

## **Effective Implementation of Digital Technologies in the Field of Gas Supply**

**Beloglazova T. N., Romanova T. N.**

Perm National Research Polytechnic University  
Perm, Russian Federation

**Abstract.** The work is devoted to improving the processes of digital technologies introduction in the field of the gas supply system on a methodological basis to enhance efficiency and reliability. The goal set in the study is to increase the reliability of the gas supply system of facilities based on the practical effectiveness of the digital technologies. This aim is achieved by solving the following tasks. Improving the methodology for assessing digital transformation in the field of gas supply. Application of the method of system analysis for the research, generalization of existing mathematical models and digital technologies. Identification of the modules of the main tasks for the implementation of an integrated method for improving the reliability of the gas supply system. The question of the criterion evaluation of the achievement of digitalization indicators is considered. So at the present stage, the digital technologies have already been introduced into the field of the gas supply, but the concepts of the basic level are not methodically defined. The most significant result is the improvement of the practical methodology for assessing digital transformation for the gas supply. A study of the current level of activity of gas distribution organizations shows a nonuniform level of the digital indicators for consumers and industrial facilities. The effectiveness of digital technologies is assessed taking into account the volume of gas consumption. The effect on economy, manufacturability and safety performance was made according to expert estimates and on the statistical data basis. The results of a multi-level modular-functional approach in estimation the digitalization of the effect were presented for the basic economically justified and promising level of the gas-supply digital transformation.

**Keywords:** gas supply system, digital transformation, efficiency, digital model, management, safety, functional and technological criteria.

**DOI:** <https://doi.org/10.52254/1857-0070.2022.1-53.11>

**UDC:** 004.9:622.691.4

### **Implementarea eficientă a tehnologiilor digitale în sectorul aprovizionării cu gaze naturale**

**Beloglazova T.N., Romanova T.N.**

Universitatea Națională Politehnică de Cercetare din Perm  
Perm, Federația Rusă

**Rezumat.** Lucrarea este dedicată perfecționării proceselor de implementare a tehnologiilor digitale în sistemul de aprovizionare cu gaze naturale pentru sporirea eficienței și fiabilității proprii. Scopul lucrării este de a spori fiabilitatea sistemului de aprovizionare cu gaze naturale prin utilizarea eficientă a tehnologiilor digitale. Scopul este atins prin rezolvarea următoarelor sarcini: îmbunătățirea metodicii de evaluare a transformării digitale în sfera aprovizionării cu gaze, aplicarea metodei de analiză sistemică pentru cercetare, generalizarea modelelor matematice și a tehnologiilor digitale existente, identificarea grupurilor de sarcini principale pentru realizarea unei abordări complexe pentru creșterea fiabilității funcționării sistemului de aprovizionare cu gaze. Deoarece alimentarea cu gaze naturale este inclusă în sectoare precum construcțiile, complexul de combustibili și energie, industria, dezvoltarea urbană, indicatorii de maturitate digitală sunt luați în considerare în legătură cu punerea în aplicare a sarcinilor funcționale. Este luată în considerare problema evaluării criteriale a realizării indicatorilor de digitalizare. Astfel, în stadiul actual, tehnologiile digitale au fost deja introduse în sfera furnizării de gaze, dar conceptele nivelului de bază al digitalizării nu sunt definite metodologic. Cel mai important rezultat este o metodică îmbunătățită pentru evaluarea transformării digitale pentru aprovizionarea cu gaze. Evaluarea influenței indicatorilor de transformare digitală asupra eficienței economice în producere, securitatea tehnologică a aprovizionării cu gaze naturale este abordată prin utilizarea metodei evoluțiilor experților și în baza datelor statistice. Rezultatele abordării pe multiple niveluri la evaluarea efectului funcțional al digitalizării sunt prezentate pentru nivelurile de referință, argumentat economic și de perspectivă a transformării digitale a sectorului de aprovizionare cu gaze. Semnificația rezultatelor obținute constă în activitatea orientată spre studierea și evaluarea creșterii eficienței investițiilor în creșterea fiabilității aprovizionării cu gaze naturale prin intermediul tehnologiilor digitale.

**Cuvinte-cheie:** sistem de aprovizionare cu gaze, transformare digitală, eficiență, model digital, management, siguranță, criterii funcțional-tehnologice.

**Эффективное внедрение цифровых технологий в сфере газоснабжения  
Белоглазова Т.Н., Романова Т.Н.**

Пермский национальный исследовательский политехнический университет  
Пермь, Российская Федерация

**Аннотация.** Работа посвящена совершенствованию процессов внедрения цифровых технологий в систему газоснабжения для повышения ее эффективности и надежности. Цель работы – повышение надежности системы газоснабжения на основе эффективного использования цифровых технологий. Поставленная цель достигается за счет решения следующих задач: усовершенствование методики оценки цифровой трансформации в сфере газоснабжения, применение метода системного анализа для исследований, обобщения существующих математических моделей и цифровых технологий, выявление групп основных задач для реализации комплексного подхода к повышению надежности функционирования системы газоснабжения. Поскольку газоснабжение входит в такие отрасли как строительство, топливно-энергетический комплекс, промышленность, развитие городского хозяйства показатели цифровой зрелости рассматриваются во взаимосвязи с выполнением функциональных задач. Рассмотрен вопрос критериальной оценки достижения показателей цифровизации. Так на современном этапе цифровые технологии уже внедрены в сферу газоснабжения, но понятия базового уровня цифровизации не определены методически. Наиболее существенным результатом является усовершенствованная методика оценки цифровой трансформации для газоснабжения. Современный уровень внедрения цифровых технологий в газоснабжении различается по типам потребителей. Оценка результативности использования цифровых технологий производится по отношению к объемам потребления газа. Оценка влияния показателей цифровой трансформации на экономическую эффективность производства, технологическую безопасность газоснабжения рассматривается с использованием метода экспертных оценок и на основе статистических данных. Результаты многоуровневого подхода при оценке функционального эффекта цифровизации представлены для базового, экономически обоснованного и перспективного уровня цифровой трансформации газоснабжения. Значимость полученных результатов заключается в целенаправленной деятельности по изучению и оценке роста эффективности инвестиционных вложений в повышение надежности газоснабжения за счет цифровых технологий. Для объективной оценки достигнутых результатов цифровизации в сфере газоснабжения рекомендовано использовать не относительный рост инвестиций в цифровые технологии, а показатели технологии или процесса, привязанные к виду деятельности.

**Ключевые слова:** система газоснабжения, цифровая трансформация, эффективность, цифровая модель, управление, безопасность, функционально-технологические критерии.

## ВВЕДЕНИЕ

Газораспределительные системы (ГС) составляют важнейший элемент энергетической инфраструктуры как крупных городов и агломераций, так и небольших городов и поселков. Важность качественного распределения газа с учетом требований безопасности и надежности, экономической эффективности невозможна без комплексного внедрения современных цифровых технологий. Интенсивное внедрение цифровых технологий во все сферы экономики для России является стратегическим направлением развития [1, 2].

Вопросы автоматизации процесса управления ГС и цифровой трансформации реализуются непрерывно по мере совершенствования программного обеспечения и технических устройств. В предлагаемом в исследовании модульно-функциональном подходе реализуется принцип достаточности для экономической эффективности и нормируемой технологической безопасности отрасли

газоснабжения. Также реализация модульно-функционального подхода предусматривает конкретные этапы, их анализ и корректировку направления для дальнейшего развития конкретного модуля структуры.

Оптимальное управление многоуровневой системой газораспределения крупных городов охватывает структурные решения на основе анализа характера газопотребления. Техническое оснащение компьютерной техникой, программными комплексами и средствами телекоммуникации ГС актуальны, но не являются единственным аспектом цифровой трансформации. Развитие цифровой модели ГС затрагивает интересы хозяйствующих субъектов; их взаимодействие в цифровом формате должно опираться на нормативную и правовую базу не нарушая прав и законных интересов последних [3-5]. Поскольку данный процесс внедряется поэтапно в данном исследовании предложено рассматривать уровни цифровизации в связи с обеспечением нормативных требований.

Для систем инфраструктуры, к которым относится ГС, обеспечение информационного взаимодействия в цифровом формате регламентировано из условия экономической эффективности и безопасности. Системы диспетчеризации газоснабжения реализованы в формате Единого информационно-технологического пространства (ЕИТП). ЕИТП обеспечивает сбор и анализ данных, которые охватывают следующие уровни функционирования: газораспределительные организации, региональные компании, газотранспортные компании. Структура диспетчеризации ЕИТП обеспечивает информационный мониторинг и управление газораспределительными системами и газораспределительными станциями. Данные включают в себя технологические схемы подключения, фактическое состояние технологических объектов, режимы их функционирования. Объединение на единой платформе ЕИТП данных газодобывающих и перерабатывающих компаний, и объектов газотранспортной инфраструктуры обеспечит точность учета, оперативность и эффективность управления системами газоснабжения [6, 7].

ЕИТП в целом может обеспечить возможность исследования перспективных направлений структурного и функционально-технологического развития территории, на базе актуальной и качественно обоснованной информации.

Исследования инженерных систем территорий имеют общие подходы. При этом есть объективные особенности, которые для различных систем формируют определенные информационные и логические связи. Адекватность моделей и точность корректирующих алгоритмов невозможна без исследований реальных объектов [8-10]. Отличительной представленных материалов является рассмотрение процесса цифровой трансформации газоснабжения исходя из функциональной структуры и этапов формирования условий реализации.

Газоснабжение территорий формируется на основе потребления и планируемых объемов поставок газа. Изменения потребления газа зависят от балансовой структуры в регионе и оцениваются в период долгосрочного исследования. Надежность функционирования газоснабжения основана на максимальных расчетных значениях параметров с учетом закономерности

суточного и часового расхода [11, 12, 13]. Исследование закономерности потребления газа способствует планированию режимов эксплуатации объектов энергообеспечения, что в данной работе принято учитывать, в том числе, и для оценки результативности цифровых технологий.

При решении задач оптимизации качество математической модели и выбор численного метода влияет на точность результата. Для решения задач численной оптимизации в системах газораспределения на сегодняшний день исследуется возможность применения различных методов [14-17]. Для большинства численных методов нет достаточно четких рекомендаций для реализации в рамках практических задач. Апробация методик носит ограниченный характер. Сравнительный анализ перспективных разработок проектирования для ГС, реализованные в рамках компьютерных программ, достаточны для отдельного модуля проектирования тупиковых и кольцевых сетей, смешанных сетей. Для увязки с взаимозависимыми системами, требуются алгоритмы взаимодействия, на основе конкретных региональных условий [18, 19].

Системы цифрового моделирования [11-19], которые рассматриваются авторами, посвящены углубленному анализу математических моделей. Данные исследования имеют перспективное значение. В настоящем материале задачи цифровых технологий отнесены к конкретному этапу с учетом экономической и технологической эффективности оценки результатов.

Важной особенностью ГС является то, что она является источником для промышленных объектов, объектов теплоснабжения (централизованных и децентрализованных), должна обеспечивать нормируемые параметры для разных потребителей во всех расчетных режимах работы, в том числе, для ряда потребителей и в аварийных ситуациях. Этапом развития цифровой модели ГС является анализ энергетического баланса территории, как основы формирования структуры энергосистемы в целом и ее отдельных элементов: электроснабжения, теплоснабжения, газоснабжения [2, 20-23].

Развитие модульного принципа геоинформационной системы, как для данных различного типа в системах теплоснабжения, может являться основой для систем газоснабжения. Оптимизация систем на

единой программной платформе посредством геоинформационных моделей (например, системы QGIS) обеспечивает возможность управления и проектирования в системе теплоснабжения. Таким образом, возникает необходимость систематизации информации [24].

Структурные и информационные модели определяют эффективность и надежность, как теплоснабжения, так и ГС. Современные технологии существенно расширили возможности оперативного реагирования, при этом аварийность в коммунальном секторе существенно не снижается [25].

Цифровая трансформация газоснабжения основана на структурно технологических, нормативных, и социально-правовых аспектах. Качественная оценка эффектов цифровизации газоснабжения должна быть технологически и экономически обоснованной.

Практическое внедрение цифровых технологий и значительное количество публикаций показывает актуальность данного направления. Отличительной особенностью данного исследования является усовершенствование методики практической оценки цифровых показателей трансформации и целевых показателей системы газоснабжения территорий на технологической, экономической и организационной основе.

## МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА И ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ

Газоснабжение с учетом цифровых направлений развития отраслей отвечает содержательной деятельности в таких сферах как городская среда, промышленность и торговля, строительство, топливно-энергетический комплекс (ТЭК). Показатели цифровой трансформации по отраслям для деятельности в сфере газоснабжения также распределены в соответствии с видами деятельности. На основе системного анализа определены группы критериев цифровой трансформации, оказывающие влияние на безопасность технологических процессов, технологическую и экономическую эффективность, повышение эффективности управления. Для топливно-энергетической отрасли и сферы развития городской среды, где одним из структурных компонентов является газоснабжение, критерии цифровой трансформации представлены в таблице 1.

Метод, который определяет взаимосвязь цифровых критериев с функциональными задачами деятельности, является основой в вопросе оценки результативности процесса цифровой трансформации газоснабжения. Исследование цифровых критериев осуществляется на основе функционально-технологических направлений деятельности газораспределительных организаций. Обоснованием направлений внедрения цифровых технологий является оценка результатов влияния в перспективном развитии отрасли. При расчете показателя следует учитывать объемы потребляемого газа:

$$K_p = \sum_{i=1}^{i=m} Q_i K_i / Q_g \quad (1)$$

где  $K_p$  — расчетное значение показателя цифровой трансформации для технологических процессов и других потребителей, д.ед.,  $K_i$  — статистическое значение показателя цифровой трансформации для отдельного потребителя газа, д.ед.,  $Q_i$  — расход газа отдельным потребителем, м<sup>3</sup>/год,  $Q_g$  — общий расход газа потребителями, м<sup>3</sup>/год.

При оценке показателей цифровой трансформации линейных объектов газоснабжения в сфере безопасности и диспетчеризации рекомендуется использовать не величину объемов поставляемого газа, но материальную характеристику системы газораспределения:

$$K_l = \sum_{i=1}^{i=m} M_i K_{il} / M_g \quad (2)$$

где  $K_l$  — расчетное значение показателя цифровой трансформации для линейных объектов территории, доли ед.,  $K_{il}$  — статистическое значение показателя цифровой трансформации для отдельной части линейной системы, доли ед.,  $M_i$  — материальная характеристика газораспределительных сетей, обслуживаемых отдельным подразделением, единицы материальной характеристики,  $M_g$  — общая материальная характеристика газораспределительных сетей территориального образования, единицы материальной характеристики.

Методические особенности расчета показателей цифровой трансформации [25]

могут привести к недостаточно корректной оценке результативности инвестиций.

Цифровые показатели рассматриваются для следующих видов деятельности: безопасность технологических процессов, эффективность технологических процессов, экономическая деятельность и управление.

Анализ взаимного влияния показателей цифровизации на показатели надежности, экономичности и технологичности осуществляется на основе экспертных оценок и статистических данных.

Качественным критерием цифровизации в экономической сфере деятельности

организаций газоснабжения при оценке такого показателя, как «Доля услуг оплаченных онлайн через цифровые каналы от общей оплаты», является факт снижения задолженностей за энергоресурсы крупными коммунальными потребителями и физическими лицами. Практический эффект с точки зрения экономической сферы не следует ограничивать только повышающим коэффициентом за энергетический ресурс.

Одним из вопросов цифровизации является хранение информации.

Table 1<sup>1</sup>.

Пример показателей цифровой трансформации для газоснабжения в структуре топливно-энергетической отрасли и сферы развития городской среды<sup>2</sup>.

Example of transformation indices for gas supply in fuel and energy sector and urban environment sphere of development

Функциональные задачи Functional tasks	Критерий цифровой трансформации Digital transformation criterion
Безопасность технологических процессов Process safety	Доля ЕДДС муниципальных районов и городских округов, подключенных к единой системе мониторинга инцидентов и аварий на объектах ЖКХ The share of EDDS of municipal districts and urban districts connected to the unified system for monitoring incidents and accidents at housing and communal services facilities
	Доля предприятий и объектов ЖКХ, использующих технологии промышленного интернета для сбора данных и диспетчерского контроля для управления производственными процессами в реальном времени The share of enterprises and housing and communal services facilities using industrial Internet technologies for data collection and dispatching control to manage production processes in real time
	Доля работников, оснащенных цифровыми носимыми устройствами для обеспечения безопасности/эффективности производственного процесса, по отношению к общему количеству работников на опасном производстве The proportion of workers equipped with digital wearable devices to ensure the safety/efficiency of the production process, in relation to the total number of workers in hazardous production
Эффективность технологических процессов Process Efficiency	Снижение энергоемкости предприятий ТЭК за счет внедрения «сквозных технологий» Reducing the energy intensity of fuel and energy complex enterprises through the introduction of "end-to-end technologies"
	Снижение потерь газа в системах газораспределения за счет применения цифровых технологий Reduction of gas losses in gas distribution systems through the use of digital technologies
Экономическая деятельность и управление Economic activity and management	Доля ресурсоснабжающих организаций, раскрывающих информацию в полном объеме в ГИС ЖКХ For resource-supplying organizations that disclose information in full in GIS housing and communal services
	Доля компаний ТЭК, имеющих цифровой профиль The share of fuel and energy companies with a digital profile

	Доля предприятий, использующих технологию API для обмена данными, предоставления цифровых услуг и информационного взаимодействия с государственными информационными системами The share of enterprises using API technology for data exchange, ensurance of digital services and information interaction with government information systems
	Доля абонентов, оснащенных интеллектуальными приборами учета газа The share of subscribers equipped with intelligent gas metering devices
	Доля услуг, оплаченных онлайн через цифровые каналы от общей оплаты The share of services paid online through digital channels from the total payment

Современные технологии не исключают в полной мере возможности несанкционированного доступа к информации. С точки зрения безопасности сферы газоснабжения данный вопрос требует ответственного и взвешенного подхода. Хранение на электронных носителях требует проверки на наличие устройств и драйверов для считывания данных в течении всего срока службы систем газоснабжения, иногда более 50 лет.

Один из способов обеспечения хранения — дублирование на бумажных носителях обеспечивает возможность доступа в течении всего срока службы систем. Особенностью ГС является необходимость сбора и хранения практически 100% объема информации по изысканию, проектированию, строительству и эксплуатации. Дублирование бумажных и цифровых носителей информации следует регламентировать определенными правилами хранения и доступа. Вид хранения информации для большинства технологических объектов газоснабжения должен обеспечивать распознавание и считывание в течении всего срока эксплуатации. Определяющим фактором является принятие грамотных технических решений на основе достоверных источников, использование апробированных технологий, своевременное обслуживание в рамках существующих нормативных и правовых актов. Таким образом, при реализации стратегии цифровой трансформации объектов газоснабжения необходима функционально-целевая ориентация критериев, которые действительно оказывают влияние на безопасность, надежность и экономичность.

Согласно рациональному распределению ресурсов существует некоторый дисбаланс доли затрат и результатов при реализации проектов. Цифровизация, как процесс поэтапный, объективно основан на

современном уровне развития технологий, готовности сферы деятельности и потребителей применять новые технологии. Рекомендуется предусмотреть следующие уровни для поэтапного внедрения цифровых технологий для возможности анализа результативности и необходимой коррекции: базовый (достаточный), обоснованно эффективный, перспективный.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Этапы реализации цифровой трансформации рассмотрены на основе аналитического исследования сфер деятельности.

Базовый уровень предусматривает состояние объектов с учетом фактического уровня цифровых технологий на современном этапе по данным статистики с учетом нормативных требований безопасности.

Обоснованно эффективный уровень обеспечивает технологический процесс распределения и использования газа при наилучших доступных технологиях. Предусматривает повышение эффективности и надежности за счет технологических и организационных мероприятий на объектах газификации.

Перспективный уровень обеспечивает технологическую безопасность и экономическую эффективность при комплексной оценке развития территорий в рамках межотраслевых взаимодействий. Перспективный уровень включает комплексную возможность по моделированию и управлению за счет цифровых технологий, при совершенствовании нормативной и правовой базы.

Критерии предусматривают применение цифровых технологий для объектов в соответствии с объемами потребления (1), либо единицами материальной характеристики (2). Рекомендуемый уровень

показателя цифровой трансформации: базовый — не менее 40%, экономически обоснованный — не менее 80%, перспективный — не менее 98%. Пример оценки результативности показателей цифровой трансформации представлен в табл.2.

Автоматический контроль и управление параметрами в большинстве процессов является неотъемлемой частью технологии для системы газораспределения и использования газа. На газорегуляторных станциях, головных газорегуляторных пунктах (ПРГ), крупных объектах ПРГ высокий уровень безопасности процессов регулирования при распределении газа подтверждается статистическими данными и относительно низким уровнем аварийности в

газораспределительных системах.

Для ГС, большая часть которых выполнена из стальных газопроводов, обеспечение безопасной работы связано с защитой газопроводов от коррозии. Подразделения газораспределительных компаний используют программы, такие как «Тверца-Монитор», для контроля и управления станциями катодной защиты с телеметрией. Программный продукт «Газ-ГИС» предоставляет цифровую информацию для сети газораспределения с ПРГ, устройствами электрохимической защиты (ЭХЗ), что обеспечивает обоснованно эффективный уровень этапа цифрового развития. На данном уровне цифровые технологии обеспечивают оперативное управление параметрами установок ЭХЗ, своевременное

Table 2<sup>3</sup>.

Пример оценки результативности показателей цифровой трансформации<sup>4</sup>.

Example of efficiency of digital transformation indices

Этап цифрового развития ГС Stage of digital development of gas supply system	Функционально-технологический процесс Functional-technological process	Эффект реализации Implementation effect
Доля предприятий и объектов ЖКХ, использующих технологии промышленного интернета для сбора данных и диспетчерского контроля для управления производственными процессами в реальном времени The share of enterprises and housing and communal services using industrial Internet technologies for data collection and supervisory control to manage production processes in real time		
Базовый (до 40%) Base (up to 40%)	Контроль и автоматическое поддержание основных параметров технологического процесса регулирования, контрольно-измерительных комплексов, предохранительных устройств; хранение информации и подготовка для оперативного управления Control and automatic maintenance of the main parameters of the technological process of regulation, control and measuring complexes, safety devices; storage of information and preparation for operational management	Обеспечение безопасной эксплуатации ГС в соответствии с нормативными требованиями, контроль использования ресурсов Ensuring the safe operation of the HW in accordance with regulatory requirements, resource usage control
Обоснованно эффективный (до 80%) Reasonably effective (up to 80%)	Дополнительно к базовому уровню: оперативное управление на основе результатов мониторинга с выбором оптимальных режимов функционирования In addition to the basic level: operational management based on monitoring results with the choice of optimal operating modes	Повышение эффективности технологических процессов подтверждается результатами ТЭО Increasing the efficiency of technological processes is confirmed by the results of the feasibility study
Перспективный (до 98%) Perspective (up to 98%)	Дополнительно к базовому и обоснованно эффективному уровню: внедрение единой системы управления при комплексном взаимодействии объектов газоснабжения In addition to the basic and reasonably effective level: introduction of a unified management system for the complex interaction of gas supply facilities	Повышение безопасности и экономической эффективности в комплексной системе энергетической инфраструктуры территорий с учетом смежных отраслей Improving safety and economic efficiency in the integrated system of energy infrastructure of the territories, taking into account related industries

реагирование на возникновение нештатных ситуаций, оптимизацию режимов эксплуатации установок в реальном времени, контроль несанкционированного вскрытия станций

<sup>3,4</sup> Appendix 1

катодной защиты. Условием применения цифровых технологий для удаленных объектов с целью защиты подземных газопроводов от коррозии является наличие GSM сигнала для передачи данных. Общие



затраты включают оборудование, а связь с одним объектом составляет примерно 10 рублей в месяц.

На примере сферы услуг и расчетов физических потребителей в сфере ЖКХ в цифровом формате можно отметить ряд особенностей, которые не в полной мере отвечают требованиям потребителей. Частая смена интерфейса приложений, оплата через разные сервисные программы не всегда обобщается. Потребитель оказывается в условиях длительной переписки, когда ему отвечают общими фразами и предлагают пройти передачу информации по определенному сервисной программой процедуре обращению. Голосовые помощники в таких случаях не эффективны. Целесообразность 100 % оплаты онлайн через цифровые каналы от общей оплаты не является показателем качества эффективности платежной системы. Важно оценивать доступность к цифровым сервисам оплаты, что относится уже к сфере доступа услуг GSM связи, определенным владением компьютерными технологиями. Все большая часть населения вовлекается в платежные цифровые системы, но при этом цифры неоплаченных поставок газа в 2020 году выросли на 2,4% и достигли 180 млрд. рублей. Кроме того, структура задолженности за газ имеет неравномерный региональный характер.

Аварийность при бытовом использовании газа в сфере ЖКХ также в ряде случаев связана с несанкционированным подключением абонентов, которые были отключены за неуплату услуг. То, что газопровод с заглушкой расположен в зоне возможного воздействия абонента, связано с технологической особенностью существующей системы внутридомового и внутриквартирного газоснабжения (ВДГО и ВКГО).

Цифровые показатели, заявленные как критерии достижения цифровой трансформации ЖКХ, при сложившейся практикой во взаиморасчетах за газ в ЖКХ не отражают технологическую и экономическую эффективность. При оценке показателя «Доля услуг, оплаченных онлайн через цифровые каналы от общей оплаты» целесообразно, как эффект, учитывать снижение уровня задолженности потребителей и доступность услуг, обусловленный не только наличием программ

и сервисов оплаты, но и обоснованной ценой для внутреннего рынка газа. Для объектов ЖКХ одно из направлений цифровизации — работа с потребителями посредством компьютерных технологий не только с целью оплаты услуг, но и формирования навыков безопасного использования газа в быту.

Перспективный этап цифровой трансформации в сфере экономических взаимоотношений и управления, технологии использования газа может оказать положительное влияние, прежде всего, для крупных потребителей. Перспективный уровень внедрения цифровых технологий, требует исследования множества факторов, которые не являются однозначными и во многом зависят от региональных условий. Модели цифрового развития и критерии оценки показателей следует разрабатывать с учетом регионального характера развития структуры газоснабжения территории.

## ВЫВОДЫ

Цифровая трансформация социальной, технологической, экономической сфер деятельности является одним из главных направлений национального развития РФ на период до 2030 года.

Внедрение цифровых технологий для ГС позволяет в настоящий момент обеспечивать технологическую безопасность систем и надежность поставок газа в соответствии с нормативными требованиями при эксплуатации.

Этапы цифрового развития ГС: базовый, обоснованно эффективный, перспективный рассматриваются в неразрывной связи с технологическим процессом функционирования. Применение цифровых технологий на каждом этапе осуществляется на принципе экономической и технологической осуществимости. Оценка эффективности внедрения цифровых технологий производится для объекта газоснабжения по конкретным функционально-технологическим критериям. Например, путем расчета расходов потребления газа в случае реализации мероприятий или при их отсутствии, расчета надежности с учетом программных комплексов моделирования, расчета параметров надежности с учетом «человеческого фактора», моделирование возможных видов, последствий и критичности отказов в ГС.

Реализация цифровой трансформации для потребителей не должна приводить к избыточному росту тарифов. Если внедрение цифровых технологий не приводит к повышению надежности объектов газоснабжения и не повышается качество услуг для потребителей, необходимо рассматривать альтернативные варианты структурных и организационных мероприятий трансформации системы газоснабжения.

#### APPENDIX 1 (ПРИЛОЖЕНИЕ 1)

<sup>1,2</sup>**Table 1.** An example of digital transformation indices for gas supply in the structure of the fuel and energy industry and the development of the urban environment.

<sup>3,4</sup>**Table 2.** An example of evaluating the effectiveness of digital transformation indices.

#### Литература (References)

- [1] Krylova E. B., Podsvetova T. V., Soloviev E. N. The Authorization of Russia and Developing Countries in Global Digitalization. *Studies in Systems, Decision and Control*, 2020, vol. 282, pp. 189-196. doi: 10.1007/978-3-030-44703-8\_21
- [2] Sarnackij E. V. O Novoj Energeticheskoj Ideologii v Prostranstvennom Razvitii Territorij: Innovatsionnoe Sovershenstvovanie Otrasley TEK v Urboekologicheskom Territorial'nom [On the New Energy Ideology in the Spatial Development of Territories: Innovative Improvement of Fuel and Energy Industries in Urban-Ecological Territorial]. *Academia. Arhitektura iStroitel'stvo*, 2019, no. 2, pp. 60-67. (In Russian). doi: 10.22337/2077-9038-2019-2-60-67.
- [3] Epifanov A. E., Bratanovsky S. N., Abesalashvili M. Z. Formation of a Legal Model of Realizing the Interests and Protecting the Rights of Economic Entities under the Economy Digitalization. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 2020. vol. 1100 AISC, pp. 686-692.
- [4] Chernyaeva R. V., Timshina D. V., Iritsyan G. E. Energy Efficient Business: Theory and Practice of Digitalization. *Opcion*, 2018, vol. 34, no 85, pp. 1527-1549.
- [5] Loktionov, V. I., Loktionova E. A. Development of the Russian Energy System Resilience: towards a More Secure Future. *Geopolitics of Energy*, 2019, vol. 41, no 4, pp. 1-12.
- [6] Ierarkhicheskaya Dispetcherizatsiya v Energetike: EITP Dispetcherskikh Sluzhb OAO "Gazprom" [Hierarchical Dispatching in the Energy Sector: EET of Dispatching Services of Gazprom]. *Gaz Rossii*, 2014, no. 3, pp. 54-55. (In Russian).
- [7] Berner L. I., Ostrouh A. V., Hadeev A. S. Intellektual'naya Sistema Upravleniya Raspredeleniem Tekhnologicheskimi Ob'ektami Transporta Gaza [Intelligent Control System for Distributed Technological Objects of Gas Transport]. *Promyshlennye ASU i Kontrollery*. 2021, no. 8, pp. 16-26. (In Russian). doi: 10.25791/asu.8.2021.1302
- [8] Petrov, A.M., Popov A. N. Analiz Sushchestvuyushchih Reshenii Sovershenstvovaniya Izmeritel'no-Vychislitel'nykh Kompleksov Setej Teplosnabzheniya [Analysis of Existing Solutions for Improving Measuring and Computing Complexes of Heat Supply Networks]. *Construction and Geotechnics*, 2021, vol. 12, no. 1, pp. 18-29. (In Russian). doi: 10.15593/2224-9826/2021.1.02.
- [9] Tynchenko V.V., Solovyov E.A., Tynchenko S.V. Design of Grid Systems to Solve Complex Industrial Engineering Problems [Proc. 2nd International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing, ICIEAM 2016 ], Chelyabinsk, 2016, pp. 7911574. doi:10.1109/ICIEAM.2016.7911574
- [10] Lvovich I. Y., Preobrazhenskiy A. P., Choporov O. N. Modelling and Optimizing Engineering Network Systems. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Chelyabinsk, 2019, P. 044026. doi: 10.1088/1757-899X/687/4/044026
- [11] Moroz D. R., Gruntovich N. V. Regional'naya Sistema Gazosnabzheniya s Pozitsii Sistemnogo Analiza i Zakonomernosti ee Funktsionirovaniya [Regional Gas Supply System from the Standpoint of System Analysis and Regularities of its Functioning]. *Energetika. Izv. vyssh. ucheb. zavedenij i energ. ob"edinenij SNG*, vol. 61, no 4 (2018), pp. 359–371. (In Russian).
- [12] Bugaeva T. M., Novikova O. V. Sovremennye Metody Planirovaniya Energosistemy Goroda [Modern Methods of Planning the City's Energy System]. *Energetika. Izv. vyssh. ucheb. zavedenij i energ. ob"edinenij SNG*, vol. 62, no 4 (2019), pp. 377–387. (In Russian).
- [13] Balabuha A. V., Roman K. S., Lipatova A. V. Primenenie Rasshirennoogo Metoda pri Matematicheskom Modelirovanii Gazotransportnykh Sistem [Application of the Extended Method in Mathematical Modeling of Gas Transmission Systems]. *Vestnik Evraziiskoi Nauki*, 2020, vol. 12, no. 1, pp. 2. (In Russian).
- [14] Medvedeva O. N., Penenko V. D. Routes of Laying Gas Supply System Pipeline. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering*, 2021, vol. 332, no. 1, pp. 153-163. doi: 10.18799/24131830/2021/1/3008
- [15] Vidović D., Sutlović E., Majstirović M. Steady State Analysis and Modeling of the Gas Compressor Station Using the Electrical A

- alogy. *Energy*, 2019, vol. 166, pp. 307-317. doi: 10.1016/j.energy.2018.10.081
- [16] Fernoaga V. P., Stelea G. A., Balan A., Sandu F. OCR-based Solution for The Integration of Legacy And-Or Non-Electric Counters in Cloud Smart Grids. Proc. 2018 IEEE 24th International Symposium for Design and Technology in Electronic Packaging, SIITME 2018. Iasi, 2019, pp. 398-403. doi: 10.1109/SIITME.2018.8599200
- [17] Sitas V.I., Fedyukhin A.V., Akhmetova I.G., Mitrofanov A., Makoev S.O., Asadpoori A., Sinitsyn A.A., Kikot E.A. Assessment of Technical and Economic Efficiency Indicators of Cogeneration in Modern Market Conditions. *International Journal of Civil Engineering and Technology*, 2019, vol. 10, no 2, pp. 2106-2117.
- [18] Beloglazova T. N., Romanova T. N. Directions of Transformation of Energy Supply Systems Taking into Account the Prospective Development of Territories. *Construction and Geotechnics*, 2021, in press. (In Russian).
- [19] Demidova S.A., Kosyakov S.V. The Usage of the Power Balance Spatial Distribution Model to Develop the Decision Support Methods in Buildings Site Selection and Energy-Selecting [Proc. 17th International Multidisciplinary Scientific "GeoConference SGEM 2017"]. Albena, Bulgaria, 2017, Issue 21, pp. 1093-1098.
- [20] Kosyakov S. V. Osipova S. A., Sadykov A. M. Metod Otsenki Vliyaniya Reshenii po Vyboru Sposobov Energosnabzheniya Zdanii na Energobalans Goroda [Method of Assessing the Impact of Decisions on the Choice of Methods of Energy Supply of Buildings on the Energy Balance of the City]. *Vestnik Ivanovskogo Gosudarstvennogo Energeticheskogo Universiteta*, 2019, no. 5, pp. 67-76. (In Russian). doi: 10.17588/2072-2672.2019.5.067-076. (In Russian).
- [21] Voropai N.I., Stennikov V.A., Barakhtenko E.A., Voitov O.N., Postnikov I.V. A Model for Control of Steady State of Intelligent Integrated Energy System. *Energy Systems Research*, 2018, vol. 1, no. 1 (1), pp. 57-66.
- [22] Stennikov V., Senderov S., Saneev B., Novitsky N., Osak A.B. Energy Systems as Objects of Hierarchical Modeling *Energy Systems Research*, 2019, vol. 2, no 4(8), pp. 6-16. doi: 10.25729/esr.2019.04.0001.
- [23] Akhtulov A.L., Ivanova L.A., Leonov E.N. The Technique of Optimal Choice of Energy Sources in the Electrical Systems with Distributed Generation In the Collection: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. International Workshop "Advanced Technologies in Material Science, Mechanical and Automation Engineering – MIP: Engineering – 2019". Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. 2019, p. 62075.
- [24] Romanova T. N. Obespechenie Bezopasnosti pri Ekspluatatsii Bytovogo Gazovogo Oborudovaniya [Ensuring Safety During Operation of Household Gas Equipment]. *Stroitel'stvo i Tekhnogennaya Bezopasnost'*, 2018, no. 13(65), pp. 113-120. (In Russian).
- [25] Nemtinov V., Terekhov S., Nemtinova Yu., Borisenko A., Egorov S. Information System of Decision Making Using for Optimization of Heat Supply Systems Development. [Proc. 18th International Multidisciplinary Scientific "GeoConferences SGEM 2018"]. Sofia, Bulgaria, 2018, pp. 253-260.
- [26] On approval of the Methods for Calculating the Targets of the National Development Goal of the Russian Federation «Digital Transformation». Order of the Ministry of Digital Development, Communications and Mass Communications of the Russian Federation from November 18, 2020 no. 600. Moscow, Russia.

#### Сведения об авторах.



**Белоглазова Татьяна Николаевна,**  
кандидат технических наук,  
доцент  
Кафедра теплогазоснабжения,  
вентиляции и водоснабжения,  
водоотведения ПНИПУ.  
Область научных интересов:  
системы теплогазоснабжения,  
энергосбережение.  
E-mail:  
[tabeloglazova@yandex.ru](mailto:tabeloglazova@yandex.ru)



**Романова Татьяна Николаевна,**  
кандидат технических наук,  
доцент  
Кафедра теплогазоснабжения,  
вентиляции и водоснабжения,  
водоотведения ПНИПУ.  
Область научных интересов:  
системы обеспечения  
микроклимата,  
энергосбережение.  
E-mail: [botinkin@yandex.ru](mailto:botinkin@yandex.ru)