

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

№ 4 (2025)

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/GMYR4462>

Бас редакторы – главный редактор

Талипов О. М.

доктор PhD, ассоц. профессор (доцент)

Заместитель главного редактора

Калтаев А.Г., *доктор PhD*

Ответственный секретарь

Сағындық 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>
Никитин К. И.,	<i>д.т.н., профессор (Российская Федерация)</i>
Алиферов А. И.,	<i>д.т.н., профессор (Российская Федерация)</i>
Кошеков 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>
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 Торайгыров университета» обязательна

© Торайгыров университет

<https://doi.org/10.48081/JOWR9207>***У. К. Жалмагамбетова¹, Р. В. Ташлыкова², В. А. Ларкин³**¹Торайғыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар;^{2,3}ТОО НПФ «СевКазЭнергоПром», Республика Казахстан, г. Павлодар.¹ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2261-2222>²ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-7285-9305>³ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-2079-3358>*e-mail: ultuara@mail.ru

ВОЗМОЖНОСТИ СОЗДАНИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО И ТЕПЛОВОГО РАСЧЁТОВ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

В статье рассматривается возможность разработки программного обеспечения для гидравлических и тепловых расчётов систем теплоснабжения. Актуальность темы обусловлена необходимостью оптимизации систем теплоснабжения для повышения комфорта проживания, снижения аварийности и повышения надёжности работы систем энергообеспечения.

Создание программного обеспечения для таких расчётов – сложная задача, требующая применения современных методов и подходов. Разработка комплекса интеллектуальных информационно-коммуникационных систем может стать основой для внедрения новых технологий в области теплоснабжения.

Цифровая модель системы теплоснабжения города позволяет учесть множество факторов, влияющих на её работу, и оптимизировать параметры для достижения наилучших результатов. Создание такой модели требует комплексного подхода и взаимодействия специалистов из разных областей. Развитие отечественного программного обеспечения в этой сфере способствует укреплению технологического суверенитета и повышению эффективности систем теплоснабжения.

Любая оптимизация систем теплоснабжения способствует созданию более комфортных условий проживания, а также снижению количества аварийных ситуаций и повышению надёжности работы

систем энергообеспечения. Такая основа для разработки и внедрения новых технологий в области теплоснабжения создает условия для развития технологий отечественного программного обеспечения в этой области.

Ключевые слова: цифровой двойник, теплоснабжение, программное обеспечение, гидравлический расчет, тепловой расчет.

Введение

Создание цифровой модели для эффективного прогнозирования и управления любого технологического процесса является актуальной задачей, так как она решает, в первую очередь, вопросы энергоэффективности и устойчивого развития. Такой запрос в современном мире становится необходимым для оптимизации в частности систем тепло- и водообеспечения [1]. Разработка программного обеспечения, в данном вопросе, для создания динамического виртуального двойника, работающего в режиме реального времени с показаниями состояния действующей системы энергоснабжения является ключевой задачей.

Создание адекватной цифровой модели, которая как живой организм будет отражать все процессы, протекающие в действующей системе, позволит производить точные гидравлические и тепловые расчеты, и учитывать все внешние и внутренние факторы, влияющие на функционирование системы. Точные расчеты мгновенно позволяют оптимизировать работу систем теплоснабжения, что способствует снижению энергопотребления и затрат на отопление [2]; [3]. В условиях роста цен особенно важно контролировать энергоресурсы, а также необходимо учитывать снижения воздействия на окружающую среду [4].

Если программное обеспечение разработать с учетом особенностей конкретного региона, это позволит точно оптимизировать и прогнозировать систему с учетом климатических, инфраструктурных и других влияющих факторов. Что в свою очередь ведет к снижению затрат и минимизации потерь тепла, расходов на эксплуатацию и обслуживание системы. Данное программное обеспечение особенно актуально для бюджетных организаций и предприятий. Создание современного программного обеспечения для расчетов систем теплоснабжения позволит обеспечить соответствие этих систем всем требованиям их эффективной и безопасной работы

Материалы и методы

Объектом разработки научно-исследовательской работы является создание отечественного программного обеспечения (далее ПО), под рабочим названием «HeatingSystem», для гидравлического и теплового расчетов систем теплоснабжения на примере города Павлодар.

Разработанное программное обеспечение, которое будет соответствовать современным требованиям и стандартам [5], должно учитывать особенности систем теплоснабжения в городе Павлодар. Для достижения поставленной цели необходимо в первую очередь изучить существующие методы и подходы к гидравлическим и тепловым расчётам систем теплоснабжения. На основании этого разработать алгоритмы и модели, которые позволят проводить расчёты с учётом специфики города [6].

Создание прототипа программного обеспечения «HeatingSystem» и его тестирование возможно при оптимизации алгоритмов и модели на основе полученных результатов тестирования. Что позволит разработать документацию и инструкции для пользователей ПО «HeatingSystem».

Для решения поставленных задач используются такие методы, как анализ научной литературы и публикаций по теме исследования, моделирование и симуляция гидравлических и тепловых процессов, программирование и разработка алгоритмов, тестирование и оптимизация программного обеспечения. При этом разработка ПО «HeatingSystem» позволит повысить точность и эффективность гидравлических и тепловых расчётов, оптимизировать работу систем теплоснабжения в городе Павлодар, снизить энергопотребление и затраты на отопление и улучшить качество жизни горожан.

Создание любой цифровой модели системы теплоснабжения города можно считать сложным и многоэтапным процессом, требующим системного подхода [7]. Для такой задачи лучше всего использовать методологию системного моделирования в сочетании с цифровыми технологиями моделирования, такими как GIS (Geographic Information Systems) с применением математического и имитационного моделирования для анализа режимов работы системы теплоснабжения, для имитации и замены реальных объектов математическими моделями.

Методология создания цифровой модели системы теплоснабжения города включает в себя формулирование целей и задач моделирования. Определение целей возможно при анализе режимов теплоснабжения, оптимизации, диагностике, планировании развития. Далее идет уточнение задач, то есть какие объекты моделируются, какие параметры нас интересуют, в нашем случае расходы, температуры, давления, теплопотери [8].

Последовательный сбор и подготовка исходных данных опирается на топологию системы, это тепловые сети, центральные тепловые пункты, индивидуальные тепловые пункты и потребители. Необходимо также учитывать географическую информацию, это – карты, координаты, геометрия трасс, и техническую характеристику оборудования, то есть диаметры труб, теплоизоляция, насосы, теплообменники. При моделировании учитывается

информация с архивов данных, температурные графики, погодные условия, режимы работы, данные о потреблении тепла. При этом необходимо уточнять используются ли ГИС-системы, BIM-модели, SCADA-данные, архивы эксплуатации.

Выбор программного обеспечения и инструментов моделирования включает в себя ГИС-платформы, программы тепло- гидравлического моделирования (ТГИД-05, гидросистема, ZuluGIS и т.д.), программы для визуализации и анализа данных MSExcel, MS Access Database и т.д. Построение цифровой топологической модели включает в себя создание схемы трубопроводов, источников тепла и потребителей, введение узлов, таких как узлы разветвления, регулирования. Для визуализации связей с гео данными, наложенными на карте, необходимо учитывать геометрию трасс, диаметр труб, геодезические отметки и тепловые нагрузки [9].

Рассмотрим переложенную базу данных, изображенную на рисунке 1, содержащую геометрию трасс тепловых сетей города Павлодара на примере магистральных участков, а также внутриквартальных сетей северной части города.



Рисунок-1 – Схема тепловых сетей г. Павлодара (ПО «HeatingSystem»)

Для исследования сходимости результатов расчета в ПО «HeatingSystem» создан тождественный цифровой двойник на рисунке 2 в ПО ZuluGIS с аналогичными техническими и режимными параметрами такими как давление и температура на источниках тепла.



Рисунок-2 – Схема тепловых сетей г.Павлодара (ПО ZuluGIS)

Для тестового режима сходимости результатов расчета ПО был принят участок внутриквартальных сетей, проект которого разрабатывался ТОО НПФ «СЕВКАЗЭНЕРГОПРОМ» «Реконструкция внутриквартальных тепловых сетей в г. Павлодаре». Для апробации модели была использована первая очередь, тепловая сеть от ТК-145 до ввода в ж/д в границах улицы Ломова, 1 Мая, Гагарина, 2022 г., протяженностью $L=2,25$ км.

Результаты и обсуждение

Для реализации проекта предварительно необходимо уделить внимание математическому и физическому моделированию. Моделирование необходимо для описания гидравлического расчета с учетом регулируемых параметров – напоры, давления, расходы, а также теплотехнического расчета, с учетом потерь тепла и температуры. Математическая модель создается с использованием уравнений теплового баланса и уравнений движения жидкости. При описании процессов применяется имитационное моделирование с решением систем нелинейных уравнений [10].

Одним из важных моментов является калибровка модели, то есть сопоставление результатов расчетов с фактическими данными, уточнение параметров моделей, это коэффициенты теплоотдачи, сопротивления, шероховатости и т.д. Проверка адекватности моделирования возможна с использованием исторических данных и данных мониторинга. Важным этапом моделирования является анализ режимов и сценариев, таких как нормальные и аварийные режимы, сезонные колебания, сценарии развития, возможно рост потребления и реконструкция сетей. При этом корректировка модели должна быть проведена с целью оптимизации и снижения потерь, учитывая энергоэффективность регулирования.

Важным моментом цифровой модели является интерфейс и визуализация – это интерактивные карты, 2D-визуализация, визуализация режимов работы в реальном времени с использованием SCADA пакетов. Основным результатом создания цифровой модели будет отражен в веб-интерфейсе для доступа заинтересованных сторон.

Разработка цифрового двойника учитывает интеграцию с другими системами – SCADA-пакеты, системы диспетчеризации и планирования ремонтов. Актуализация и сопровождение модели включает регулярное обновление данных. К ним могут быть причислены строительство, ремонты, изменения в нагрузке, интеграция с системой технического обслуживания и планирования.

Информация о финансировании Работа была выполнена при поддержке Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан в рамках проекта программно-целевого финансирования на 2024–2026 годы № BR24992907 «Разработка программного продукта для цифровизации и оптимизации работы системы теплоснабжения городов Казахстана».

Выводы

Создание отечественного ПО для гидравлического и теплового расчётов систем теплоснабжения является важной задачей, которая требует комплексного подхода и междисциплинарных исследований. Разработка

такого ПО позволит не только оптимизировать работу существующих систем, но и создать основу для развития новых технологий в области теплоснабжения. Внедрение такой цифровой модели на примере города Павлодар позволит оптимизировать функционирование систем тепло- и водоснабжения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 СП РК 4.02-104-2013 Тепловые сети // г. Астана, 2015.
- 2 СП РК 4.02-102-2012 Проектирование тепловой изоляции оборудования и трубопроводов г. Астана, 2015.
- 3 СП РК 2.04-01-2017 Строительная климатология г. Астана, 2017.
- 4 СП РК 4.02-108-2014 Проектирование тепловых пунктов г. Астана, 2017.
- 5 Приложение 44 к приказу Министра энергетики РК от 30.12.2016 №580 «Методические указания определения тепловых потерь в сетях».
- 6 **Идельчик, И. Е.**, Справочник по гидравлическим сопротивлениям. М. : «Машиностроение». – 1992.
- 7 **Меренков, А. П., Хаселев, В. Я.**, Теория гидравлических цепей. // Издательство «Наука». – 1985.
- 8 **Коршак, А. А.**, Универсальность обобщенной формулы Л.С.Лейбензона / А.А.Коршак. Нефтяное хозяйство. – 2019. – № 5. – С. 105–108. – Библиогр. : С.108 (17 назв.). – ISSN 0028-2448
- 9 **Берж, К.**, Теория графов и ее применения. // Изд-во иностр.лит., 1962. – 320 с.
- 10 **Maurer, J., Ratzel, O. M., Malan, A. J., Hohmann S.**, Comparison of discrete dynamic pipeline models for operational optimization of District Heating Networks. / Energy Reports. – Vol. 7. – Supplement 4. – October 2021. – P. 244–253. – doi: <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2021.08.150>

REFERENCES

- 1 SP RK 4.02-104-2013 Teplovye seti [Code of Practice of the Republic of Kazakhstan Heating networks] // Astana, – 2015.
- 2 SPRK 4.02-102-2012 Proyektirovaniye teplovoy izolyatsiyi oborudovaniya i truboprovodov [Code of Practice of the Republic of Kazakhstan 4.02-102-2012 Design of thermal insulation for equipment and pipelines] // Astana, – 2015.
- 3 SP RK 2.04-01-2017 Stroitel'naya klimatologiya [Code of Practice of the Republic of Kazakhstan 2.04-01-2017 building climatology] // Astana, – 2017.

4. SP RK 4.02-108-2014 *Proyektirovaniye teblovykh punktov* [Code of Practice of the Republic of Kazakhstan 4.02-108-2014 Design of heating stations] // Astana, – 2017.

5 *Prilozheniye 44 k prikazu Ministra energetiki RK ot 30.12.2016 №580 «Metodicheskiye ukazaniya opredeleniya teblovykh poter' v setyakh»* [Appendix 44 to the order of the Minister of Energy of the Republic of Kazakhstan dated December 30. – 2016 No. 580 «Guidelines of determining heat losses in network».]

6 *Idelchik, I.Ye., Spravochnik po gidravlicheskim soprotivleniyam* [Handbook of hydraulic resistance]. – М. :«Mechanical engineering». 1992.

7 **Merenzov, A. P., Khaselev V. Ya.**, *Teoriya Gidravlicheskih tsepei*. [Theory of hydraulic circuits]. – «Nauka» publishing office, – 1985

8 **Korshak, A. A.**, *Universalnost' obobshchonnoy formuly L. S.Leybensona* [The universality of generalized Leybeson's formula] / A. A.Korshak // *Oil industry* – 2019. – № 5. – P. 105–108. – Bibliogr.: P.108 (17 titles.). – ISSN 0028-2448.

9 **Berzh, K.**, *Teoriya graphov i eyo primineniye*. [Graph theory and its application] // Publishing house of foreign lit., 1962. – 320 p.

10 **Maurer, J., Ratzel, O. M., Malan, A. J., Hohmann, S.**, *Comparison of discrete dynamic pipeline models for operational optimization of District Heating Networks. Energy Reports. Vol. 7. – Supplement 4. – October 2021. – P. 244–253.* – <https://doi.org/10.1016/j.egy.2021.08.150>

Поступило в редакцию 16.10.25.

Поступило с исправлениями 24.10.25.

Принято в печать 05.12.25.

**Ұ. К. Жалмағамбетова¹, Р. В. Ташылова², В. А. Ларкин³*

¹Торайғыров университеті, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.;

^{2,3}«СевКазЭнергоПром», НПФ ЖШС,

Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

16.10.25 ж. баспаға түсті.

24.10.25 ж. түзетулерімен түсті.

05.12.25 ж. басып шығаруға қабылданды.

ЖЫЛУМЕН ЖАБДЫҚТАУ ЖҮЙЕЛЕРІНІҢ ГИДРАВЛИКАЛЫҚ ЖӘНЕ ЖЫЛУЛЫҚ ЕСЕПТЕУЛЕРІ ҮШІН БАҒДАРЛАМАЛЫҚ ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУДІ ҚҰРУ МҮМКІНДІКТЕРІ

Бұл мақалада жылумен жабдықтау жүйелерінің гидравликалық және жылулық есептеулері үшін бағдарламалық қамтамасыз етуді әзірлеудің орындылығы қарастырылады. Бұл тақырыптың

өзектілігі өмір сүру жайлылығын жақсарту, апаттарды азайту және энергиямен жабдықтау жүйелерінің сенімділігін арттыру үшін жылумен жабдықтау жүйелерін оңтайландыру қажеттілігінен туындайды.

Мұндай есептеулер үшін бағдарламалық қамтамасыз етуді құру қазіргі заманғы әдістер мен тәсілдерді қолдануды талап ететін күрделі міндет болып табылады. Интеллектуалды ақпараттық-коммуникациялық жүйелер кешенін дамыту жылумен жабдықтаудың жаңа технологияларын енгізуге негіз бола алады.

Қаланың жылумен жабдықтау жүйесінің цифрлық моделі оның жұмысына әсер ететін көптеген факторларды қарастыруға және ең жақсы нәтижелерге қол жеткізу үшін параметрлерді оңтайландыруға мүмкіндік береді. Мұндай модельді құру кешенді көзқарас пен әртүрлі сала мамандарының ынтымақтастығын талап етеді. Осы саладағы отандық бағдарламалық қамтамасыз етуді дамыту технологиялық егемендікті нығайтуға және жылумен жабдықтау жүйелерінің тиімділігін арттыруға ықпал етеді.

Жылумен жабдықтау жүйелерін кез келген оңтайландыру өмір сүруге қолайлы жағдайлар жасауға, сондай-ақ апаттар санын азайтуға және энергиямен жабдықтау жүйелерінің сенімділігін арттыруға ықпал етеді. Жылумен жабдықтаудың жаңа технологияларын әзірлеу мен енгізудің бұл негізі осы саладағы отандық бағдарламалық технологияларды дамытуға жағдай жасайды.

Кілтті сөздер: сандық егіз, жылумен жабдықтау, бағдарламалық қамтамасыз ету, гидравликалық есептеу, жылулық есептеу

**U. Zhalmagambetova¹, R. Tashlykova², V. Larkin³*

¹Toraighyrov University, Republic of Kazakhstan, Pavlodar;

^{2,3}NPF LLC «SevKazEnergoProm», Republic of Kazakhstan, Pavlodar.

Received 16.10.25.

Received in revised form 24.10.25.

Accepted for publication 05.12.25.

THE POSSIBILITIES OF CREATION OF SOFTWARE FOR HYDRAULIC AND THERMAL CALCULATIONS OF HEAT SUPPLY SYSTEM

The article views the feasibilities in software developing for hydraulic and thermal calculations of heat supply systems. The relevance of this topic is conditioned by necessity of heat optimization system to increase

the quality of living, reduction of accidents and enhance the reliability of energy supply system.

The creation of software, provided for these calculations is difficult objective, requiring the usage of modern methods and approaches. Development of the informational communicational intellectual system may become the fundament of new technologies in heat supply sphere.

Digital model of city's heat supply system allows taking into account the set of factors that interferes in its work and optimizing the parameters to achieve the best results. Creating this model requires the complex approaches and interaction between specialists from diverse fields of study. The development of homeland software in this field contributes in strengthening of technological sovereignty and growth of efficiency of heat supply system.

Any optimization of the heat supply system contributes to create more comfort conditions of living and to reduce the amount of accidents, and to increase of quality of system operation. The giving fundament creates the conditions to develop the improvement of the technologies of homeland software in this field.

Keywords: digital twin, heat supply, software, hydraulic calculation, thermal calculation.

Теруге 17.12.2025 ж. жіберілді. Басуға 30.12.2025 ж. қол қойылды.

Электронды баспа

29.9 Mb RAM

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

Компьютерде беттеген: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Тапсырыс № 4494

Сдано в набор 17.12.2025 г. Подписано в печать 30.12.2025 г.

Электронное издание

29.9 Mb RAM

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

Компьютерная верстка: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Заказ № 4494

«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