угля и применения ПГУ	158
Мустафин А. Х., Адильханов О. Е. Определение остаточного ресурса насосного оборудования с помощью данных вибрационной диагностики	164
Муханов Б. К., Омирбекова Ж. Ж., Оракбаев Е. Ж., Акеев М. Г. Идентификация параметров скважин при процессе подземного выщелачивания	169
Муханов Б. К., Оракбаев Е. Ж., Омирбекова Ж. Ж., Сарбасова Р. Б., Адилова Ш. К. Исследование и построение гидродинамических моделей скважин подземного выщелачивания	177
Прозорова Т. А., Курмангалиев М. К. Система пылеподавления действующих золоотвалов ТЭЦ	187
Прозорова Т. А., Раевдал Е. А. Очистка дымовых газов печей прокалики кокса ПНХЗ	194
Рындин В. В., Дюсова Р. М., Жумабеков А. Е. Напнетатели природного газа и их расчёт	201
Серикбаев А. К., Масакбаева С. Р. Развитие каталитического крекинга, как передового процесса глубокой переработки нефти	210
Смаилова А. Д., Рындин В. В. Снижение затрат энергии при смене режима работы магистрального нефтепровода	220
Тютебаева Г. М., Байкен Н. А. Современное состояние и пути усовершенствование системы теплоснабжения г. Астаны	229

УДК 697.343

Е. В. Приходько¹, К. М. Абдрахманова², Г. Б. Есембеков²

¹к.т.н, профессор; ²магистранты, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар
e-mail: john1380@mail.ru

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ НА ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ И ТЕПЛОВЫЕ РЕЖИМЫ ИХ РАБОТЫ

В настоящей статье проводится анализ справочных и действительных коэффициентов, характеризующих гидравлические и тепловые режимы работы тепловых сетей.

Ключевые слова: гидравлические режимы, коэффициент теплопроводности, местные сопротивления.

ВВЕДЕНИЕ

Расчёты тепловых и гидравлических режимов тепловых сетей опираются на справочные данные. Среди таких величин важными являются: коэффициент теплопроводности – для тепловых режимов; коэффициент гидравлического сопротивления и шероховатости – для гидравлических. Данные, по этим величинам, которые приводятся в справочниках, не имеют зависимости от условий эксплуатации. То есть, коэффициент шероховатости приводится в таблицах в зависимости только от материала трубопровода. При этом условия эксплуатации абсолютно не учитываются.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Рассмотрим основные причины, вызывающие изменение вышеупомянутых коэффициентов для гидравлических и тепловых режимов. Во-первых, широкий спектр выпускаемых промышленностью труб, фитингов, запорной арматуры, а также теплоизоляции порой не позволяет точно определить свойства применяемого изделия. Прилагаемые паспорта на продукцию очень часто либо не имеют ряда необходимых характеристик, либо имеют их со значительным разбросом значений.

Так, например, в [1] коэффициент теплопроводности минераловатных прошивных матов составляет от 0,041 до 0,032, т.е. на отличается 22 %. При этом, в документации не объясняется в каких случаях брать какое значение. Кроме этого, в приведённой таблице, под общим названием материала понимают целый спектр теплоизоляционных матов: на тканевой основе, сетке (в том числе и металлической), холсте из стекловолокна с разными температурами применения, но с одинаковым пределом значений коэффициента теплопроводности.

Аналогично для гидравлических режимов, – значение местных сопротивлений для различных фитингов порой принимается по принципу «значение коэффициента схожего оборудования».

Во-вторых, эксплуатационные условия. Данный пункт можно разделить на две составляющих: эксплуатационные условия, влияющие на свойства в процессе действия этих условий и условия, вызывающие изменение свойств применяемых материалов. Рассмотрим это на примере влияния влажности на теплопроводность изоляции. При намокании изоляции коэффициент её теплопроводности увеличивается, но после высыхания принимает прежние значения. Подобное наблюдается и при влажном воздухе, окружающем трубопровод: коэффициент теплоотдачи «восстанавливается» после просушки канала, в котором располагается трубопровод.

В-третьих, условия монтажа. Важным моментом расчётной работы тепловых сетей (как при гидравлических, так и при тепловых режимах) является технически грамотный монтаж составных частей оборудования. В отношении гидравлических режимов можно привести следующие составляющие некачественного монтажа, влияющие на гидравлические режимы:

- наплывы сварочного шва на внутреннем стыке соединяемых трубопроводов;
- непровары сварочного шва на внутреннем стыке соединяемых трубопроводов;
- несоосность соединяемых трубопроводов;
- некачественно изготовленные или установленные прокладки на запорной арматуре;

Для теплоизоляции наиболее характерны следующие ошибки монтажа:

- уплотнение теплоизоляции при монтаже (хомутами, корпусом и др.);
- неравномерная толщина теплоизоляции по площади трубопровода;
- значительная ширина стыков между частями теплоизоляции.

Рассмотрим влияние изменения свойств материалов тепловых сетей на режимы работы. При тепловых режимах неправильно выбранный

коэффициент теплопроводности будет влиять на расчёт толщины теплоизоляции.

Расчет толщины тепловой изоляции по нормированной плотности теплового потока – для однослойных конструкций выполняется по следующим формулам. Для плоских и цилиндрических поверхностей с диаметром 1,4 м и более используется формула:

$$\delta_{из} = \lambda_{из} \cdot \left[\frac{K \cdot (t_a - t_n)}{q_T} - R_s \right],$$

где t_a – температура наружной стенки изоляции, °С;

t_n – температура внутренней стенки изоляции, °С;

R_s – термическое сопротивление тепловой изоляции, °С/(Вт/м);

$\lambda_{из}$ – коэффициент теплопроводности изоляции, Вт/(м°С);

q_T – плотность теплового потока через изоляцию, Вт/м².

То есть, расчётная толщина теплоизоляционного слоя прямопропорционально зависит от коэффициента теплопроводности, который, в свою очередь, во многом определяется эксплуатационными условиями.

Теплопотери теплоизолированным трубопроводом при бесканальной прокладке в грунте, отнесенные к 1 м длины трубопровода, Вт/м, рассчитываются как теплопередача через многослойную цилиндрическую стенку [2]:

$$Q = \frac{t_a - t_n}{\sum \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda} \cdot \ln \frac{4 \cdot d_s}{d_s} + \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{гр}} \cdot \ln \frac{4 \cdot h_{эк}}{d_s}},$$

где t_a – температура наружного воздуха, °С;

$R_{гр}$ – термическое сопротивление грунта, включая внешнее термическое сопротивление от грунта к воздуху, °С/(Вт/м);

$\lambda_{гр}$ – теплопроводность грунта, Вт/(м°С);

d_s – наружный диаметр теплоизоляционной конструкции, м.

α – коэффициент теплоотдачи от поверхности земли к воздуху, Вт/(м°С);

λ/α – эквивалентная толщина слоя грунта, заменяющего внешнее термическое сопротивление массива, м.

Таким образом, и действительные потери тепловых сетей во многом определяются коэффициентом теплопроводности.

В [3] приводятся данные по обследованию тепловых сетей сети г. Мариинска (Кемеровская область). Общую длину тепловой сети

разбили на тридцать участков практически одинаковой длины и составили характеристики этих участков (таблица 1).

Таблица 1 – Характеристики участков тепловой сети

№ п/п	Условия эксплуатации и состояние изоляции	Номера участков
1	Влажный воздух в канале	1, 2, 5, 20, 22
2	Деформация изоляции	3, 12
3	Увлажнение изоляции 100 %	4, 11, 17, 21
4	Проектные условия	6, 7, 8, 13, 23, 24, 27, 30
5	Разрушение изоляции на 50 %	9
6	Отсутствие изоляции	10, 14, 16, 19, 26
7	Увлажнение изоляции 40 %	15
8	Увлажнение изоляции 60 %	25
9	Увлажнение изоляции 80 %	18, 28
10	Увлажнение изоляции 50 %	29

Таким образом, нерасчётные свойства изоляции, появившиеся в результате эксплуатации, в значительной степени влияющие на тепловые потери имеют место на 73 % длины рассматриваемых тепловых сетей.

В [4] приводятся данные об изменении коэффициента теплопроводности в зависимости от степени сжатия. Так, например, сжатие минеральной ваты на 50 % вызывает увеличение коэффициента теплопроводности с 0,09 Вт/(м·°С) до 0,12 Вт/(м·°С), т.е. на 33 %, что в конечном итоге приводит к росту тепловых потерь в 1,26 раза.

Для анализа действительных гидравлических сопротивлений в тепловых сетях представим результаты работы [5]. При расчёте трубопроводов тепловых сетей коэффициент местных потерь определяется по формуле:

$$\alpha = \frac{l_2}{l_{2n}} = \frac{\sum \zeta \cdot d}{\lambda \cdot l_{2n}}$$

Из формулы следует, что величина местных сопротивлений зависит от длины участка, его диаметра и суммы коэффициентов местных сопротивлений, которые определяются конфигурацией сети. Очевидно, что значение α увеличивается при уменьшении длины участка и увеличении диаметра. С целью определения фактических коэффициентов местных потерь α , были рассмотрены существующие проекты водяных тепловых сетей промышленных предприятий различного назначения [5]. Располагая

бланками гидравлического расчета, для каждого участка определялся коэффициент α . Отдельно по магистрали и ответвлениям находились средневзвешенные значения коэффициента местных потерь для каждой сети.

Минимальное фактическое значение $\alpha = 0,113$, максимальное $0,292$, а среднее значение по всем схемам составляет $0,19$. Минимальное значение α по ответвлениям $0,118$, максимальное $0,377$, а среднее значение по всем схемам составляет $0,231$.

Сопоставляя полученные данные с рекомендуемыми, можно сделать следующие выводы. Согласно справочным данным для рассмотренных схем значение $\alpha = 0,3$ для магистралей и $\alpha = 0,3$ и $0,4$ для ответвлений, а средние фактические составляют $0,19$ и $0,231$, что несколько меньше рекомендуемых. Таким образом, справочные данные по коэффициентам местных сопротивлений являются слегка завышенными относительно действительных значений.

ВЫВОДЫ

Таким образом, справочные данные по тепловой и гидравлической работе тепловых сетей в значительной степени отличаются от действительных значений. Учёт влияния эксплуатации на изменение соответствующих коэффициентов необходим, так как недооценка или переоценка этих значений приводит к дополнительным потерям энергии.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 <http://ostroymaterialah.ru/izolyaciya/raschet-tolshhiny-izolyacii-truboprovodov.html>

2 МДС 41–7.2004. Методика оценки влияния влажности на эффективность теплоизоляции оборудования и трубопроводов.

3 **Первовский, Ю. А., Анподинов, О. В.** Гидравлический расчет в тепловых сетях // Новости теплоснабжения. – №01. – 2004. – С. 23–28.

4 **Кинжибекова, А. К.** Зависимость тепловых потерь котла БКЗ–75–39 от теплофизических и конструктивных параметров футеровки // Тезисы докл. VIII Всероссийской конференции молодых ученых. – Новосибирск, 2004. – 183 с.

5 **Ушаков, Д. В., Снисарь, Д. А., Китаев, Д. Н.** Определение коэффициентов местных потерь в тепловых сетях промпредприятий // Молодой учёный. – 2017. – № 6. – С. 95–98.

Материал поступил в редакцию 18.09.17.

Е. В. Приходько, К. М. Абдрахманова, Г. Б. Есембеков

**Жылу жүйелерінің материалдарының қасиеттерінің өзгеруі
олардың гидравликалық және жылулық режимдерінің жұмысына әсері**

С. Торайғыров атындағы
Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.
Материал 18.09.17 баспаға түсті.

E. V. Prihod'ko, K. M. Abdrahmanova, G. B. Esembekov

**Influence of changes in the properties of heat network materials on the
hydraulic and thermal modes of their operation**

S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar
Material received on 18.09.17.

*Бұл мақалада жылу жүйелерінің гидравликалық және жылулық
режимдерінің жұмысын сипаттайтын анықтамалық және
жарамды коэффициенттерінің анализі көрсетілген.*

*In this paper, there is given the analysis of reference and actual
coefficients characterizing the hydraulic and thermal modes of operation
of heat networks.*