



# Buxoro shahar issiqlik ta'minoti tizimini raqamlashtirish xususiyatlarining tadqiqoti

Rashid B. Jalilov<sup>1</sup>, Umar U. Kamalov<sup>1, a)</sup>, Anvar T. Karaev<sup>1, b)</sup>

<sup>1</sup> DSc, prof., Buxoro muhandislik texnologiya instituti, Buxoro, 200117, O'zbekiston; [zhalilov.rashid@mail.ru](mailto:zhalilov.rashid@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0002-6112-490X>

<sup>1, a)</sup> Buxoro muhandislik texnologiya instituti, Buxoro, 200117, O'zbekiston; [umarkamalov19620716@gmail.com](mailto:umarkamalov19620716@gmail.com)

<sup>1, b)</sup> "Buxoroenergomarkaz" AJ, Buxoro, 200109, O'zbekiston; [buxoroenergomarkaz@gmail.com](mailto:buxoroenergomarkaz@gmail.com)

**Dolzarblik:** Ushbu maqola issiqlik ta'minoti tizimlarida raqamlashtirishni joriy etish zarurati bilan bog'liq. Mavjud issiqlik tarmoqlarida energiya resurslaridan samarasiz foydalanish, eskirgan issiqlik ta'minoti tizimlarida sezilarli energiya yo'qotishlari bilan bog'liq. Raqamlashtirish va alohida isitish punktlarini (rus tilida-ITP) o'rnatish bilan zamonaviy, yopiq issiqlik ta'minoti tizimlariga o'tish yo'qotishlarni sezilarli darajada kamaytirishni ta'minlashi va natijada energiya resurslaridan yanada oqilona foydalanishga olib kelishi asoslab berilgan.

**Maqsad:** issiqlik ta'minoti tizimlarida energiyadan foydalanish samaradorligini oshirish, issiqlik energiyasini sezilarli darajada tejashni ta'minlash, issiqlik energiyasini ishlab chiqarish, tashish, taqsimlash va boshqarish xarajatlarini kamaytirish, shuningdek, iste'molchilar uchun issiqlik energiyasini yanada oqilona hisobga olishni joriy etishdan iborat.

**Usullar:** raqamlashtirishni joriy etgan holda mavjud va eskirgan isitish tizimlarini zamonaviylariga almashtirish va alohida isitish punktlarini (rus tilida-ITP) iste'molchiga imkon qadar yaqinroq o'matgan holda yopiq issiqlik ta'minoti tizimlariga o'tish.

**Natijalar:** energiyadan foydalanish samaradorligini oshirish, issiqlik energiyasini sezilarli darajada tejash, issiqlik ishlab chiqarish xarajatlarini kamaytirish, issiqlik ta'minoti tizimlarida yo'qotishlarni kamaytirish, uskunalariga texnik xizmat ko'rsatish va ta'mirlash xarajatlarini kamaytirish, shuningdek, iste'molchilar uchun issiqlik energiyasi iste'molini yanada oqilona va aniq hisobga olishni ta'minlash.

**Kalit so'zlar:** energiya samaradorligi, elevator tizimlari, issiqlik tarmoqlari va tizimlari, individual isitish punktlari (rus tilida-ITP), yopiq va ochiq issiqlik ta'minoti sxemalari, issiqlik ta'minoti tizimlarini raqamlashtirish, issiqlik energiyasini monitoring qilish va hisobga olishning avtomatlashtirilgan axborot-o'lchov tizimi.

**For citation:** R.B. Jalilov, U.U. Kamalov, A.T. Karaev.

Study of the features of digitalization of the heat supply system of the city of Bukhara. Scientific and technical journal of Problems of Energy and Sources Saving, 2024, no. 4, pp. 155-163.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.14580774>

Received: 18.11.2024

Revised: 27.11.2024

Accepted: 20.12.2024

Published: 27.12.2024

**Copyright:** © Rashid B. Jalilov, Umar U. Kamalov, Anvar T. Karaev, 2024. Submitted to Problems of Energy and Sources Saving for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

## Исследование особенностей цифровизации системы теплоснабжения города Бухара

Рашид Б. Жалилов<sup>1</sup>, Умар У. Камалов<sup>1, a)</sup>, Анвар Т. Караев<sup>1, b)</sup>

<sup>1</sup> DSc, проф., Бухарский инженерно-технологический институт, Бухара, 200117, Узбекистан; [zhalilov.rashid@mail.ru](mailto:zhalilov.rashid@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0002-6112-490X>

<sup>1, a)</sup> Бухарский инженерно-технологический институт, Бухара, 200117, Узбекистан; [umarkamalov19620716@gmail.com](mailto:umarkamalov19620716@gmail.com)

<sup>1, b)</sup> АО «Бухороэнергомарказ», Бухара, 200109, Узбекистан; [buxoroenergomarkaz@gmail.com](mailto:buxoroenergomarkaz@gmail.com)

**Актуальность:** обусловлена необходимостью внедрения цифровизации в системах теплоснабжения. Неэффективное использование энергоресурсов в действующих тепловых сетях связано со значительными потерями энергии в устаревших системах теплоснабжения. Обосновано, что цифровизация и переход на современные, закрытые системы теплоснабжения с установкой индивидуальных тепловых пунктов (ИТП) обеспечат значительное сокращение потерь, и в итоге приведет к более рациональному использованию энергоресурсов.

**Цель:** повысить эффективность использования энергоресурсов в системах теплоснабжения, обеспечить значительную экономию тепловой энергии, сократить затраты на выработку, транспортировку, распределение и регулирование поставок тепла, а также внедрение более рационального учета тепловой энергии для потребителей.

**Методы:** замена действующих и устаревших тепловых систем на современные с внедрением цифровизации и переход на закрытые системы теплоснабжения с установкой индивидуальных тепловых пунктов (ИТП), максимально приближенных к потребителю.

**Результаты:** повышение эффективности использования энергоресурсов, значительная экономия тепловой энергии, снижение затрат на выработку тепла, уменьшение потерь в системах теплоснабжения, сокращение расходов на обслуживание и ремонт оборудования, а также обеспечение более рационального и точного учета расхода тепловой энергии для потребителей.

**Ключевые слова:** энергоэффективность, элеваторные системы, тепловые сети, индивидуальные тепловые пункты (ИТП), закрытая и открытая схема теплоснабжения, цифровизация систем теплоснабжения, автоматизированная информационно-измерительная система контроля и учета тепловой энергией.



# Study of the features of digitalization of the heat supply system of the city of Bukhara

Rashid B. Jalilov<sup>1</sup>, Umar U. Kamalov<sup>1, a)</sup>, Anvar T. Karaev<sup>1, b)</sup>

<sup>1</sup> DSc, prof., Bukhara Engineering and Technology Institute, Bukhara, 200117 Uzbekistan; [zhalilov.rashid@mail.ru](mailto:zhalilov.rashid@mail.ru)  
<https://orcid.org/0000-0002-6112-490X>

<sup>1, a)</sup> Bukhara Engineering and Technology Institute, Bukhara, 200117 Uzbekistan; [umarkamalov19620716@gmail.com](mailto:umarkamalov19620716@gmail.com)

<sup>1, b)</sup> JSK [Buxoroenergomarkaz](http://buxoroenergomarkaz.uz), Bukhara, 200117 Uzbekistan; [buxoroenergomarkaz@gmail.com](mailto:buxoroenergomarkaz@gmail.com)

**Relevance:** due to the need to introduce digitalization in heat supply systems. Inefficient use of energy resources in existing heating networks is associated with significant energy losses in outdated heat supply systems. It is substantiated that digitalization and the transition to modern, closed heat supply systems with the installation of individual heating points (IHP) will ensure a significant reduction in losses, and ultimately lead to a more rational use of energy resources.

**Aim:** to increase the efficiency of energy use in heat supply systems, ensure significant savings in thermal energy, reduce the costs of generation, transportation, distribution and regulation of heat supplies, as well as the introduction of more rational metering of thermal energy for consumers.

**Methods:** replacement of existing and outdated heating systems with modern ones with the introduction of digitalization and the transition to closed heat supply systems with the installation of individual heating points (IHP), as close as possible to the consumer.

**Results:** increased efficiency in the use of energy resources, significant savings in thermal energy, reduced costs for heat generation, reduced losses in heat supply systems, reduced costs for equipment maintenance and repair, and more rational and accurate accounting of thermal energy consumption for consumers.

**Key words:** energy efficiency, elevator systems, heating networks, individual heating points (IHP), closed and open heat supply system, digitalization of heat supply systems, automated information and measuring system for monitoring and accounting of thermal energy.

## 1. Введение (Introduction)

Отопление большинства существующих многоквартирных домов в больших населенных пунктах городов осуществляется за счет централизованного теплоснабжения, где источниками тепловой энергии являются котельные или теплоэлектростанции. Из магистральных сетей теплоноситель попадает в распределительные сети через центральные тепловые пункты (ЦТП), где снижаются параметры теплоносителя (температура и давление) в основном для системы горячего водоснабжения, если оно осуществляется по открытой схеме от ЦТП и обеспечивает управление распределением по потребителям. Отдельные здания получают теплоноситель от распределительных сетей. Этот способ теплоснабжения является общепринятым в настоящее время, самым распространенным и несовершенным.

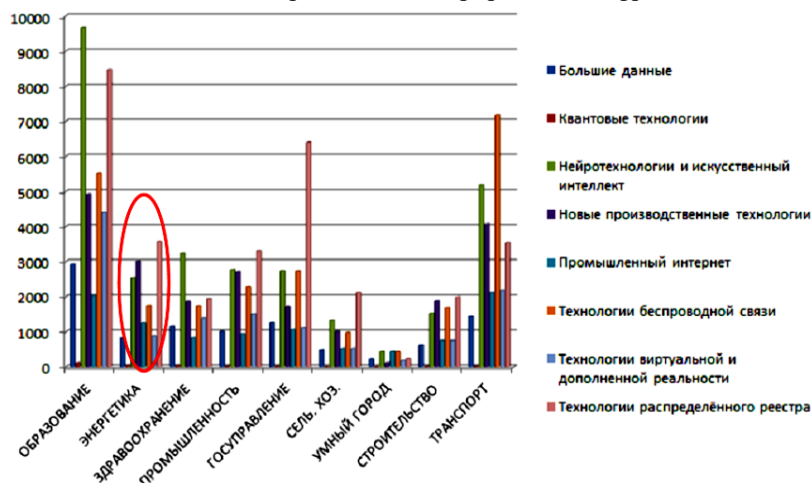
В такой системе есть значительные недостатки, т.к. не предусмотрена система автоматизированного контроля расхода, управления и регулирования процессом теплоснабжения в зависимости от погодных условий, сезонных и суточных температурных перепадов, а также учет интересов потребителей. Решение данной проблемы возможно только при переходе на автоматизированную систему теплоснабжения посредством внедрения цифровых технологий в этой отрасли.

**Актуальность проблемы.** Обзор научной литературы и исследования показывают, что проблемами развития теплоэнергетики (ТЭ) в настоящее время являются [1-3,18]:

- недостаточность национальной элементной базы для реализации современных цифровых технологий;
- необходимость обеспечения управляемости, устойчивости и живучести теплоэнергетических систем, свойства которых радикально изменяются под влиянием интеллектуализации и цифровизации энергетики;
- необходимость импортозамещения как основного энергетического оборудования, так и оборудования для информационно-коммуникационной управляющей подсистемы;
- недостаточность нормативной базы для развития цифровой энергетики;
- необходимость модернизации оборудования теплоснабжающих предприятий на базе автоматизированных цифровых систем и введения новых программ обучения для подготовки специалистов, владеющих современными ИТ, а также способностью управлять этим оборудованием.

В рамках программы технологического развития «Horizon 2020» пилотные проекты по цифровизации создаются на базе таких компаний, как Volkswagen (автомобилестроение, Германия), Siemens (электроника, Германия), Agusta Westland (вертолетостроение, Англия, Ита-

лия), Consulgal (строительство, Португалия). Цифровые фабрики (Digital Factory) с точки зрения общей архитектуры фабрик будущего (Factories of the Future) являются основой (неотъемлемой частью) развития «умных» (Smart) и виртуальных (Virtual) фабрик» [1-3,16]. Ниже на рис. 1 представлена «сквозная» и «отраслевая» интерпретации цифровизации.



**Рис. 1** «Сквозная» и «отраслевая» интерпретации цифровизации  
**Fig. 1.** “Through” and “sectoral” interpretations of digitalization

Системы централизованного теплоснабжения и ГВС являются наименее надежными и долговечными по сравнению с другими инженерными сооружениями (системами холодного водоснабжения и канализации). Для систем холодного водоснабжения и канализации период 20–25 лет, а для систем отопления и ГВС, при открытой схеме теплоснабжения от ЦТП и выполнении коммуникаций из стальных труб без защитных покрытий реальный срок службы не превышает 10 лет.

В крупных системах теплоснабжения и ГВС зарастание трубопроводов продуктами коррозии нарушает регулирование разветвленных систем и ведет к перебоям в подачах горячей воды и тепла. Из-за интенсивной коррозии внешних сетей возрастают затраты на текущий и капитальный ремонт. Связано это с частыми заменами внутренних (в домах) и внешних коммуникаций, нарушением благоустройства городских территорий внутри кварталов, длительным прекращением подачи горячей воды большому количеству потребителей при выходе из строя головных участков трубопроводов [13].

При незначительных различиях в капиталовложениях на сооружение систем горячего, холодного водоснабжения и отопления, эксплуатационные расходы, связанные с частой заменой и ремонтом коммуникаций теплоснабжения, несоизмеримо более высокие. Коррозия систем горячего водоснабжения и защита от нее приобретают особо важные значения в связи с увеличением жилищного строительства в стране.

Оценить состояния труб теплоснабжения и ГВС можно на примере теплоснабжающего предприятия «Бухороэнергомарказ» и отметить, что обслуживаемые этим предприятием тепловые сети превысили все сроки эксплуатации. В среднем износ сетей теплоснабжения и ГВС составляет порядка 90%.

## 2. Материалы и методы (Materials and Methods)

В Восточной Европе каждый генерирующий источник (ТЭЦ, котельная) поставляет тепло только в свою сеть. В Западной Европе несколько источников тепла могут обеспечивать теплом общую сеть. В различных схемах имеются определенные как недостатки, так и преимущества. Принятие той или иной схемы теплоснабжения обусловлено экономическими факторами, такими, как ущерб от недопоставки тепловой энергии, расходы на капитальные затраты, эксплуатационные расходы на ремонты и обслуживание теплотрасс.

Различия между конфигурациями систем централизованного теплоснабжения Восточной Европы и Западной Европы предоставлены ниже, в табл.1.

Тепловые сети при закрытой схеме могут подать потребителю несколько меньшее количество тепла, чем при открытой схеме. При горячем водоснабжении потребителей с применением одноступенчатых параллельно присоединяемых водоводяных подогревателей подача тепла потребителям снижается на 15—18%, по сравнению с открытой схемой.

**Таблица 1.** Сравнение конфигураций схем теплоснабжения в различных странах

**Table 1.** Comparison of heating scheme configurations in different countries

Практика в Восточной Европе/Узбекистане	Промышленная практика на Западе
Тепловые сети в развивающихся странах работают по радиальной схеме и кольцевой схеме в странах-членах ЕС. В радиальной системе только один источник тепла может подавать тепло в любой момент времени. Отпуск тепла только от источника тепла. Ответвления в сети разделены клапанами. Потребитель получает тепло от одного источника тепла.	В кольцевой схеме, типичной для стран-членов ЕС, параллельно может быть несколько разных источников тепла, работающих в единой сети, что позволяет получать свободную нагрузку для оптимизации режима. Потребитель может получать тепло из разных направлений в кольцевой схеме, что повышает надежность теплоснабжения.
Радиальная схема, типичная для стран с переходной экономикой. При повреждении сети резервная мощность не более полезна, чем оперативная мощность, если критическая магистраль передачи повреждена, резервная мощность должна располагаться на том же участке, где существует основной (единственный) источник тепла, и составляет 50-100% от реальной тепловой нагрузки. В городе обычно имеется ряд отдельных радиальных систем, каждый из которых требует своей резервной мощности. Затраты техническое обслуживание, такие как наличие большой резервной мощности, относительно высоки.	С другой стороны, в кольцевой схеме, типичной для старых стран ЕС, источники тепла могут быть расположены по всему городу и соединены в единую объединенную сеть, поддерживая друг друга. Поэтому требуется небольшая избыточная резервная мощность, около 10% реальной тепловой нагрузки, и разные местоположения теплоисточников являются достаточными для покрытия нагрузки при повреждении теплосети. Таким образом, стоимость резервной мощности остается небольшой в современных и закольцованных сетях.
Потоки воды в радиальных схемах велики, так как теплосъем низкий. Система постоянного потока, сеть радиального типа и трубчатые теплообменники с низкой эффективностью приводят к большим расходам воды, требуя больших и дорогих трубопроводов.	Потоки воды в современных системах достаточно малы, потому что теплосъем высокий, а сети закольцованы. Следовательно, трубопроводы также относительно малы по диаметру.
В зданиях стран с переходной экономикой режим теплоснабжения обычно регулируется инжекторами, смешивая воду из подающей сети с водой, возвращающейся из обратной сети в постоянном соотношении. Единственный способ настроить температуру на входе к потребителю во время работы – это изменить заданное значение температуры подачи тепла.	В зданиях стран ЕС контроллер температуры, подключенный к тепловому пункту, регулирует уровень фактической подачи тепла на уровне зданий.

**Таблица 2.** Методы определения потребления тепла и ГВС**Table 2.** Methods for determining heat and hot water consumption

Текущий метод	Потребляемое	ТЭО
Нормативная база потребления и выставления счетов: 105 л / сут на душу населения	ГВС	Основываясь на опыте аналогичных проектов: 70 л / день на человека после установки ИТП
Нормативная база потребления и выставления счетов: 0,019 Гкал / м <sup>2</sup> , месяц	ОВ	На основе потерь тепла и потребления энергии (в местных климатических условиях) расчеты: 43 кВтч в год / м <sup>3</sup> + потери автоматизации Экономический потенциал с ИТП без структурных изменений и без термостатических клапанов радиатора = потери автоматизации 30% => 15%
Нормативное значение 8%	Потери тепла в ЦТС	Исходя из абсолютных потерь тепла, которые рассчитываются по термодинамическим уравнениям, моделируются в течение года
-	Собственные нужды котельной	Критерии наилучшей практики, 2% годового собственного потребления
С режимной карты (Реальная эффективность сгорания 83%)	Потери в котле	Критерии наилучшей практики, 95% годовой эффективности
Измерено на Котельной	Первичное топливо = потребление газа	Рассчитано: снизу вверх (от потребителя до нужд)
Измеряется в котельной, для всей территории обслуживания. Нет информации, сколько утечек в сети в год	Вода на ГВС	Нормативный, 70 л / сут на душу населения
Измеряется на котельной как часть общего водоснабжения для всей территории. Нет информации, сколько утечек в сети в год	Вода для подпитки	Критерии наилучшей практики, 1-2 заполнения в год Объем сети, основанный на новых измерениях
Измеряется на котельной для всего предприятия. Нет разделения производства тепла	Потребление электроэнергии	Критерии наилучшей практики: 6 кВт.ч. ээ/МВт.ч. Тепла Критерии наилучшей практики, (современные насосы с частотными образователями): 6 кВт.ч. ээ/МВт.ч. Тепла Критерии наилучшей практики:
-	Производство тепла	ГВС: 100 Вт / 24/7/365 ОВ: 100 Вт / heating period => 1000 кВт.ч. На здание
-	Сетевая наценка	
-	Электричество в ИТП	

В табл.2 приведены расчеты расходов воды, электроэнергии, газа, тепла и ГВС различными

методами, с учетом потребления и потерь в системе теплоснабжения.

В настоящее время в городе Бухара реализуется пилотный проект программы по замене устаревших систем теплоснабжения на более современные, на базе Автоматизированной информационно-измерительной системы контроля и учета тепла (АИИСКУТ), и с установкой индивидуальных тепловых пунктов (ИТП) по опыту других стран, где они показали высокую эффективность. Кроме того, энергетический баланс пилотной зоны для будущего был рассчитан с использованием принципа «снизу - вверх». В настоящее время энергетический баланс определяется наоборот: начиная с единственных измеренных значений, которые представляют собой расходы газа, электричества и воды в котельной, до разницы между нормативными значениями потребления для ЦТ + ГВС, представляющие собой системные потери [11-14].

Автоматизированная информационно-измерительная система контроля и учета тепла (АИИСКУТ) г. Бухара разработана в виде распределенной информационной машинной системы, рассчитанной на непрерывное функционирование в реальном масштабе времени для коммерческого и технического учета тепловой энергии, а также для контроля отдельных параметров объектов автоматизации.

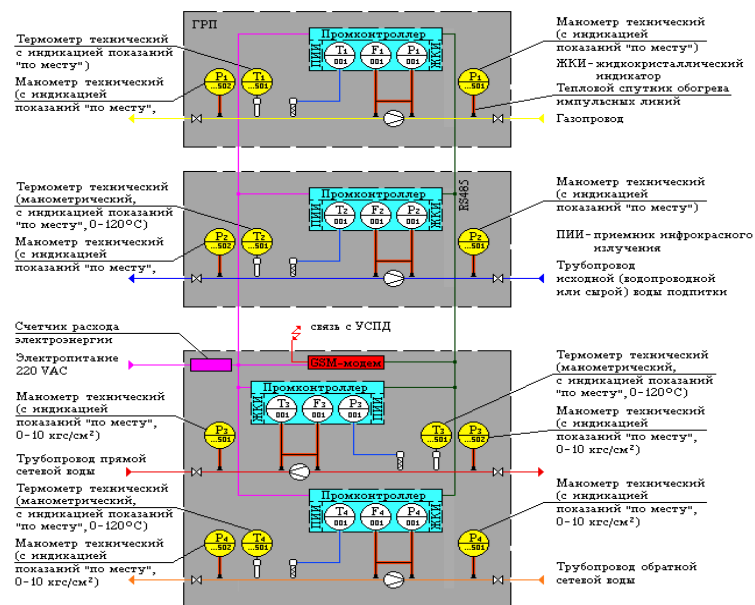
### 3. Результаты исследования (Results)

Автоматизированная информационно-измерительная система контроля и учета тепла пилотного района г. Бухара предназначена для эксплуатационного персонала систем, в обязанности которого входят поставка и потребление тепловой энергии этого населенного пункта, а также организация и эксплуатация средств учета количества и носителей данной энергии.

Основными целями создания и внедрения программно-технического комплекса (ПТК) АИИСКУТ являются:

- повышение информационной поддержки персонала, путем предоставления наиболее полной и достоверной информации о технологических процессах и состоянии оборудования;
- осуществление взаимных финансовых расчетов между поставщиком и потребителем;
- контроль за тепловыми и гидравлическими режимами работы систем теплоснабжения;
- диспетчеризация учетных данных и контролируемых параметров теплоснабжения;
- контроль над рациональным использованием тепловой энергии, теплоносителя;
- документирование параметров: тепловой энергии, массы, температуры и давления;
- формирование отчетных форм о параметрах и количестве тепловой энергии.

Ниже на рис.2 представлена принципиальная схема реализации информационно-измерительного комплекса узла учета котельной (1-й уровень).

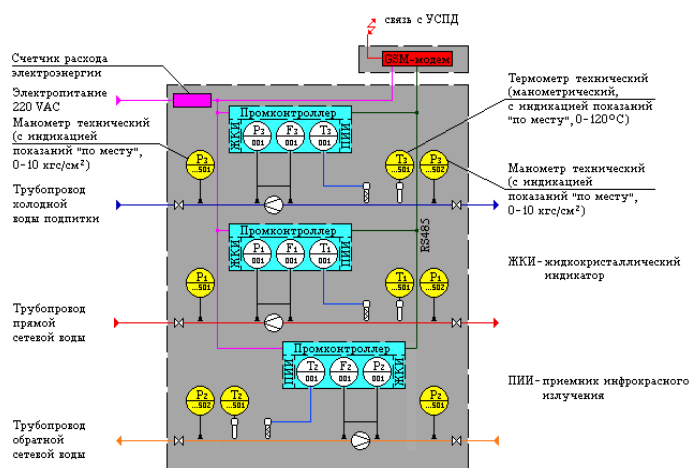


**Рис.2.** Схема информационно-измерительного комплекса узла учета котельной (1-й уровень)

**Fig.2.** Diagram of the information-measuring complex of the node Boiler room accounting (1st level)

На рис.3 приведена принципиальная схема реализации информационно-измерительного комплекса узла учета индивидуального теплового пункта (1-й уровень).





**Рис.3.** Схема реализации информационно-измерительного комплекса узла учета индивидуального теплового пункта (1-й уровень)

**Fig.3.** Diagram of the implementation of the information-measuring complex of the node accounting for individual heating points (1st level).

#### 4. Обсуждение (Discussion)

**Сравнительный анализ различных систем потребления тепла.** Ниже, в табл.3 приведены данные различных моделей теплоснабжения, где указаны параметры потребления тепловой энергии в зависимости от различных схем подключения. При сравнении двух схем видно, что поэтапный переход от открытой классической схемы на современную закрытую, обеспечит значительную экономию тепловой энергии за счет снижения потребления и уменьшения системных тепловых потерь.

**Таблица 3.** Сравнительный анализ уровней потребления тепла

**Table 3.** Comparative analysis of heat consumption levels

Пример	Годовое потребление	Комментарии	Территория (МВт.ч.)	Территория (Гкал)	
Нормативные показатели	575,0	100%	ГВС только в отопительный период нормативный ОВ	114999	98881
Классическая система в Узбекистане	769,3	134%	ГВС 24/7/365 нормативный ОВ	153866	132301
Современная система	640,6	111%	ГВС 24/7/365 ОВ фактический	128128	110171
Современная система	490,1	85%	ГВС 24/7/365 ОВ фактический	98023	84285

Анализ различных моделей систем теплоснабжения показал, что предлагаемая схема является оптимальной и наиболее приемлемой.

#### 5. Заключение (Conclusions)

Наличие в составе современного теплового пункта (ТП) средств автоматики и соответствующего программатора позволяет потребителям не только контролировать расход тепловой энергии, но и управлять им. Появляется возможность регулировать температуру теплоносителя во внутридомовых отопительных сетях, температуру горячей воды в системе горячего водоснабжения, увеличивать или уменьшать расход тепловой энергии по часам суток, задавать необходимые параметры давления для исключения аварийных ситуаций.

В работе дано подробное обоснование замены устаревших элеваторных систем на более современные тепловые пункты. Среди мероприятий по модернизации систем теплоснабжения существующего жилого фонда и других социально значимых объектов, замена ТП является наиболее эффективной. Модернизация систем теплоснабжения существующих многоквартирных жилых домов на индивидуальные тепловые пункты становится единственным разумным решением задачи экономии тепла для потребителей и теплоисточников [16,17]. Замена устаревших элеваторных пунктов теплораспределения на современные ИТП позволит экономить и



более эффективно использовать вырабатываемую тепловую энергию. Учитывая высокий экономический эффект, малые сроки окупаемости и существенную экономию энергоресурсов, такая программа должна стать существенным шагом вперед по достижению Узбекистаном энергетической независимости [18,19].

Планируется создание современной ресурсосберегающей системы качественного и бесперебойного обеспечения потребностей населения, объектов социальной сферы теплом и горячей водой путем модернизации котельных, замены существующего оборудования на современные ресурсосберегающие технологии, внедрения АСУ ТП, а также перевод существующей открытой системы теплоснабжения на закрытую, которая позволит экономить до 30% горячей воды [20,21].

В результате применения современных энергосберегающих технологий и оборудования в системах централизованного теплоснабжения уровень предоставления услуг теплоснабжения и горячего водоснабжения жилого массива г. Бухара будет конкурентоспособным по отношению к другим методам обогрева помещений и получения ГВС [22]. Ожидается, что в результате реализации проекта около 11 202 домохозяйств получат услуги централизованного теплоснабжения, что позволит примерно 36000 населения г. Бухара пользоваться надежным и качественным тепло- и горячим водоснабжением согласно установленным нормам и требованиям.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Фортов Е.Е. Энергетика будущего на базе прорывных технологий как основе новой энергетической цивилизации. //Электронный ресурс]. URL:[http://www.energy-strategy.ru/projects/energy\\_21.htm](http://www.energy-strategy.ru/projects/energy_21.htm).
2. Масленников В.М. Комбинированное производство электроэнергии, тепла и холода – актуальное направление в современной энергетике. //Электронный ресурс]. URL:[http://www.energy-strategy.ru/projects/energy\\_21.htm](http://www.energy-strategy.ru/projects/energy_21.htm).
3. Кому и зачем нужна комбинированная выработка энергии. //Электронный ресурс .URL: <https://www.eprussia.ru/teploenergetika/10/142.htm>.
4. Комбинированные микро-источники тепловой и электрической энергии. //Электронный ресурс. URL:[https://global.kawasaki.com/ru/energy/solutions/distributed\\_power/index.html](https://global.kawasaki.com/ru/energy/solutions/distributed_power/index.html).
5. Кудрин Б.И. В.С. Кожиченков. Новые тенденции в тригенерационных технологиях // Портал по теплоснабжению РосТепло.ру. //Электронный ресурс. URL:<http://www.energsovet.ru>.
6. Jalilov R., Kamalov U., Akhmedov A. Prospects for the Combined Production of Electric Power, Heat and Cold - The Current Direction in the Energy Under the Conditions of Digital Transform (2022) AIP Conference Proceedings, 2552, статья № 060012, <https://www.scopus.com/inward/record.ur>.
7. Rashid Zhalilov, Saidmurod Latipov, Aslanova Gulnoz. //Using Alternative Energy Sources-Way to Intellectualization and Greater Energy Efficiency in Modern Industrial Enterprises.// International Journal of Trend in Scientific Research and Development (IJTSRD) Volume 5 Issue 2, January-February 2021 Available Online: [www.ijtsrd.com](http://www.ijtsrd.com). ISSN: 2456 – 6470, p.908-911.
8. Жалилов Р.Б. Повышение надежности объектов электроэнергетики (монография). – Бухоро: Изд-во «Дурдона», 2020. –297 с.
9. Жалилов Р.Б. Повышение надёжности систем электроснабжения в условиях цифровой трансформации. //Энергия ва ресурс тежаш муаммолари, Тошкент, 2021.махсус сони. –84-88 б.
10. Жалилов Р.Б., Латипов С.Т. Интеллектуализация систем энергетики с использованием информационных и коммуникационных цифровых технологий //Материалы Республиканской научно-технической конференции (с участием зарубежных участников) по теме «Инновационное развитие электросетевых предприятий в условиях цифровизации отраслей экономики Узбекистана», Тошкент, ТошДТУ, 8 сентябрь 2021.
11. Жалилов Р.Б., Камалов У.У. Современные тенденции развития систем электроснабжения в условиях цифровой трансформации. // Энергия ва ресурс тежаш муаммолари. Тошкент, 2021. махсус сони. 47-50 б.
12. Вагин Г.Я. Методика технико-экономического обоснования внедрения ресурсо- и энергосберегающих технологий и оборудования в промышленности. /Г.Я.Вагин, Н.Н.Головкин, Е.Б. Солнцев, А.А. Лямин //Промышленная энергетика. 2005. - №6. - С. 8-13
13. Данилов О.Л., Гаряев А.Б., Яковлев И.В. и др. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях. / Под ред. А.В. Клименко. -М.: Издательский дом МЭИ. 2009.
14. Политова Т.О., Зиганшин Ш.Г., Салыхова Р.Р., Малахов А.О. Корреляционный анализ факторов влияющих на отказы трубопроводов тепловых сетей //Инженерный вестник Дона. 2015. Т. 37. № 3. -С. 115.



15. Ваньков Ю.В., Зиганшин Ш.Г., Горбунова Т.Г., Политова Т.О., Хабибуллин Р.М. Анализ повреждаемости тепловых сетей г. Казани и разработка рекомендаций для повышения их надежности. Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2012. № 7-8. С. 918.

16. Ваньков Ю.В., Зиганшин Ш.Г., Горбунова Т.Г. Влияние надежности тепловых сетей на функционирование инженерных систем // Новости теплоснабжения. 2012. № 10.

17. Жалилов Р.Б. Цифровизация экономики - современное состояние и перспективы развития. /Материалы Международной научно-практической конференции по теме: «Актуальные проблемы и пути их решения для устойчивого развития регионов в условиях цифровой экономики» Бухара, Бух ИТИ, 22-23 апреля 2024. -С.513-518.

18. Numon Niyozov, Khurshid Sattorov, Aqsungul Bazarbayeva, Umar Kamalov. Energi efficiency of automated control of artificial lighting. June 17.2024 AIP Conf. Proc. 3152, 050026 (2024) <https://doi.org/10.1063/5.0218843>.

19. Rashid Jalilov, Saidmurod Latipov, Alisher Choriyev. On the issue of drawing up the energy balance of a fat-and-oil enterprise. // RSES 2020. E3S Web of Conferences 216, 01140 (2020). <https://doi.org/10.1051/-e3sconf/202021601140>.

20. S.T. Latipov, G.N. Aslanova. Calculation of reliability indicators of power supply systems of consumers. Scopus, Conference Paper. (2019) E3S Web of Conferences, 139, article № 01037.

21. Jalilov R., Latipov S., Choriyev A. Development of energy characteristics of electric drives of technological equipment and normalization of electric consumption of fat-and-oil enterprise. Scopus, Conference Paper. (RSES 2020) E3S Web of Conferences, 216, article № 01141.

22. Rashid Jalilov, Saidmurod Latipov, Qodir Aslonov, Alisher Choriyev and Charieva Maxbuba. To the question of the development of servers of real-time management systems of electrical engineering complexes on the basis of modern automation systems. // Scopus, Conference Paper. (2021) CEUR Workshop Proceedings 2843, "ITIDMS" 2021.

## REFERENCES

1. Fortov E.E. *Future Energy Based on Breakthrough Technologies as the Basis of a New Energy Civilization*. [Electronic Resource]. URL: [http://www.energy-strategy.ru/projects/energy\\_21.htm](http://www.energy-strategy.ru/projects/energy_21.htm). (In Russ)

2. Maslennikov V.M. *Combined Production of Electricity, Heat, and Cooling – A Current Trend in Modern Energy*. [Electronic Resource]. URL: [http://www.energy-strategy.ru/projects/energy\\_21.htm](http://www.energy-strategy.ru/projects/energy_21.htm). (In Russ)

3. *Who Needs Combined Energy Production and Why?* [Electronic Resource]. URL: <https://www.eprussia.ru/teploenergetika/10/142.htm>. (In Russ)

4. *Combined Micro-Sources of Thermal and Electrical Energy*. [Electronic Resource]. URL: [https://global.kawasaki.com/ru/energy/solutions/distributed\\_power/index.html](https://global.kawasaki.com/ru/energy/solutions/distributed_power/index.html). (In Russ)

5. Kudrin B.I., Kozhichenkov V.S. *New Trends in Trigeneration Technologies*. Portal on Heat Supply RosTeplo.ru. [Electronic Resource]. URL: <http://www.energsovet.ru>. (In Russ)

6. Jalilov R., Kamalov U., Akhmedov A. *Prospects for the Combined Production of Electric Power, Heat, and Cold - The Current Direction in the Energy Under the Conditions of Digital Transform*. (2022) AIP Conference Proceedings, 2552, article № 060012, <https://www.scopus.com/inward/record.ur>.

7. Rashid Zhalilov, Saidmurod Latipov, Gulnoz Aslanova. *Using Alternative Energy Sources - A Way to Intellectualization and Greater Energy Efficiency in Modern Industrial Enterprises*. International Journal of Trend in Scientific Research and Development (IJTSRD), Volume 5, Issue 2, January-February 2021, Available Online: [www.ijtsrd.com](http://www.ijtsrd.com). ISSN: 2456-6470, pp. 908-911.

8. Jalilov R.B. *Improving the Reliability of Power Engineering Facilities (Monograph)*. Bukhara: Durdona Publishing, 2020, 297 p.

9. Jalilov R.B. *Improving the Reliability of Power Supply Systems Under Conditions of Digital Transformation*. Energy and Resource Saving Problems, Tashkent, 2021, Special Edition, pp. 84-88. (In Russ).

10. Jalilov R.B., Latipov S.T. *Intellectualization of Energy Systems Using Information and Communication Digital Technologies*. Proceedings of the Republican Scientific and Technical Conference (with international participants) on the topic "Innovative Development of Power Grid Enterprises Under Digitalization of the Economy of Uzbekistan," Tashkent, TashSTU, September 8, 2021. (In Russ).

11. Jalilov R.B., Kamalov U.U. *Modern Trends in the Development of Power Supply Systems in the Context of Digital Transformation*. Energy and Resource Saving Problems, Tashkent, 2021, Special Edition, pp. 47-50. (In Russ).





12. Vagin G.Ya., Golovkin N.N., Solntsev E.B., Lyamin A.A. *Methodology for Technical and Economic Justification of Resource- and Energy-Saving Technologies and Equipment in Industry*. Industrial Energy, 2005, No. 6, pp. 8-13. (In Russ).
13. Danilov O.L., Goryaev A.B., Yakovlev I.V., et al. *Energy Saving in Heat Energy and Heat Technology*. Edited by A.V. Klimenko. Moscow: Publishing House MEI, 2009. (In Russ).
14. Politova T.O., Ziganshin Sh.G., Salyakhova R.R., Malakhov A.O. *Correlation Analysis of Factors Influencing Pipeline Failures in Heat Networks*. Engineering Bulletin of the Don, 2015, Vol. 37, No. 3, pp. 115. (In Russ).
15. Vankov Yu.V., Ziganshin Sh.G., Gorbunova T.G., Politova T.O., Khabibullin R.M. *Analysis of Heat Network Failures in Kazan and Recommendations for Improving Their Reliability*. Proceedings of Higher Education Institutions. Energy Problems, 2012, No. 7-8, pp. 9-18. (In Russ).
16. Vankov Yu.V., Ziganshin Sh.G., Gorbunova T.G. *The Impact of Heat Network Reliability on the Operation of Engineering Systems*. Heating Supply News, 2012, No. 10. (In Russ).
17. Jalilov R.B. *Digitalization of the Economy - Current Status and Development Prospects*. Materials of the International Scientific-Practical Conference on the topic: "Current Problems and Ways to Solve Them for Sustainable Regional Development in the Context of the Digital Economy," Bukhara, Bukhara Institute of Technology, April 22-23, 2024, pp. 513-518. (In Russ).
18. Numon Niyozov, Khurshid Sattorov, Aqsungul Bazarbayeva, Umar Kamalov. *Energy Efficiency of Automated Control of Artificial Lighting*. AIP Conference Proceedings, June 17, 2024, Vol. 3152, article № 050026. <https://doi.org/10.1063/5.0218843>.
19. Rashid Jalilov, Saidmurod Latipov, Alisher Choriyev. *On the Issue of Drawing Up the Energy Balance of a Fat-and-Oil Enterprise*. RSES 2020. E3S Web of Conferences, Vol. 216, article № 01140, 2020. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202021601140>.
20. S.T. Latipov, G.N. Aslanova. *Calculation of Reliability Indicators of Power Supply Systems of Consumers*. Scopus, Conference Paper, E3S Web of Conferences, 2019, Vol. 139, article № 01037.
21. Jalilov R., Latipov S., Choriyev A. *Development of Energy Characteristics of Electric Drives of Technological Equipment and Normalization of Electric Consumption of a Fat-and-Oil Enterprise*. Scopus, Conference Paper, RSES 2020, E3S Web of Conferences, Vol. 216, article № 01141.
22. Rashid Jalilov, Saidmurod Latipov, Qodir Aslonov, Alisher Choriyev, Charieva Maxbuba. *On the Development of Real-Time Management Systems for Electrical Engineering Complexes Based on Modern Automation Systems*. Scopus, Conference Paper, CEUR Workshop Proceedings, Vol. 2843, "ITIDMS" 2021.