

УДК 622.691:004.9

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ

Романова¹ Т.Н. Белоглазова², Т.Н.

¹ Пермский национальный исследовательский политехнический университет
г. Пермь, Комсомольский пр-т, 29,

² Пермский национальный исследовательский политехнический университет
г. Пермь, Комсомольский пр-т, 29,
e-mail: ¹botinkin@yandex.ru, ²tabelglazova@yandex.ru

Аннотация. Актуальность исследования обусловлена необходимостью эффективности реализации цифровых технологий в сфере газоснабжения. Исследование энергообеспечения за счет природного газа произведено согласно с функциональными закономерностями технологических процессов и факторами потребления газа во взаимосвязи с направлениями цифровой трансформации. Цифровые технологии обеспечивают современные механизмы управления, технологические процессы, экономические эффекты в результате реализации в системе газоснабжения.

Предмет исследования: критерии цифровой трансформации с учетом особенности отрасли газоснабжения для поэтапного поступательного развития региональной экономики; принцип оценки эффективности цифровой трансформации газоснабжения, как части энергетической инфраструктуры с учетом материального и информационного взаимодействия.

Материалы и методы: на основе анализа и обобщения основных направлений и критериев цифровой трансформации отраслей экономики выявлена функциональная взаимосвязь с газоснабжением. Использован метод сопоставления результатов цифровой трансформации при технологическом подходе и при относительной оценке инвестиций.

Результаты: в качестве критериев цифровой трансформации представлены группы показателей, которые технологически взаимосвязаны в области газоснабжения. Дополнительной функцией, для расширения границ оценки экономической эффективности цифровых технологий, является создание механизма формирования добавленной стоимости в России. Увеличение капитализации за счет инвестиций в цифровые технологии, без обоснованного практического эффекта не является фактором повышения эффективности. Выявление эффективности использования цифровых технологий осуществляется поэтапно. Базовый, экономически обоснованный, перспективный уровни технико-экономических показателей цифровой трансформации для газоснабжения с учетом надежности и безопасности позволит рационально подходить к использованию энергетических ресурсов.

Выводы: реализация цифровой трансформации не должна приводить к избыточному росту тарифов в газоснабжении для регионов России, так как энергетическая доступность является необходимым условием экономического развития.

Ключевые слова: эффективность, управление, безопасность, функционально-технологические критерии, экономические результаты, система газоснабжения, газовое топливо.

ВВЕДЕНИЕ

Экономическая ситуация во всем мире и в России показывает основополагающее влияние энергетических систем на устойчивость развития стран [1]. Разнообразие используемых энергетических ресурсов в регионах мира оказывает многофакторное влияние на отдельные отрасли и в целом на экономику. Как основное, органическое топливо остается на ближайшую перспективу в мировой экономике определяющим. Газовая отрасль определяет ключевые направления развития мировой экономики [2].

Современная динамика объемов потребления энергоресурсов продолжает характеризоваться региональными особенностями. Снижение объемов потребления газа, связанное с кризисными явлениями в мировой экономике, в результате борьбы с пандемией и дальнейшими политическими процессами, является значительным для России. При этом мировой рост цен на газовое топливо в 2022 году и спад производства в странах Западной Европы является подтверждающим фактором того,

что экономически эффективная замена российского газа в краткосрочной перспективе практически безальтернативна. При объективно существующем спросе на энергоресурсы на международных рынках, развитие внутреннего спроса для России является необходимым условием устойчивого социального и регионального развития страны. Задачи повышения устойчивости экономики за счет использования газа заключаются в следующем: повышение эффективности технологического оборудования, снижение потерь, использование комплексного подхода в производстве с извлечением всех компонентов сырья, совершенствование экономических механизмов распределения добавленной стоимости. Комплексный характер технологических мероприятий без эффективных механизмов управления и долгосрочного планирования реализовать практически невозможно.

На современном этапе цифровые технологии являются определяющим направлением совершенствования механизмов управления производственными процессами и экономическим

развитием всех отраслей жизнеобеспечения человека. Ожидаемые эффекты от внедрения Интернета вещей, которые заключаются в снижении издержек в промышленности, ускорении коммуникации и интеграционных процессов построения глобальных стоимостных цепочек в мировой экономике [3], не обеспечили ожидаемых эффектов в условиях глобализации. Если рассматривать на мировом и внутреннем уровне формирование структуры цен для платформы, как для многостороннего рынка, то в условиях экономического и политического кризиса получение максимальной прибыли и создание условий для монетизации сферы деятельности не является однозначным. Этот процесс находится в стадии реорганизации в свете последних событий в мировой экономике. Актуальным остается оценка процесса применения цифровых технологий для всестороннего комплексного анализа солидарности внешних и внутренних рынков газа для экономики России [4]. Газовая промышленность России, как часть энергетической структуры, вносит определяющий вклад в состав добавленной стоимости конечного валового продукта, влияет на благосостояние граждан.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Эффективное управление системой газораспределения (ГС) регионов России основано на взаимодействии всех потребителей и зависит от объемов поставок газа. К основным потребителям газа на внутреннем рынке относятся: промышленные объекты, выработка электрической и тепловой энергии в когенерационном цикле. Хозяйственно-бытовое потребление, выделяемое в программах комплексного развития инженерной инфраструктуры разных уровней, по объемам существенно меньше промышленного потребления, но имеет социальное значение. Цифровая трансформация отрасли рассматривается в рамках технологических особенностей каждой категории потребителей и выполнения основных задач. Программное обеспечение и средства коммуникации позволяют обеспечить высокую скорость передачи информации, при этом анализ данных и принятие решений осуществляется на основе функциональных задач объекта и, в основном, зависит от человеческого фактора. Программные комплексы реализуют алгоритмы решения задач выбора оптимальных значений параметров в рамках существующих численных методов. Для решения практических вопросов в области проектирования диспетчеризации имеет место множество разработок, которые успешно реализуются. Пример единого информационно-технологического пространства (ЕИТП) представляет взаимосвязь мониторинга и управления газотранспортными системами и газораспределительными станциями [5].

Цели экономического развития, которые формируют задачи газовой отрасли, должны исходить из долгосрочной перспективы

постоянного устойчивого роста потребления газа в России. Из чего следует, что ключевым вопросом становится необходимость прогнозирования создания новых отраслевых цепочек стоимости в рамках регионального и межрегионального экономического развития и интеграции на основе взаимодействия технологических процессов и производств средствами энергетических и сырьевых потоков. Решение данного вопроса совпадает со стратегическим направлением цифровой трансформации отраслей народного хозяйства и должно находить свое отражение в конкретных целевых показателях создания добавленной стоимости. При существующей модели индустриального развития инновационные разработки, в том числе и цифровые технологии, включаются в стоимость произведенных товаров и услуг. Но отличительной особенностью современного этапа развития является то, что данные инвестиции должны быть взаимоувязаны обособанным спросом технологий как на внутреннем, так и на внешних рынках, в соответствии с планами развития промышленных объектов и социальной инфраструктуры регионов на базе комплексного подхода с учетом краткосрочного и долгосрочного периодов. Инвестиции в цифровые технологии являются необходимым условием цифровой трансформации, но при этом следует ориентироваться на перспективу качественных изменений технологических процессов.

Численные методы в большинстве своем имеют достаточно ограниченный методически-обоснованный и апробированный опыт применения и рекомендаций для реализации в прикладных вопросах, особенно для инженерных систем территорий [6, 7]. При разработке алгоритмов взаимодействия систем газоснабжения с объектами производства, коммуникации, потребления энергетических ресурсов необходимо исходить из региональных условий. Даже при сборе статистической информации объемов потребления газа разными ведомствами есть разобщенность. Одни и те же данные передаются в разных программах различным ведомствам, требуется специально оборудованное рабочее место для их обработки. Такой подход к цифровой трансформации вызывает противоречивые эффекты, так как в конечном итоге не приводит к значительному улучшению качества обслуживания и не влияет на технологическую безопасность систем и объектов газоснабжения. Стандартизация форматов и механизмов обмена данными, как способ повышения эффективности процесса подготовки данных к передаче, анализу и дальнейшему планированию, без высококвалифицированного централизованного управления невозможна. Функционирование системы газоснабжения территорий является сферой интересов разных хозяйствующих субъектов. Взаимодействие в цифровом формате между ними производится на правовой и

нормативной основе. Современная форма собственности позволяла длительное время формировать обособленные принципы внедрения технологий, в том числе и цифровых, и управления. В результате, на первоначальном этапе необходимо оценить состояние существующих технологий и определить первоочередные направления цифровой трансформации в плане унификации и доступности.

Эффективность производства в целом зависит от множества факторов, основополагающим из которых является обеспечение безопасности ее функционирования. Для промышленного производства цифровое обеспечение является одним из элементов технологий и обосновано экономическими показателями. Сферу моделирования и усовершенствования технологий на основе выявления риска аварий следует рассматривать, прежде всего, для выявления границ устойчивой работы при изменении условий использования производственных процессов.

Общие подходы оптимизации в сфере газоснабжения технологически взаимосвязанных объектов инфраструктуры территорий используют методы системного анализа. Системы, обеспечивающие энергетическими ресурсами конкретную территорию, имеют общие принципы развития. Для каждой отдельной системы, например ГС, существуют объективные особенности, которые определяют информационные и логические связи. Для разработки цифровых двойников системы одним из основных этапов является исследование реальных объектов [6-9].

Промышленный интернет вещей в сфере газоснабжения обеспечивает возможность для реализации энергоэффективных технологических процессов, сокращения выбросов и отходов, повышения надежности энергетической системы при условии централизованного мониторинга и управления. Перспективные направления разработки бизнес-моделей на основе апробированных подходов и внедрения новых цифровых технологий требуют всестороннего исследования [10].

На современном этапе цифровые технологии обеспечивают решение отраслевых задач с учетом технологических функций; в основном, обеспечивают задачи безопасной эксплуатации систем газоснабжения. Это характерно для всех направлений в газоснабжении, таких как: добыча, переработка, транспортировка по магистральным газопроводам, распределение и использование. Нарботанный опыт является основой безопасной и надежной работы энергетической инфраструктуры. Из условий технологической безопасности необходимо формировать критерии оценки цифровой зрелости по каждому направлению с учетом характерных особенностей ГС. Вопросы цифровой трансформации газоснабжения приходится рассматривать с учетом фактора неопределенности современной мировой экономики и при этом ориентироваться на безопасность и технологическую устойчивость

системы в условиях долгосрочной эксплуатации. Такой принцип был реализован при формировании современной системы газоснабжения в иных социальных экономических условиях и показал устойчивость в годы реформ и рыночных отношений. Многие решения являются самодостаточными и для современного этапа развития.

Характерной особенностью внутреннего спроса на газ в России является его стабильность на цели теплоснабжения, обоснованная климатическими условиями. Большая часть регионов России при использовании газа для производства тепловой и электрической энергии обеспечивает высокий коэффициент полезного действия использования газового топлива. Повышение энергоемкости цепочек потребления в этом процессе является негативным фактором, но не оказывает деструктивного влияния на систему при обоснованно-умеренном уровне цены на газ для внутреннего потребления. Для управления экономической и региональной эффективностью можно выявить положительные перспективы для реализации комплексного многоуровневого подхода при производстве и потреблении ресурсов. Существенными ограничениями по интенсивному внедрению цифровых технологий на новом перспективном уровне являются следующие факторы. Во-первых, нет методически-обоснованного подхода для оценки инвестиций и определения финансовой выгоды. Это связано не только с большим объемом информации, но с разными целями структурных элементов платформы, взаимным влиянием социальных, политических и экономических факторов, которые при формализации с точки зрения эффективности не определены. Во-вторых, существует разобщенность между исследовательскими организациями, разрабатывающими технологии и практическим сектором экономики. В-третьих, применение цифровых технологий, разработанных сторонними субъектами, не гарантирует конфиденциальности, что может представлять значительную угрозу безопасности [10].

Газоснабжение, как часть энергетической инфраструктуры, предусматривает материальное и информационное взаимодействие с отраслями промышленности и объектами жилищно-коммунального хозяйства. Технологические процессы призваны обеспечить экономическую эффективность и безопасность производства товаров и услуг. ГС предусматривают снабжение газом с нормативными требованиями для разных категорий потребителей в широком диапазоне режимов эксплуатации. Ретроспективный анализ энергетического баланса территории для систем электроснабжения, теплоснабжения и газоснабжения обеспечивает выявление первоочередных направлений развития отраслей промышленности [11, 12]. Если рассматривать цифровые технологии, как один из драйверов развития газовой отрасли, при планировании и моделировании сценариев регионального развития,

стабилизации и роста ВВП, то внутреннее потребление газа становится для регионов России необходимым условием экономического роста [3].

Целью настоящего исследования является усовершенствование методики оценки эффективности цифровой трансформации газоснабжения на базе функциональных закономерностей процессов распределения и использования газа. Цифровые технологии в газоснабжении представлены с точки зрения разработки механизма развития комплексной отраслевой структуры. Экономический анализ критериев цифровой трансформации для

газоснабжения выполнен на основе системного метода и функциональных задач отраслей, тесно связанных с газоснабжением основным материальным ресурсом – газом. Газоснабжение, как элемент структуры, либо как часть технологического процесса взаимодействует со строительным комплексом, топливно-энергетическим комплексом (ТЭК) и городским хозяйством. Структурная схема ряда показателей цифровой трансформации относительно газоснабжения представлена на рисунке 1.

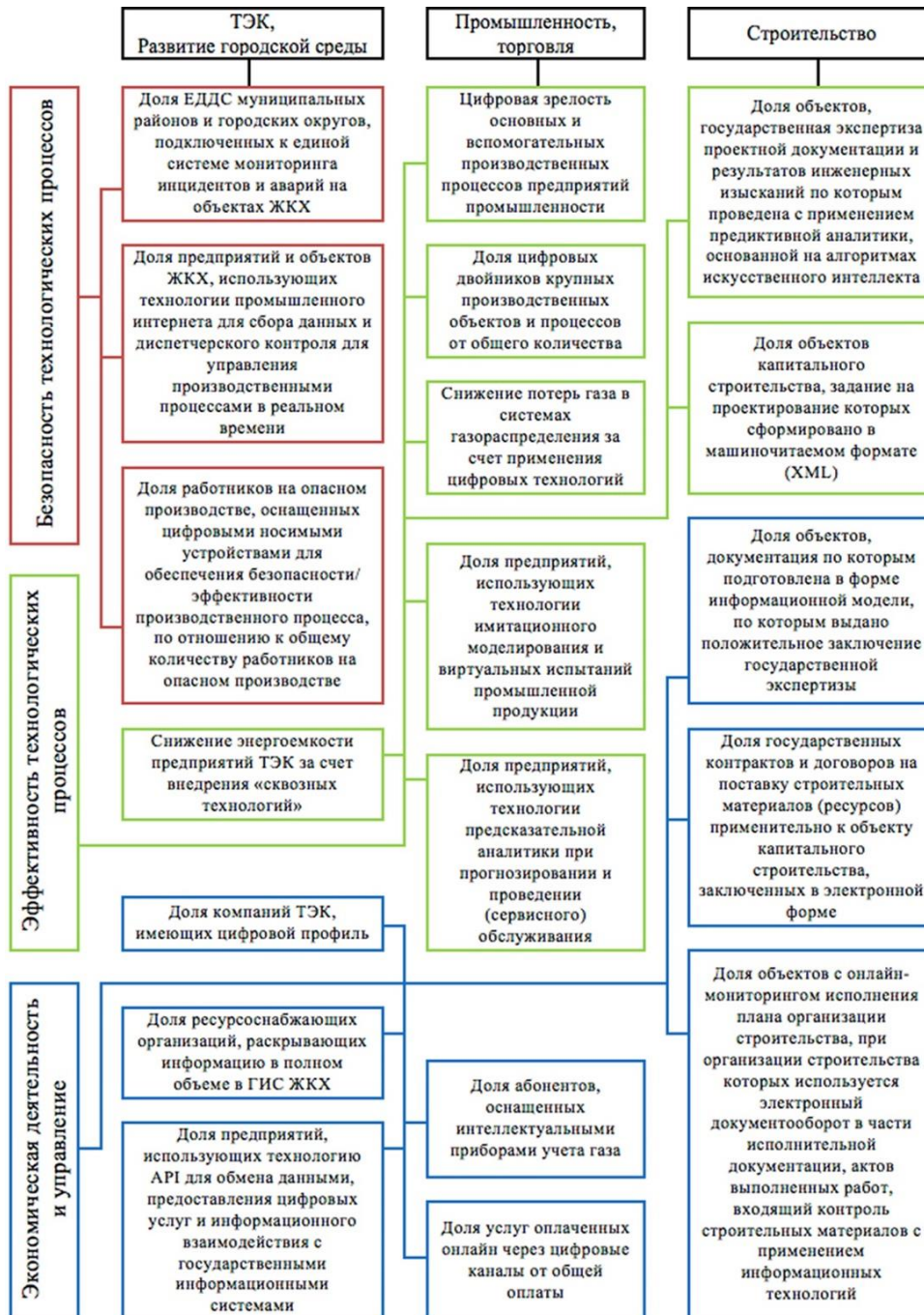


Рис. 1. Группировка критериев цифровой трансформации по отраслевому и функциональному принципу с учетом газоснабжения (на основе приказа Минцифры России от 18.11.2020 № 600¹)

Fig. 1. Grouping of digital transformation criteria by industry and functional principle, taking into account gas supply

Группировка показателей осуществлена исходя из требований безопасности технологического процесса, эффективности и управления. Благодаря анализу подгрупп удалось выявить общие прикладные направления использования цифровой деятельности с практическим значением и экономической эффективностью для газоснабжения.

Внедрение цифровых технологий в соответствии с модульно-функциональным подходом основано на следующих принципах. Результаты и эффекты реализации цифровых технологий в газоснабжении оцениваются с учетом объемов потребления газа. Газовая составляющая в рамках промышленного производства, на энергетических объектах и на объектах жилищно-коммунального хозяйства включается в стоимость товаров и услуг.

Обоснованием направления внедрения цифровых технологий в газоснабжении, а так же оцениванием базового уровня цифровой зрелости, является определение цифровых критериев с учетом объемов газопотребления:

$$K_p = \sum_{i=1}^{i=m} \frac{Q_i \cdot K_i}{Q_g} \cdot 100, \quad (1)$$

где K_p – расчетное значение показателя цифровой трансформации для технологических процессов и других потребителей, %, K_i – статистическое значение показателя цифровой трансформации для отдельного потребителя газа, д.ед., Q_i – расход газа отдельным потребителем, м³/год, Q_g – общий расход газа потребителями, м³/год.

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

$$K_l = \sum_{i=1}^{i=m} \frac{M_i \cdot K_{il}}{M_g} \cdot 100, \quad (2)$$

где K_l – расчетное значение показателя цифровой трансформации для линейных объектов территории, %, K_{il} – статистическое значение показателя цифровой трансформации для отдельной части линейной системы, д.ед., M_i – материальная характеристика газораспределительных сетей, обслуживаемых отдельным подразделением, единицы материальной характеристики, M_g – материальная характеристика системы газораспределения в целом по региону, единицы материальной характеристики.

Для определения эффективности процессов в сфере производства и управления применяются апробированные критерии, такие как чистый дисконтированный доход, внутренняя норма доходности, срок окупаемости, затраты жизненного цикла. Как составную часть технологического

процесса или процесса управления, эффективность цифровых технологий в газоснабжении рекомендуется оценивать общепринятыми критериями. Но поскольку системы газоснабжения являются основой энергетической структуры региональных и межрегиональных взаимодействий, усложнение модели с учетом большого количества факторов и рисков приводит к неточности, а иногда и искажению результатов экономического анализа.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Тенденция к упрощению методики экономической оценки по росту инвестиционных вложений, например, по относительному росту экономических показателей цифровой трансформации, представляет опасность для необоснованного роста тарифов и цен, что в условиях инфляции не отвечает целям развития внутреннего потребления газа в России. Можно так же отметить, что расчет эффективности цифровых технологий в соответствии с предложенным относительным принципом¹ не отражает функциональной взаимосвязи с экономическими результатами конкретных технологических процессов. При оценке эффективности цифровых технологий следует учитывать объективные факторы реальных технологических процессов. Например, эффективность процесса производства тепловой и электрической энергии при использовании органического топлива ограничена объективно первым законом термодинамики. При оценке эффективности цифрового совершенствования в отрыве от особенностей производственного технологического процесса происходит необоснованное перераспределение денежных средств из натурального сектора в цифровое пространство. На рисунке 2 представлен график, отражающий относительный рост инвестиций в цифровую технологию во взаимосвязи с технологическим эффектом производственного процесса.

Для реальных процессов транспортировки, распределения и использования в газоснабжении путем сопоставления затрат в цифровую трансформацию и эффективности технологии в целом можно определить точку, которая объективно отражает взаимосвязь эффективности производственной и цифровой составляющей. При условии реализации этапов цифрового совершенствования (рис.2) на третьем и последующих шагах исследования для окупаемости цифровых технологий необходимо повышение стоимости продукции и (или) услуг, либо эффекты от реализации проектов перераспределяются в стоимостные цепочки направления использования газа, что возможно только при определенном

¹ Об утверждении методик расчета целевых показателей национальной цели развития Российской Федерации «Цифровая трансформация» [Электронный ресурс]:

приказ Минцифры России от 18.11.2020 № 600 (ред. от 14.01.2021).

согласованном уровне взаимодействия управления в экономике.

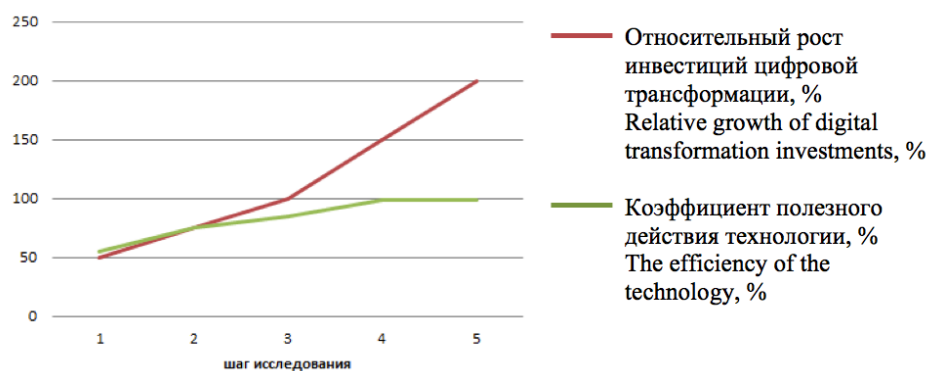


Рис. 2. Эффективность инвестиций в цифровую трансформацию технологического процесса
Fig. 2. The investment efficiency in digital transformation of technological process

Показатели цифровой эффективности в зарубежных странах, такие как E-Intensity, отражают наличие цифровой инфраструктуры, расходы на цифровые технологии, вовлеченность в цифровую деятельность. Если при этом учитывать взаимосвязь с технологией производственного процесса и определенный тип формирования добавленной стоимости в рамках глобальных рынков, тогда данный критерий, как механизм управления, является обоснованным при переклассификационной оценке. Индекс цифровой экономики и социального развития I-DESI учитывает уровень применения интернета в сфере государственных услуг, общий уровень использования интернета, наличие подготовленных кадров. Для новых условий в данном виде эти критерии могут применяться как дополнительные, для выявления взаимной зависимости и влияния на эффективность отраслевого развития.

Безопасный характер использования технологии для человека и окружающей среды является первоочередной производственной задачей для промышленности, строительства и торговли. Такие критерии цифровой трансформации, как цифровая зрелость основных и вспомогательных производственных процессов, доля предприятий, использующих технологии имитационного моделирования и виртуальных испытаний промышленной продукции условно отнесены по функционально-целевому принципу к критериям, обеспечивающим эффективность при безусловном понимании того, что технологически обеспечивается безопасность процесса использования газа. Представленные критерии (рис.1) требуют уточнения при постановке целей и задач цифровой трансформации, а так же оценки конкретной результативности при внедрении. Качественная оценка эффектов цифровой трансформации газоснабжения обосновывается как экономическими результатами, так и функционально-технологическими критериями. Основной задачей методического характера является определение базового уровня цифровой трансформации [13].

Практическая значимость реализации цифровой технологии определяется, как зависимость критерия цифровой трансформации от функциональных технологических показателей системы газоснабжения с учетом сферы деятельности. Необходимо при данном подходе выделить процессы проектирования, строительства и эксплуатации.

При выявлении критериев цифровой трансформации следует сгруппировать ограниченный комплекс показателей, которые представляют технологическую эффективность в плане безопасности процесса, экономическую с учетом наилучших доступных технологий, социальную, бюджетную.

Дополнительной функцией, позволяющей расширить рамки оценки экономической эффективности, является усовершенствование механизма формирования добавленной стоимости. Само по себе увеличение капитализации за счет инвестиций в цифровые технологии, без обоснованного практического эффекта не является фактором повышения эффективности. Выявление эффективности цифровых технологий требует достаточно зрелого уровня цифрового управления и моделирования, поэтому решение поставленных задач рекомендуется осуществлять поэтапно.

В представленном исследовании методически рассмотрены и обоснованы уровни оперативного мониторинга эффективности цифровых критериев для каждого этапа для промышленного производства. При поэтапном подходе появляется возможность реализовать целевой принцип внедрения наиболее значимых результатов на широкий круг аналогичных процессов при обоснованных экономических затратах. Для оценки результативности и своевременной корректировки при поэтапной реализации процесса цифровой трансформации в сфере газоснабжения произведен анализ базового, обоснованно-эффективного и перспективного уровней внедрения.

Поскольку, как правило, наблюдается эффект непропорциональности по первоначальным затратам и последующим результатам, следует с

учетом этого эффекта при цифровой трансформации считать первоочередными те мероприятия, которые характеризуются обоснованным сроком окупаемости, либо необходимы для обеспечения энергетической безопасности и структурных преобразований в региональной экономике.

Базовый уровень характеризует состояние объектов с учетом фактического уровня цифровых технологий на современном этапе по данным статистики с учетом нормативных требований безопасности и оценивает наличие условий для внедрения цифровых технологий.

В условиях экономических и технологических ограничений следует отметить, что при оценке цифрового базового уровня отражается также соотношение зарубежных и отечественных технологий, а так же программного обеспечения. Уровень технологии должен соответствовать и формировать спрос на цифровую трансформацию. Потребители, в том числе индивидуальные, должны иметь свободный доступ к цифровым технологиям. На сегодняшний день это связано с широким кругом задач социального, экономического и инфраструктурного характера. Среди первоочередных, является доступность услуг связи, интернета, наличие компьютера с программным обеспечением на основе отечественных разработок, получение достаточных навыков в качестве пользователей цифровых продуктов. Таким образом, обеспечить цифровую трансформацию без объективного доступа к цифровым технологиям широкого круга пользователей не представляется возможным. Если технология по критериям оценки соответствует базовому уровню, тогда рассматривается целесообразность перехода к экономически-обоснованному уровню.

Обоснованно-эффективный уровень обеспечивает технологический процесс добычи, транспортирования, распределения и использования газа при наилучших доступных технологиях. Предусматривает повышение эффективности и надежности за счет технологических и организационных мероприятий на объектах газификации. Варианты при использовании цифровых технологий или отказ от них ориентируются не столько на объем вложенных средств, сколько на эффективность бюджетную, социальную, экономическую.

Перспективный уровень является результатом при комплексной оценке развития в рамках межотраслевых взаимодействий, при обязательном условии технологической безопасности и экономической эффективности первых двух уровней. Перспективный уровень включает комплексную возможность по моделированию и управлению за счет цифровых технологий, при совершенствовании нормативной и правовой базы. Стоит отметить, что в существующих условиях отсутствия тесных межотраслевых взаимодействий и планирования развития данный этап слабо реализуем. Перспективным данный уровень

является также и потому, что требуется значительная трансформация, не только цифровая, но и в области управления развитием регионов, например, при оценке взаимосвязи газоснабжения для систем выработки электрической и тепловой энергии.

Газоснабжение территорий формирует условия регионального развития. Для определения перспективного спроса, прежде всего промышленного, и, как следствие, на теплоснабжение, необходимо долгосрочное планирование объемов поставок газа. Изменения потребления газа зависят от балансовой структуры в регионе и оцениваются в период исследования долгосрочного развития, которое основывается на взаимодействии межотраслевых планов при централизованном управлении. Многие проекты, реализованные при плановом управлении инфраструктурой регионов, для условий России показывают свою эффективность. Например, система централизованного теплоснабжения при комбинированной выработке тепловой и электрической энергии. В контексте эффективности объединение электрической системы и теплоснабжения при использовании энергетических ресурсов в условиях России является уникальным по своим масштабам. Поэтому, при планировании потребления газа, учитываются характер потребления для различных категорий, годовые объемы, закономерности изменения сезонного, суточного и часового расхода. Исследование закономерности потребления газа на основе моделей межотраслевого взаимодействия так же является сферой для активного внедрения цифровых технологий, способствует рациональному планированию режимов эксплуатации объектов энергообеспечения. Механизм управления предприятиями при разобщенности интересов в условиях частной собственности не отвечает интересам потребителей товаров и услуг.

Методически эффективность цифровой трансформации приходится оценивать на основе не одного, а нескольких показателей. Цифровые показатели рассматриваются для любого направления газоснабжения исходя из безопасности и эффективности технологических процессов, экономической деятельности и управления. В-первых, выявляются те направления, которые характеризуются наибольшим объемом потребления газа (1), либо для газораспределительных сетей на основе единиц материальной характеристики (2). Одним показателем является доля или процент цифровых технологий в процессе. Данный показатель является также необходимым для оценки уровня цифровой зрелости: базового, обоснованно-эффективного и перспективного.

Современные технологии, которые реализованы в газоснабжении, имеют высокий уровень компьютеризации. Промышленное производство, диспетчеризация, сервис абонентов, мониторинг

объектов газоснабжения– все процессы реализуются в той или иной степени за счет цифровых технологий. При реализации базового уровня следует предусматривать, в основном, отечественные программы, оборудование и разработки для надежной и безопасной работы системы газоснабжения. Для базового уровня экономическая эффективность внедрения цифровых технологий определяется из условия реализуемости и обоснованной надежности. Обосновано-эффективный и перспективный уровень цифровой зрелости газоснабжения реализуется, как часть отраслевой экономики при соответствующем уровне регионального развития. Особенность анализа взаимного влияния критериев показателей надежности, эффективности, экономичности осуществляется на основе экспертных оценок и статистических данных. Практический эффект с точки зрения экономической сферы не следует ограничивать только повышающим коэффициентом при оплате за энергетический ресурс. При функционально-целевом ориентированном подходе критерии, которые действительно оказывают влияние на безопасность объектов газоснабжения, рассматриваются на этапе проектирования, строительства и эксплуатации. На примере промышленного производства оценка результативности показателей цифровой трансформации представлена в таблице.

Уровни показателей цифровой трансформации: базовый– не менее 40%, обосновано-эффективный– не менее 80%, перспективный– не менее 98%, являются рекомендуемыми. При

использовании нескольких видов энергетических ресурсов доля процессов для сферы газоснабжения оценивается на основе газовой составляющей в соответствии с объемами потребления газа. Процент уровня цифровой трансформации определяется на основе пропорциональности, с применением коэффициентов, исходя из особенности технологического процесса и требует обработки и анализа специализированного неэкономического характера.

При формировании комплекса критериев базового уровня и расчета процентного результата для принятия решения соответствия рекомендуемому значению учитываются следующие факторы. Основной технологический процесс обеспечен цифровыми технологиями для обеспечения нормативных характеристик и уровня безопасности на уровне 90 %. Экономическая эффективность за счет цифровых технологий не менее 67%. Цифровая трансформация с учетом социального аспекта не менее 67%. В современных условиях необходимо оценить уровень зависимости технологического процесса от внешних факторов: импортного оборудования, запасных частей и комплектующих материалов, программных продуктов, сервисного обслуживания. Если имеются аналоги и отечественные разработки, тогда коэффициент с учетом риска неопределенности можно принять равным единице. В противном случае, коэффициент должен быть менее единицы, с учетом риска для технологии. При этом важным вопросом является процесс унификации сбора и хранения информации.

Таблица 1. Оценка эффективности уровней цифровой трансформации газоснабжения на примере цифровой зрелости основных и вспомогательных процессов промышленного производства

Table 1. Effectiveness evaluation of the digital transformation levels of gas supply by the example of digital maturity of the main and auxiliary industrial production processes

Уровень показателя цифровой трансформации	Область внедрения цифровых технологий	Полученный эффект
Базовый уровень	Контроль и автоматическое поддержание основных параметров технологического процесса регулирования, контрольно- измерительных комплексов, предохранительных устройств; хранение информации и подготовка для оперативного управления	Обеспечение безопасной эксплуатации ГС в соответствии с нормативными требованиями, контроль использования ресурсов
Обосновано-эффективный уровень	Дополнительно к базовому уровню: оперативное управление на основе результатов мониторинга с выбором оптимальных режимов функционирования	Повышение эффективности технологических процессов подтверждается результатами ТЭО
Перспективный уровень	Дополнительно к базовому и обоснованно эффективному уровню: внедрение единой системы управления при комплексном взаимодействии объектов газоснабжения	Повышение безопасности и экономической эффективности в комплексной системе энергетической инфраструктуры территорий с учетом смежных отраслей

Анализ влияния цифровых технологий требует оценки при эксплуатации для различных характерных условий. Положительный опыт внедрения рассматривается для реализации в аналогичных условиях. Вопрос потребления газа,

связанный с особенностями регионального развития, принято рассматривать для газораспределительных систем в следующих периодах: год, сутки, час. Каждый период имеет свои закономерности, которые учитываются как

аналитически, так и статистически. Анализ показателей отражает технологические режимы регулирования, структуру и максимальные расчетные параметры систем газоснабжения. При оценке уровня цифровой зрелости рекомендуется использовать максимальные расчетные характеристики системы газоснабжения для ГС, либо номинальные режимы работы при оценке производственных процессов. Данный подход необходимо предусмотреть при разработке типовых таблиц. Технологический процесс, как правило, имеет типовые формы отчетности по эффективности использования энергетических ресурсов, экологической безопасности. Оценка цифровой зрелости технологии рекомендуется осуществлять на основе форм, существующих на предприятиях, что так же подтверждает обоснованную взаимосвязь функциональной зависимости при цифровой трансформации реальных технологических процессов.

ВЫВОДЫ

Цифровая трансформация, как важнейшее стратегическое направление, в газоснабжении является не целью, а способом повышения технологической безопасности, экономической эффективности и стабильности энергетического обеспечения. Реализация цифровой трансформации не должна приводить к избыточному росту тарифов в газоснабжении, что неизбежно негативно отразится на формировании стоимости в области таких важнейших процессов, как производство электрической и тепловой энергии. Вопрос энергетической доступности является необходимым условием экономической и социальной стабильности. Принятие эффективных технических решений осуществляется на основе достоверных и объективных источников информации, при использовании апробированных и передовых технологий, своевременного обслуживания в рамках существующих нормативных и правовых актов.

Уровни цифровой трансформации с учетом функциональной значимости газоснабжения для всех отраслей рассматриваются на основе модульного и поэтапного принципа для следующих уровней: базового, обоснованного-эффективного, перспективного. Цифровая трансформация в сфере газоснабжения должна быть последовательной и экономически-обоснованной на каждом этапе в зависимости от развития технологического процесса и рассматривается в неразрывной связи с технологической сферой, учитывает ее особенности. Для каждого направления (при добыче газа, его транспортировке на дальние расстояния, при использовании и переработке в промышленности и в быту) с целью цифровой трансформации рассматривается комплекс критериев на основе функциональных особенностей, экономической эффективности, социальной востребованности.

Моделирование и исследование процессов при развитии экономики регионов России осуществляется на основе цифровых технологий. Поскольку развитие инфраструктуры газоснабжения является основой энергетической стабильности на долгосрочную перспективу, становится востребованным комплексный междотраслевой подход взаимодействия при централизованном управлении.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жизнин С. З., Тимохов В. М. Влияние энергетики на устойчивое развитие // *Мировая экономика и международные отношения*. 2017. Т. 61. № 11. С. 34–42. DOI: 10.20542/0131-2227-2017-61-11-34-42
2. Телегина Е. А., Халова Г. О. Мировая экономика и энергетика на переломе: поиски альтернативной модели развития // *Мировая экономика и международные отношения*. 2020. Т. 64. № 3. С. 5–11. DOI: 10.20542/0131-2227-2020-64-3-5-11
3. Кондратьев В. Б., Попов В. В., Кедрова Г. В. Трансформация глобальных цепочек стоимости: опыт трех отраслей // *Мировая экономика и международные отношения*. 2020. Т. 64. № 3. С. 68–79. DOI 10.20542/0131-2227-2020-64-3-68-79
4. Антипина О. Н. Платформы как многосторонние рынки эпохи цифровизации // *Мировая экономика и международные отношения*. 2020. Т. 64. № 3. С. 12–19. DOI: 10.20542/0131-2227-2020-64-3-12-19
5. Интеллектуальная система управления распределенными технологическими объектами транспорта газа / Л. И. Бернер, А. В. Остроух, А. С. Хадеев, Ю. М. Зельдин, С. Г. Марченко // *Промышленные АСУ и контроллеры*. 2021. № 8. С. 16–26. DOI: 10.25791/asu.8.2021.1302
6. Петров А. М., Попов А. Н. Анализ существующих решений совершенствования измерительно-вычислительных комплексов сетей теплоснабжения // *Construction and Geotechnics*. 2021. Т. 12. № 1. С. 18–29. DOI 10.15593/2224-9826/2021.1.02
7. 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
8. Выбор эффективных систем газораспределения / Ю. А. Табунщиков, Д. В. Коптев, В. А. Жила, А. К. Ключко, Е. Б. Соловьева // *Вестник МГСУ*. 2011. № 8. С. 222–229.
9. Боровский Б.И., Иванников Ю. А. Связь затрат на строительство распределительной газовой сети с характеристиками сети // *Строительство и техногенная безопасность*. 2016. № 2(54). С. 35–40.
10. Nicolae A., Korodi A., Silea I. An overview of industry 4.0 development directions in the industrial internet of things context // *Romanian Journal of*

Information Science and Technology. 2019. Vol. 22. Issue 3–4. Pp. 183–201.

11. Сарнацкий Э. В. О новой энергетической идеологии в пространственном развитии территорий: инновационное совершенствование отраслей ТЭК в урбоэкологическом территориальном развитии // Academia. Архитектура и строительство. 2019. № 2. С. 60–67. DOI: 10.22337/2077-9038-2019-2-60-67

12. Energy Systems as Objects of Hierarchical Modeling / V. Stennikov, S. Senderov, B. Saneev, N. Novitsky, A. B. Osak // Energy Systems Research. 2019. Vol. 2. Issue 4(8). Pp. 6–16. DOI: 10.25729/esr.2019.04.0001

13. Мониторинг энергоэффективности объектов системы централизованного теплоснабжения: методология определения базового уровня энергопотребления / Л. В. Давыденко, Н. В. Давыденко, В. А. Давыденко, Д. Спрейк // Проблемы региональной энергетики. 2022. № 1(53). С. 67–82. DOI: 10.52254/1857-0070.2022.1-53.06

REFERENCES

1. Zhiznin S. Z., Timokhov V. M. Energy impact on sustainable development. *Mirovaya ekonomika i mezhdunarodnye otnosheniya*. 2017. vol. 61. No. 11, pp. 34–42. DOI 10.20542/0131-2227-2017-61-11-34-42. (In Russian).

2. Telegina E. A., Khalova G. O. World economy and energy at the turn: search for an alternative development model. *Mirovaya ekonomika i mezhdunarodnye otnosheniya*. 2020. Vol. 64. No. 3, pp. 5–11. DOI 10.20542/0131-2227-2020-64-3-5-11. (In Russian).

3. Kondratiev V. B., Popov V. V., Kedrova G. V. Global value chains transformation: three industries' cases. *Mirovaya ekonomika i mezhdunarodnye otnosheniya*. 2020. Vol. 64. No. 3, pp. 68–79. DOI 10.20542/0131-2227-2020-64-3-68-79. (In Russian).

4. Antipina O. N. Platforms as multi-sided markets of the digital age. *Mirovaya ekonomika i mezhdunarodnye otnosheniya*. 2020. Vol. 64. No. 3, pp. 12–19. DOI 10.20542/0131-2227-2020-64-3-12-19. (In Russian).

5. Berner L. I., Ostroukh A. V., Khadeev A. S., Zeldin Y. M., Marchenko S. G. Intelligent control

system for distributed technological objects of gas transportation. *Promyshlennye ASU i kontrolyery*. 2021. No. 8, pp. 16–26. DOI 10.25791/asu.8.2021.1302. (In Russian).

6. Petrov A. M., Popov A. N. Analysis of existing solutions for improving the measuring and computing complexes of heat supply networks. *Construction and Geotechnics*. 2021. Vol. 12. No. 1, pp. 18–29. DOI 10.15593/2224-9826/2021.1.02. (In Russian).

7. 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

8. Tabunshchikov Yu. A., Koptev D. V., Zhila V. A., Klochko A. K., Solovyova E. B. The choice of effective gas distribution systems. *Vestnik MGSU*. 2011. No. 8, pp. 222–229. (In Russian).

9. Borovsky B. I., Ivannikov Yu. A. The connection of costs for the construction of a distribution gas network with the characteristics of the network. *Stroitel'stvo i tekhnogennaya bezopasnost'*. 2016. No. 2(54), pp. 35–40. (In Russian).

10. Nicolae A. Korodi A., Silea I. An overview of industry 4.0 development directions in the industrial internet of things context. *Romanian Journal of Information Science and Technology*. 2019. Vol. 22. No 3–4, P. 183–201.

11. Sarnatsky E. V. On the new energy ideology in the spatial development of territories: innovative improvement of the fuel and energy sector in urban-ecological territorial development. *Academia. Arhitektura i stroitel'stvo*. 2019. No. 2, pp. 60–67. DOI 10.22337/2077-9038-2019-2-60-67. (In Russian).

12. Stennikov V., Senderov S., Saneev B., Novitsky N., Osak A. B. Energy Systems as Objectsof Hierarchical Modeling. *Energy Systems Research*. 2019. Vol. 2. No 4(8), pp. 6–16. DOI 10.25729/esr.2019.04.0001.

13. Davydenko L. V., Davydenko N. V., Davydenko V. A., Sprake D. Monitoring of Energy Efficiency of District Heating System Facilities: Methodology for Determining the Energy Baseline. *Problemy regional'noj energetiki*. 2022. No. 1(53), pp. 68–83. DOI 10.52254/1857-0070.2022.1-53.06. (In Russian).

GAS SUPPLY EFFICIENCY BASED ON DIGITAL TRANSFORMATION

¹Romanova T.N., ²Beloglazova T.N.

¹Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russia, botinkin@yandex.ru

²Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russia, tabeloglazova@yandex.ru

Abstract. The relevance of the research is based to the need for effective implementation of digital technologies in the field of gas supply. The study of energy supply from natural gas was carried out in accordance with the functional patterns of technological processes and gas consumption factors in conjunction with the directions of digital transformation.

Subject: The main aim of the research to define and propose criteria for digital transformation, based on features of the gas supply industry for the gradual progressive development of the regional economy.

Materials and methods: The functional relationship with gas supply was determined based on the analysis and generalization of the main directions and criteria for the digital transformation. The method of comparing the results of digital transformation with a technological approach and with a relative assessment of investments was used.

Results: Groups of indicators that are technologically interconnected in gas supply are presented as criteria for digital transformation. An additional function to expand the boundaries of evaluating the economic efficiency of digital technologies is to provide a mechanism for creating added value in Russia. The increasing capitalization through investments in digital technologies is not a factor in increasing efficiency without a reasonable practical effect.

Conclusions: The implementation of digital transformation should not lead to an excessive increase in tariffs for gas supply to Russian regions, since energy supply is a necessary condition for the development of the economy.

Key words: Management, safety, functional and technological criteria, economic, gas fuel.