

Торайғыров университетінің хабаршысы
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайғыров университета

Торайғыров университетінің ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы
1997 жылдан бастап шығады



ВЕСТНИК Торайғыров университета

Энергетическая серия
Издается с 1997 года

ISSN 2710-3420

№ 1 (2026)

ПАВЛОДАР

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайгыров университета

Энергетическая серия
выходит 4 раза в год

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания

№ 14310-Ж

выдано

Министерство информации и общественного развития
Республики Казахстан

Тематическая направленность

публикация материалов в области электроэнергетики,
электротехнологии, автоматизации, автоматизированных и
информационных систем, электромеханики и теплоэнергетики

Подписной индекс – 76136

<https://doi.org/10.48081/BGQF1934>

Бас редакторы – главный редактор

Талипов О. М.

доктор PhD, ассоц. профессор (доцент)

Заместитель главного редактора

Калтаев А.Г., *доктор PhD*

Ответственный секретарь

Сағындык Ә.Б., *доктор PhD*

Редакция алқасы – Редакционная коллегия

Клецель М. Я.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Никифоров А. С.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Новожилов А. Н.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Алиферов А. И.,	<i>д.т.н., профессор (Российская Федерация)</i>
Кошекков К. Т.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Приходько Е. В.,	<i>к.т.н., профессор</i>
Кислов А. П.,	<i>к.т.н., доцент</i>
Нефтисов А. В.,	<i>доктор PhD</i>
Шерьязов С. К.	<i>т.ғ.д., профессор (Российская Федерация)</i>
Искакова З. С.	<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 Торайгыров университета» обязательна

МРНТИ 75.31.23

<https://doi.org/10.48081/BGQF1961>

***А. А. Сафарбаков¹, С. И. Олейник²,
Т. Т. Бекибаев³, У. К. Жапбасбаев⁴**

¹ТОО «Павлодартехэнерго»,
Республика Казахстан, г. Павлодар;

²ТОО «ЭНЭКО»,
Республика Казахстан, г. Павлодар;

^{3,4}НАО «Казахский национальный исследовательский
технический университет имени К. И. Сатпаева»,
Республика Казахстан, г. Алматы

¹ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-4104-3225>

²ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-8007-7166>

³ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7030-0015>

⁴ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5973-5149>

*e-mail: safarbakov@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЭКВИВАЛЕНТНОЙ ШЕРОХОВАТОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕПЛОВОЙ СЕТИ ВО ВРЕМЕНИ

Исследования технического состояния тепловых сетей в периоде 2015–2025 годов, а также анализ архивных данных по проведению испытаний на гидравлические потери позволили установить связь и вывести устойчивую зависимость указанного коэффициента от времени эксплуатации. Поскольку за последние десятилетия технология подготовки сетевой воды на теплоисточниках г. Павлодара практически не изменялась, условия эксплуатации трубопроводов, выполненных по определенным схемам и из определенного материала, предполагают вполне предсказуемый результат по увеличению гидравлического сопротивления в течение времени. При разработке цифровых двойников систем теплоснабжения расчеты гидравлического режима могут выполняться не только с учетом экспериментально определённого гидравлического сопротивления, но и с использованием полученной зависимости. Использование этой зависимости может стать актуальным для снижения трудозатрат и экономии времени при

внедрении современных средств автоматизации. Функционал современного специализированного программного обеспечения обеспечивается за счет работы с массивами исходных данных, включающих в себя технические характеристики сети. Получить такие исходные данные, как эквивалентная шероховатость, по всем элементам сети методами, описанными в РД 34 РК.20.519-05 «Методические указания по испытаниям водяных тепловых сетей на гидравлические потери» и РД 153-34.1-20.526-00 «Методические указания по испытанию водяных тепловых сетей на гидравлические потери без нарушения режимов эксплуатации» - очень затратный и трудоемкий процесс. Предлагается для построения расчетных (перспективных) режимов и анализа текущих режимов работы тепловой сети формировать исходные данные с применением полученной зависимости коэффициента эквивалентной шероховатости от времени эксплуатации для тепловых сетей г. Павлодара.

Ключевые слова: тепловые сети, гидравлическое сопротивление, коэффициент эквивалентной шероховатости, гидравлический режим, степень износа.

Введение

Внедрение современных цифровых технологий в нашей стране является объективной необходимостью. Дальнейшая эксплуатация сетей централизованного теплоснабжения городов, особенно, если учесть высокую степень их износа, не представляется возможной без цифровизации процессов получения объективной информации об объекте эксплуатации. Одной из важных базовых составляющих цифровизации является построение цифрового двойника объекта управления. В силу сложности и важности этих задач, Государство выделяет средства в виде грантов на выполнение работ в этом направлении. В соответствии с поставленными задачами разработка необходимого программного обеспечения ведется сотрудниками Сатпаев Университета г.Алматы. Для получения характеристик существующей тепловой сети города Павлодара с целью построения цифрового двойника привлечены ТОО «НПФ СКЭП», ТОО «ПАВЛОДАРТЕХЭНЕРГО», ТОО «Павлодарские тепловые сети».

Цифровой двойник теплосети представляет собой виртуальную модель реальной системы теплоснабжения города. Его основная цель – обеспечить точное отображение структуры, параметров и текущего состояния теплосети, а также смоделировать ее работу в различных условиях. Такой инструмент позволяет анализировать поведение системы без риска для реальных объектов,

прогнозировать последствия изменений и принимать более обоснованные управленческие решения. Для наглядности и удобства пользования цифровой двойник совмещается с трёхмерным макетом промышленных зон и городской застройки (с ГИС-системой), после чего конечный продукт обретает следующий функционал:

1) Моделирование и расчет режимов работы теплосети: гидравлический расчет расходов теплоносителя в трубопроводах на основании действующей схемы сети; расчет тепловых режимов с учетом фактических нагрузок потребителей и тепловых потерь.

2) Взаимодействие с базами данных: хранение и обработка информации о сетевых элементах: трубопроводах, насосных станциях, тепловых пунктах, задвижках, регуляторах и др. с обязательной пространственной привязкой элементов системы.

3) Аналитические инструменты: выявление «узких мест» сети; анализ сценариев развития теплосети, включая подключение новых потребителей; построение пьезометрических графиков и других расчетных схем для оценки инженерных возможностей сети и её надежности.

4) Модули наладочного и поверочного расчетов:

Наладочный расчет позволяет рассчитать режим работы теплосети исходя из заданных тепловых нагрузок потребителей. Используется для проверки соответствия фактических параметров проектным, а также для выбора оптимальных режимов эксплуатации.

Поверочный расчет применяется при фиксированных настройках регулирующих устройств у потребителей. Позволяет оценить устойчивость работы системы и оценить соответствие настроек в реальных условиях эксплуатации.

5) Прогнозирование параметров работы теплосети на основе машинного обучения и накопленных данных; разработка рекомендаций по оптимизации режимов работы и снижению издержек.

6) Визуализация и пользовательский интерфейс: наглядное отображение структуры теплосети и ее режимов в ГИС-системе; возможность редактирования и построения новых конфигураций сети в процессе её развития. Экспорт расчетных результатов в текстовые и табличные форматы.

Материалы и методы

Одной из самых важных физических характеристик участков тепловой сети является их гидравлическое сопротивление. Расчетную величину гидравлического сопротивления получают исходя из конструкции и геометрических размеров трубопровода. Гидравлическое сопротивление трубопровода в процессе эксплуатации имеет свойство увеличиваться. Это

происходит по различным причинам и с разной степенью интенсивности в зависимости от условий эксплуатации и характеризуется *эквивалентной шероховатостью*. В физическом смысле *коэффициент эквивалентной шероховатости* характеризует эквивалентный размер неровностей (выступов) на внутренней поверхности стенки трубы, которые из-за нарушения ламинарности потока в пристеночном слое жидкости вносят сопротивление, эквивалентное сопротивлению фактической, сложной по структуре поверхности [1; 2; 3; 4; 5]. Участки сети, которые не подвергались полной или частичной замене, показывают рост эквивалентной шероховатости от времени эксплуатации. Частичная или полная замена трубы на новую работает на понижение эквивалентной шероховатости. Это значение используется для упрощения расчетов, так как позволяет заменить сложное распределение микронеровностей на одно, более простое. Эквивалентная шероховатость определяется экспериментальным путем с использованием эмпирических формул.

Современные исследования в области идентификации гидравлических сопротивлений, в том числе на участках сети с промежуточными отборами или врезками, подтверждают сложность и важность точного определения этих параметров для адекватного моделирования [6].

Применительно к тепловым сетям для определения эквивалентной шероховатости для каждой ветви сети производятся испытания на гидравлические потери. Порядок выполнения испытаний, обработка результатов испытаний регламентируются РД 34 РК.20.519-05 «Методические указания по испытаниям водяных тепловых сетей на гидравлические потери» [7]. При этом следует указать, что таким образом могут быть получены результаты в основном для магистральных сетей и при значительных затратах ресурсов и в первую очередь времени.

Для экспериментального обследования тепловых сетей применяется так же методология, изложенная в РД 153-34.1-20.526-00 «Методические указания по испытанию водяных тепловых сетей на гидравлические потери без нарушения режимов эксплуатации» [8]. Данные Методические указания устанавливают содержание и порядок проведения работ по определению эксплуатационных гидравлических потерь в трубопроводах водяных тепловых сетей и действуют наряду с РД 34.20.519-97 «Методические указания по испытанию водяных тепловых сетей на гидравлические потери» [9]. Выполнение этих испытаний не менее проблематично, поскольку возникают технические ограничения в части организации циркуляции теплоносителя в отдельно взятом квартальном отделе с обеспечением установившегося давления на источнике (ТЭЦ). Судя по количеству и разветвленности тепловых сетей, на реализацию этих

испытаний требуется достаточно большое количество ресурсов и времени. Как раз того времени, которое сегодня необходимо в первую очередь на восстановительные ремонты и подготовку сетей к отопительному периоду.

Таким образом, необходимость экспериментального определения гидравлического сопротивления для каждого участка тепловой сети в плане затрат ресурсов и времени становится большим препятствием на пути оперативного получения цифрового двойника тепловой сети. Чем более точные значения гидравлических сопротивлений мы собираемся получить, тем больше времени будет затрачено на эксперименты, а результаты, полученные в начале пути, потеряют свою актуальность.

Для выполнения инженерных расчетов гидравлического режима РД 34.20.519-97 предусматривает использование значений эквивалентной шероховатости в зависимости от сроков эксплуатации трубопровода (таблица 1) [10].

Таблица 1

Срок эксплуатации, лет	Коэффициент эквивалентной шероховатости k_s , м	
	по подающему трубопроводу	по обратному трубопроводу
До 5	$1,5 \cdot 10^{-3}$	$1,0 \cdot 10^{-3}$
Св. 5 до 10	$3,0 \cdot 10^{-3}$	$2,0 \cdot 10^{-3}$
Св. 10 до 15	$5,0 \cdot 10^{-3}$	$3,5 \cdot 10^{-3}$
Св. 15 до 20	$6,0 \cdot 10^{-3}$	$4,0 \cdot 10^{-3}$
Св. 20	$10,0 \cdot 10^{-3}$	$8,0 \cdot 10^{-3}$

На стадии проектирования данные Методические указания допускают некую ошибку с завышением гидравлического сопротивления. За несколько лет эксплуатации реальное значение гидравлического сопротивления и шероховатости достигнут значений, заложенных в проект, т.е. на все эти годы эксплуатации расчетный гидравлический режим будет обеспечен. Сам период времени при этом не зависит от проектанта, он определяется условиями эксплуатации.

В эксплуатации мы имеем дело с сетями, которые создавались не один десяток лет. За это время созданы новые участки, произведены капитальные ремонты с заменой трубопроводов, выполнены модернизации, незамененные трубопроводы заросли отложениями и потеряли пропускную способность и т.д.

Таким образом, если для целей проектирования использование значений коэффициентов эквивалентной шероховатости из РД 34.20.519-97 даёт приемлемый результат, то для создания цифрового двойника действующей тепловой сети значения эквивалентной шероховатости из РД 34.20.519-97 не применимы. При попытках подставить эти значения в расчет режима действующей теплосети получены результаты, которые критически отличаются от показателей режима, получаемых в ходе измерений (натурных испытаний). Для целей построения цифрового двойника действующей тепловой сети использование значений коэффициентов эквивалентной шероховатости из РД 34.20.519-97 не приемлемо ввиду низкой сходимости результатов.

Вышеозначенные выводы послужили причиной дальнейших исследований взаимосвязи между таким важным показателем качества, как коэффициент эквивалентной шероховатости участка тепловой сети, и продолжительностью его эксплуатации.

Результаты и обсуждение

В ходе работы над цифровой моделью согласно РД 34 РК.20.519-05 были выполнены испытания на гидравлическое сопротивление участков тепловых сетей [11]. По результатам испытаний получено несколько значений коэффициентов шероховатости для различных трубопроводов с различными сроками эксплуатации. Поскольку трубопроводы со сроками эксплуатации менее 25 лет на момент выполнения данной работы практически отсутствуют, то для построения характеристики были использованы архивные отчеты ТОО «Павлодартехэнерго» за три десятилетия выполнения аналогичных измерений и расчетов для тепловых сетей города Павлодара. Полученные таким образом значения коэффициентов шероховатости в привязке к срокам эксплуатации не превысили значений, рекомендованных РД 34.20.519-97 «Методические указания по испытанию водяных тепловых сетей на гидравлические потери». А в предварительном гидравлическом расчете режима сети, для трубопроводов с длительными сроками эксплуатации они оказались существенно ниже. Попутно был сделан вывод о том, что режим водоподготовки на всех трех источниках тепла г.Павлодара достаточно сбалансирован, и эксплуатация ведется на соответствующем уровне.

Средние значения коэффициентов эквивалентной шероховатости от срока эксплуатации трубопровода, полученные по результатам испытаний, приведены в Таблице 2.

Аппроксимированные зависимости коэффициента шероховатости и его годового прироста от срока эксплуатации трубопровода, имеющие нормальное распределение отклонений от истинного значения, приведены на рисунке 1.

Таблица 2

Срок эксплуатации	Среднеарифметическое значение K_z	Годовой прирост
0	0,5	0,5
3	1,9	0,41
5	2,4	0,25
9	2,85	0,12
10	2,85	0,09
11	2,9	0,08
16	3,1	0,07
22	3,6	0,07
30	3,85	0,06
32	4,37	0,06
38	4,55	0,05
43	4,78	0,05

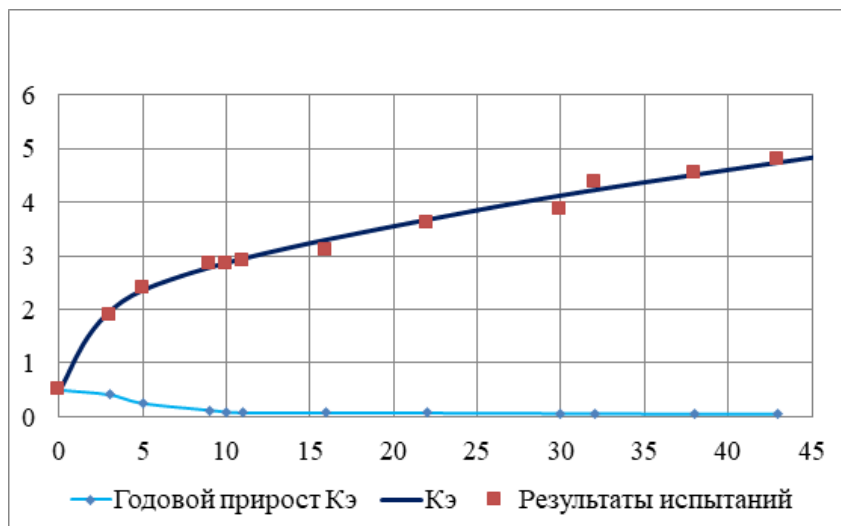


Рисунок 1 – Зависимость коэффициента эквивалентной шероховатости и величины его годового прироста от срока эксплуатации.

Анализ значений эквивалентной шероховатости испытанных участков тепловых сетей показал, что в большинстве случаев они лежат в доверительном интервале от значений, получаемых по аппроксимированной

зависимости коэффициента шероховатости и его годового прироста от срока эксплуатации этих участков тепловых сетей. Имеющиеся отклонения от аппроксимированных значений объясняются скрытыми дефектами и отклонениями от паспортных данных.

Выводы

Результаты проведенных исследований за последние 10 лет и архивные данные о результатах исследований 30-летней давности в целом описывают усредненную характеристику зависимости коэффициента эквивалентной шероховатости от времени эксплуатации тепловой сети. Частные расхождения могут быть объяснены объективными обстоятельствами, повлиявшими на точность измерений и поддержания режима во время измерений. Использование этой зависимости может стать актуальным для снижения трудозатрат и экономии времени при внедрении современных средств автоматизации в области централизованного теплоснабжения. Функционал современных специализированных программных средств, применительно к проектированию и эксплуатации тепловых сетей, обеспечивается, в том числе, и за счет работы с массивами исходных данных, включающих в себя гидравлические сопротивления и коэффициенты эквивалентной шероховатости участков сети. Получить такие исходные данные, как эквивалентная шероховатость, по всем элементам сети методами, описанными в РД 34 РК.20.519-05 «Методические указания по испытаниям водяных тепловых сетей на гидравлические потери» и РД 153-34.1-20.526-00 «Методические указания по испытанию водяных тепловых сетей на гидравлические потери без нарушения режимов эксплуатации» – очень затратный и трудоемкий процесс. Предлагается для построения расчетных (перспективных) режимов и анализа текущих режимов работы тепловой сети формировать исходные данные с применением полученной зависимости коэффициента эквивалентной шероховатости от времени эксплуатации. Применительно к тепловым сетям г.Павлодара, для ведения инженерных расчетов гидравлического режима, наряду с применением утвержденных методик, с приемлемой точностью может использоваться полученная зависимость коэффициента эквивалентной шероховатости от времени эксплуатации.

Финансирование

Работа выполнена при поддержке Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант № BR24992907, 2024–2026 гг.).

Список использованных источников

- 1 **Александрович, С.** Шероховатость стенок трубопровода: типы и влияние [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.nektionnasos.ru/articles/sherokhovatost-stenok>
- 2 **Liu, Y., Du, Q., Luo, P., Zou, P., He, Z.** Pipe resistance coefficients identification of water networks considering solvable conditions // Canadian Journal of Civil Engineering. – 48(9). – 2020. – P. 1223-1230. – <https://doi.org/10.1139/cjce-2019-0680>.
- 3 **Булгаков, И. С.** Исследование зависимости коэффициента гидравлического трения жидкости (λ) от числа Рейнольдса (Re) применительно к гидро-приводу / И. С. Булгаков, И. А. Секисова, Е. П. Терехин // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2016. – № 5. – С. 5–10.
- 4 **Альштуль, Д. А.** Гидравлические сопротивления трубопроводов / А. Д. Альштуль, В. И. Калицун – М. : Издательство литературы по строительству, 1964. – 175 с.
- 5 **Альштуль, А. Д.** Гидравлика и аэродинамика (основы механики жидкости) / А. Д. Альштуль, П. Г. Киселев. – М. : Стройиздат, 1965. – 275 с.
- 6 **Bekibayev, T. T.** Identification of Resistance Coefficients for Section of Water Pipeline Network in Case of Intermediate Withdrawals or Injections of Water // Engineered Science. – 2025. – Vol. 36. – P. 1583. – <https://dx.doi.org/10.30919/es1583>.
- 7 РД 34 РК.20.519-05 «Методические указания по испытаниям водяных тепловых сетей на гидравлические потери».
- 8 РД 153-34.1-20.526-00 «Методические указания по испытанию водяных тепловых сетей на гидравлические потери без нарушения режимов эксплуатации».
- 9 РД 34.20.519-97 «Методические указания по испытанию водяных тепловых сетей на гидравлические потери»
- 10 **Яковлев, Б. В., Яковлев, Ю. Б.** Теплофикация и тепловые сети Учебное пособие по практическим занятиям и курсовому проектированию для студентов специальности 43.01.04 – Тепловые электрические станции 43.01.05 – Промышленная теплоэнергетика. – Минск, 2003.
- 11 **Морозов, М. А.** Расчетно-экспериментальные исследования гидравлических характеристик трубопроводов систем теплоснабжения с учетом степени гидрофобности функциональных поверхностей 05.14.04 – Промышленная теплоэнергетика Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук Научный руководитель д.т.н. Волков А.В. – М., 2016.

References

1 **Aleksandrovich, S.** Sherokhovatost' stenok truboprovoda: Tipy i vliyanie [Roughness of Pipe Internal Surface: Types and Effects] [Electronic resource] Available at: <https://www.nektonnasos.ru/articles/sherokhovatost-stenok>

2 **Liu, Y., Du, Q., Luo, P., Zou, P., He, Z.** «Pipe resistance coefficients identification of water networks considering solvable conditions». Canadian Journal of Civil Engineering. – 48(9). – 2020. – P. 1223–1230. – <https://doi.org/10.1139/cjce-2019-0680>.

3 **Bulgakov, I. S.** Issledovanie zavisimosti koeffitsienta gidravlicheskogo treniya zhidkosti (λ) ot chisla Rejnol'dsa (Re) primenitel'no k gidro-privodu [Study of the dependence of the coefficient of hydraulic friction of the fluid (λ) on the Reynolds number (Re) in relation to the hydraulic drive] / I. S. Bulgakov, I. A. Sekisova, E. P. Terekhin // Mining Information and Analytical Bulletin (Scientific and Technical Journal). – 2016. – № 5. – P. 5–10.

4 **Al'shtul', D. A.** Gidravlicheskie soprotivleniya truboprovodov [Pipelines hydraulic resistance] / A. D. Al'shtul', V. I. Kalicun. – Moscow : Izdatel'stvo literatury po stroitel'stvu [Construction Literature Publishers], 1964. – 175 p.

5 **Al'tshul', A. D.** Gidravlika i aerodinamika (osnovy mekhaniki zhidkosti) [Hydraulics and Aerodynamics (Fluid Mechanics Basics)] / A. D. Al'tshul', P. G. Kiselev. – Moscow : Strojizdat, 1965. – 275 p.

6 **Bekibayev, T. T.** Identification of Resistance Coefficients for Section of Water Pipeline Network in Case of Intermediate Withdrawals or Injections of Water // Engineered Science. – 2025. – Vol. 36. – P. 1583. – <https://dx.doi.org/10.30919/es1583>.

7 RD 34 RK.20.519-05 «Metodicheskie ukazaniya po ispytaniyam vodyanyh teplovyh setej na gidravlicheskie poteri» [Guidelines of water heating networks tests for hydraulic losses.].

8 RD 153-34.1-20.526-00 «Metodicheskie ukazaniya po ispytaniyu vodyanyh teplovyh setej na gidravlicheskie poteri bez narusheniya rezhimov ekspluatatsii» [Guidelines of water heating networks tests for hydraulic losses without violation of operating modes].

9 RD 34.20.519-97 «Metodicheskie ukazaniya po ispytaniyu vodyanyh teplovyh setej na gidravlicheskie poteri» [Guidelines of water heating networks tests for hydraulic losses]

10 **Yakovlev, B. V., Yakovlev, Yu. B.** Teplofikatsiya i teplovye seti Uchebnoe posobie po prakticheskim zanyatiyam i kursovomu proektirovaniyu dlya studentov special'nosti 43.01.04 – Teplovye elektricheskie stantsii 43.01.05 – Promyshlennaya teploenergetika [Heating and Heating Networks. Practical

training manual and course design for students of specialties 43.01.04 - Thermal power plants 43.01.05 - Industrial heat engineering]. – Minsk, 2003.

11 **Morozov, M. A.** Raschetno-eksperimental'nye issledovaniya gidravlicheskih harakteristik truboprovodov sistem teplosnabzheniya s uchetom stepeni gidrofobnosti funkcional'nyh poverhnostej [Design and experimental studies of heat supply pipelines systems hydraulic characteristics of taking into account the degree of functional surfaces hydrophobicity] 05.14.04 – Industrial Heat Power Engineering, Thesis for the degree of candidate of technical sciences, Scientific supervisor d.t.n. Volkov A.V. – Moscow, 2016.

Поступило в редакцию 12.01.26.

Поступило с исправлениями.

Принято в печать 27.02.26.

А. А. Сафарбаков¹, С. И. Олейник²,

Т. Т. Бекибаев³, У. К. Жапбасбаев⁴

¹«Павлодартехэнерго» ЖШС,

Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.;

²«ЭНЭКО» ЖШС,

Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.;

^{3,4}Қ. И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық

техникалық зерттеу университеті,

Қазақстан Республикасы, Алматы қ.

12.01.26 ж. баспаға түсті.

ж. түзетулерімен түсті.

27.02.26 ж. басып шығаруға қабылданды.

УАҚЫТ БОЙЫНША ЖЫЛУ ЖЕЛІСІ ЭЛЕМЕНТТЕРІНІҢ БАЛАМАЛЫ КЕДІР-БҮДЫРЛЫҒЫНЫҢ ӨЗГЕРУІН ЗЕРТТЕУ

2015–2025 жылдар кезеңінде жылу желілерінің техникалық жай-күйін зерттеу, сондай-ақ гидравликалық ысырапқа сынақтар жүргізу бойынша мұрағаттық деректерді талдау байланыс орнатуға және көрсетілген коэффициенттің пайдалану уақытына тұрақты тәуелділігін шығаруға мүмкіндік берді. Соңғы онжылдықта Павлодар қаласының жылу көздеріндегі желілік суды дайындау технологиясы іс жүзінде өзгермегендіктен, белгілі бір схемалар бойынша және белгілі бір материалдан

орындалған құбырларды пайдалану шарттары уақыт ішінде гидравликалық кедергіні ұлғайту жөнінде толық болжамды нәтижені болжайды. Жылумен жабдықтау жүйелерінің цифрлық қосарларын әзірлеу кезінде гидравликалық режимнің есептеулері эксперименттік белгілі бір гидравликалық кедергіні ескере отырып ғана емес, алынған тәуелділікті пайдалана отырып та орындалуы мүмкін. Бұл тәуелділікті пайдалану қазіргі заманғы автоматтандыру құралдарын енгізу кезінде еңбек шығындарын азайту және уақытты үнемдеу үшін өзекті болуы мүмкін. Қазіргі заманғы мамандандырылған бағдарламалық қамтамасыз етудің функционалы желінің техникалық сипаттамаларын қамтитын бастапқы деректер массивтерімен жұмыс істеу есебінен қамтамасыз етіледі. Баламалы кедір-бұдырлық сияқты бастапқы деректерді желінің барлық элементтері бойынша РД 34 РК.20.519-05 «Су жылу желілерін гидравликалық ысыраққа сынау жөніндегі әдістемелік нұсқаулар» және РД 153-34.1-20.526-00 «Су жылу желілерін пайдалану режимдерін бұзбай гидравликалық ысыраққа сынау жөніндегі әдістемелік нұсқаулар» сипатталған әдістермен алу - өте шығынды және көп еңбекті қажет ететін процесс. Есептік (перспективалық) режимдерді құру және жылу желісі жұмысының ағымдағы режимдерін талдау үшін Павлодар қаласының жылу желілері үшін баламалы кедір-бұдырлық коэффициентінің пайдалану уақытына алынған тәуелділігін қолдана отырып, бастапқы деректерді қалыптастыру ұсынылады

Кілтті сөздер: жылу желілері, гидравликалық кедергі, баламалы кедір-бұдырлық коэффициенті, гидравликалық режим, тозу дәрежесі.

A. A. Safarbakov¹, S. I. Oleinik², T. T. Bekibayev³, U. K. Zhabbasbayev⁴

¹Pavlodartekhenenergo LLP,
Republic of Kazakhstan, Pavlodar;

²ENEKO LLP,
Republic of Kazakhstan, Pavlodar;

^{3,4}Satbayev University,
Republic of Kazakhstan, Almaty.

Received 12.01.26.

Received in revised form 10.11.25.

Accepted for publication 27.02.26.

EQUIVALENT ROUGHNESS CHANGE STUDY FOR HEATING NETWORK ELEMENTS IN TIME

Studies of the technical condition of heating networks in the period 2015–2025, as well as the analysis of archival data on testing for hydraulic losses, made it possible to establish communication and derive a stable dependence of this coefficient on the operating time. Since over the past decades, the technology of network water treatment at heat sources in Pavlodar has practically not changed, the operating conditions of pipelines made according to certain schemes and from a certain material suggest a completely predictable result in increasing hydraulic resistance over time. When developing digital twins of heat supply systems, hydraulic mode calculations can be carried out not only taking into account experimentally determined hydraulic resistance, but also using the resulting relationship. The use of this dependence may become relevant to reduce labor costs and save time when introducing modern automation tools. The functionality of modern specialized software is provided by working with arrays of initial data, including the technical characteristics of the network. Obtain such initial data as equivalent roughness for all network elements by methods described in RD 34 RK.20.519-05 «Methodological Guidelines for Testing Water Heating Networks for Hydraulic Losses» and RD 153-34.1-20.526-00 «Methodological Guidelines for Testing Water Heating Networks for Hydraulic Losses without Violation of Operating Modes» is a very costly and laborious process. It is proposed to generate initial data with application of obtained dependence of coefficient of equivalent roughness on operation time for heat networks of Pavlodar for construction of design (perspective) modes and analysis of current modes of heat network operation.

Keywords: heating networks, hydraulic resistance, coefficient of equivalent roughness, hydraulic mode, degree of wear.

Теруге 13.03.2026 ж. жіберілді. Басуға 31.03.2026 ж. қол қойылды.

Электронды баспа

28.54 Мб RAM

Шартты баспа табағы 22,2. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: З. Ж. Шокубаева

Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Тапсырыс № 4523

Сдано в набор 13.03.2026 г. Подписано в печать 31.03.2023 г.

Электронное издание

28.54 Мб RAM

Усл. печ. л. 22,2. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка: З. Ж. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Заказ № 4523

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

67-36-69

E-mail: kereku@tou.edu.kz

www.vestnik-energy.tou.edu.kz