



<http://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2023-29-4-23-33>

*Оригинальная статья*  
*Original paper*

УДК 69.003+004

## МЕТОДИКА ОЦЕНКИ УРОВНЯ ЦИФРОВИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

А. С. МИЩЕНКО

*Белорусский государственный экономический университет (г. Минск, Республика Беларусь)*

*Поступила в редакцию 24.07.2023*

© Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, 2023  
Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, 2023

**Аннотация.** Разработана методика оценки уровня цифровизации строительной отрасли на основе анализа специфики функционирования и процесса внедрения цифровых технологий в работу строительных организаций, а также имеющихся методических принципов оценки уровня использования цифровых технологий в различных экономических системах, предлагаемых международными компаниями. Предложен алгоритм внедрения цифровых инструментов в работу строительных компаний, отражающий все стадии жизненного цикла объектов строительства и тенденцию повышения степени цифрового взаимодействия. В состав укрупненных составляющих уровня цифровизации включены уровни: информатизации деятельности (использование классических информационных систем и инструментов) строительных организаций, цифровизации ключевых управленческих областей (проектирование, возведение объектов, эксплуатация, контроль) строительных организаций, цифрового взаимодействия строительных организаций в рамках внутренней и внешней среды. Научная новизна методики заключается в адаптации классических подходов к специфике строительного комплекса с одновременным обоснованием оценочной системы, позволяющей не только установить общий уровень цифровизации, но и выявить наименее цифровизированные области, а также определить, на каком этапе перехода к цифровой модели находятся отдельные строительные организации.

**Ключевые слова:** строительный комплекс, информационные и цифровые технологии, уровень цифровизации, методика оценки цифровизации, жизненный цикл, объект строительства, алгоритм внедрения цифровых технологий.

**Конфликт интересов.** Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования.** Мищенко, А. С. Методика оценки уровня цифровизации строительной отрасли / А. С. Мищенко // Цифровая трансформация. 2023. Т. 29, № 4. С. 23–33. <http://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2023-29-4-23-33>.

## METHODOLOGY FOR ASSESSING THE LEVEL OF DIGITALIZATION OF THE CONSTRUCTION INDUSTRY

ARTEM S. MISHCHENKO

*Belarusian State Economic University (Minsk, Republic of Belarus)*

*Submitted 24.07.2023*

**Abstract.** As part of the study, a methodology was developed to assess the level of digitalization of the construction industry based on an analysis of the specifics of the functioning and process of introducing digital technologies into the work of construction organizations, as well as the existing methodological framework for assessing

the level of use of digital technologies in various economic systems offered by international companies. The methodology is based on the current algorithm for introducing digital tools into the work of construction companies, which simultaneously reflects all stages of the life cycle of construction projects and the trend towards increasing the degree of digital interaction. The composition of the enlarged components of the digitalization level includes: the level of informatization of activities (the use of classical information systems and tools) of construction organizations, the level of digitalization of key management areas (design, construction of facilities, operation, control) of construction organizations and the level of digital interaction of construction organizations within the internal and external environment. The scientific novelty of the methodology lies in the adaptation of classical scientific approaches to the specifics of the construction complex with the simultaneous substantiation of the assessment system, which allows not only to establish the general level of digitalization, but also to identify the least digitalized areas, and also to determine at what stage of the transition to a digital model are individual construction organizations.

**Keywords:** building complex, information and digital technologies, level of digitalization, methodology for assessing digitalization, life cycle, construction object, algorithm for introducing digital technologies.

**Conflict of interests.** The author declares no conflict of interests.

**For citation.** Mishchenko A. S. (2023) Methodology for Assessing the Level of Digitalization of the Construction Industry. *Digital Transformation*. 29 (4), 23–33. <http://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2023-29-4-23-33> (in Russian).

## Введение

Цифровизации строительной отрасли в последнее время уделяется существенное внимание в мировом масштабе. Цифровизация как явление представляет собой не просто использование современного программного обеспечения или новых технологий, а комплексную перестройку бизнес-процессов и применение цифровых технологий для создания новых продуктов. Внедрение цифровых технологий способно сократить сроки и стоимость строительства, повысить производительность труда, обеспечить сокращение обязательных требований без снижения базовых требований безопасности. Помимо уменьшения затрат на проектирование, строительные монтажные работы и эксплуатацию объектов строительства, внедрение цифровых решений в работу участников строительного рынка значительно упрощает их взаимодействие между собой, а также с органами государственной власти и надзорными органами, стимулируя повышение добавленной стоимости.

Существенная практическая значимость проведения цифровизации строительства как важнейшей сферы экономики обусловила тот факт, что обоснованием различных сторон данного процесса в настоящее время активно занимаются многие отечественные и зарубежные ученые. Вопросам внедрения информационных технологий в строительстве посвящены работы О. А. Акулова, В. Б. Алюшкевича, Э. И. Батяновского, В. В. Бабицкого, А. Ф. Головнева, Г. В. Землякова, С. Н. Колдаевой, С. Н. Леоновича, Д. М. Пикуса, Ю. Д. Примака, В. К. Шумчика. Задачи оценки экономической эффективности внедрения новых технологий в строительство изложены в работах О. С. Голубовой, О. А. Кириновича, Л. К. Корбан, Н. М. Михалькевич, Г. С. Пурса, А. В. Шиманской. Данные труды содержат довольно полное описание особенностей цифровизации и специфики определения эффективности мер по внедрению цифровых технологий, однако в них не рассматриваются особенности оценки уровня цифровизации как конечного результата всех предпринимаемых усилий. Поэтому проведенное автором статьи исследование является весьма актуальным и имеет существенную практическую направленность.

## Специфика функционирования и цифровизации строительного комплекса

Для обоснования качественной и объективной методики оценки уровня цифровизации строительного комплекса первоначально необходимо выявить сущность и особенности его функционирования. Так, В. А. Ежова [1, с. 7], Л. П. Кириченко [2, с. 30], Е. П. Кияткина и С. В. Федорова [3, с. 7–8] отмечают, что в целом «комплекс представляет собой совокупность предприятий, производящих близкие продукты с использованием близких ресурсов и близких технологий». Н. В. Привалова [4, с. 324] придерживается схожего мнения и отмечает, что «комплексом является совокупность предприятий, выпускающих товары, являющиеся субститутами в производстве

(производимые с использованием однородных ресурсов и схожих технологий)». Строительный комплекс Н. А. Дубровский [5, с. 6] рассматривает как совокупность организаций различных отраслей, обеспечивающих строительство ресурсами, транспортными услугами, научно-исследовательскими, проектно-изыскательскими, опытно-конструкторскими работами и др. Г. И. Гануш и И. В. Кулага [6, с. 74] отмечают, что «строительный комплекс – это межотраслевая система, включающая совокупность предприятий и организаций, деятельность которых направлена на создание, реконструкцию и освоение объектов производственного и непроизводственного назначения».

С учетом представленных подходов можно констатировать, что строительный комплекс представляет собой группу взаимосвязанных материальными и финансовыми потоками организаций, в совокупности создающих конечный продукт в виде объектов строительства и выполняющих важные функции в решении социально-экономических и технических задач развития экономики. Рассматриваемая в исследовании экономика строительства включает в себя механизм организации строительства, структуру его управления, внутриотраслевые и межотраслевые пропорции, динамику и перспективы развития.

Строительный комплекс, потребляя продукцию, работы и услуги многих смежных отраслей и аккумулируя большинство инвестиций в основной капитал, является конечным участником в создании цепочек добавленной стоимости. Основу функционирования комплекса составляют взаимоотношения, возникающие между строительными организациями в рамках производства ими строительной продукции с учетом уровня развития инфраструктуры, а также основ функционирования рыночного механизма и осуществления государственного контроля. Вместе с тем реализация рыночных отношений в границах строительства имеет особенности, которые фактически можно разделить на три группы [7, с. 7–8]:

1) продукция строительства:

- неподвижность и территориальная закреплённость;
- большие размеры;
- широкий ассортимент (многообразие);
- многодетальность и сложность;
- материалоемкость и капиталоемкость;
- необходимость соблюдения специализированных условий производства;

2) процесс строительства:

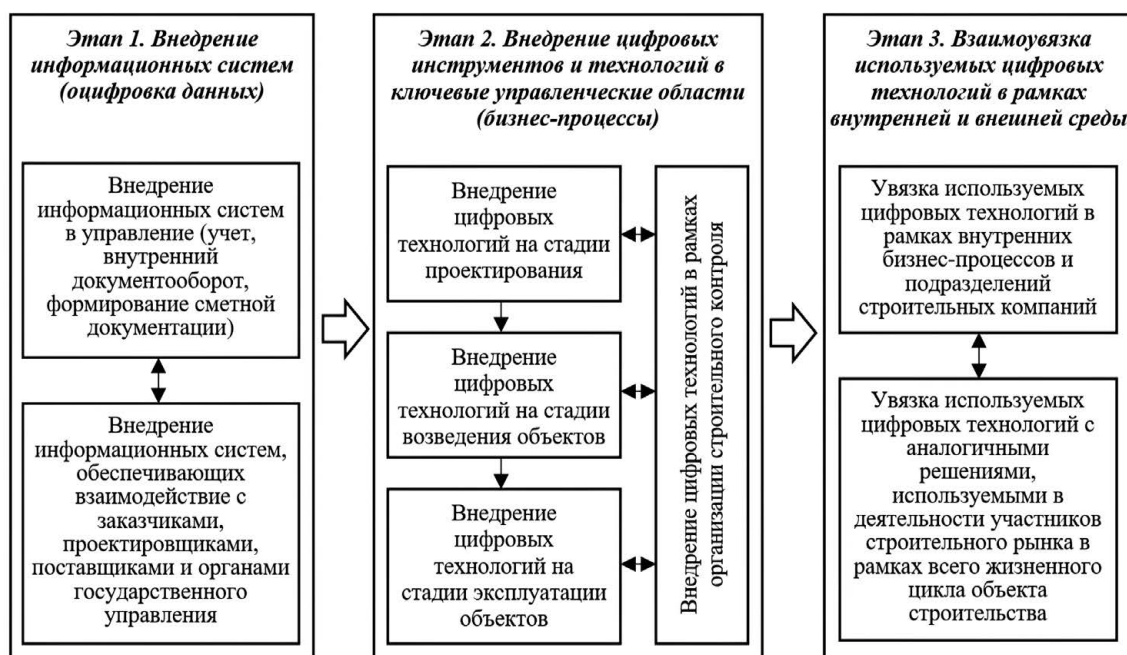
- передвижной характер ведения работ;
- влияние климатических, погодных и местных условий;
- большая длительность производственного цикла и высокие затраты на обеспечение своевременного проведения строительных работ;
- повышенные требования к квалификации работников;
- высокая потребность в своевременном инвестировании (минимизация вероятности наступления ситуации, характеризующейся недостаточностью финансирования);
- большой размер незавершенного строительного производства;

3) взаимодействие субъектов в рамках комплекса:

- большое количество и равные возможности для всех субъектов;
- договорной характер взаимодействия организаций в границах комплекса;
- индивидуальный характер цен на строительные услуги.

Кроме того, в процессе создания строительной продукции, продолжительность которого колеблется от нескольких месяцев до нескольких лет, конъюнктура рынка строительных работ претерпевает такие изменения, которые часто заставляют заказчика и подрядчика пересмотреть цели и тактику осуществления проекта. Поэтому особенностями такого рынка являются существенная вариативность и значительный уровень риска. В данном контексте цифровизация строительного комплекса выступает необходимым условием его стабильного и эффективного функционирования.

Эффективное внедрение цифровых технологий в работу строительного комплекса требует обязательного соблюдения определенного алгоритма действий, который представляет собой процесс цифровизации. Схематично процесс цифровизации строительного комплекса отражен на рис. 1 [8, с. 113].



**Рис. 1.** Процесс цифровизации строительного комплекса  
**Fig. 1.** The process of digitalization of the construction complex

Как видно из рис. 1, на первом этапе цифровизации осуществляется оцифровка данных посредством внедрения информационных систем в управление (учет, внутренний документооборот, формирование сметной документации) и область взаимодействия строительных организаций с заказчиками, проектировщиками, поставщиками и органами государственного управления. Прохождение второго этапа предусматривает внедрение цифровых технологий на всех стадиях жизненного цикла объекта строительства (проектирование, возведение и эксплуатация), а также в рамках проводимого строительного контроля. В результате прохождения данного этапа выполняется внутренняя цифровизация отдельных областей управления строительством в границах конкретных строительных компаний.

Третья стадия цифровизации предполагает «сшивку» (взаимоувязку) всех цифровых процессов в ходе передачи цифровой модели от одного участника другому, т. е. формирование системы, в рамках которой общие данные на разработку от заказчика поступают проектировщику, затем от проектировщика – контрольным органам и экспертам, в последующем для организации строительства – к подрядчикам, и по завершении строительства – в эксплуатирующую организацию. Для формирования итоговой цифровой модели комплекса важны первоначальная «сшивку» цифровых инструментов в рамках внутренних бизнес-процессов и подразделений строительных компаний и последующая «сшивку» цифровых технологий с аналогичными решениями, используемыми в деятельности участников строительного рынка в процессе жизненного цикла объекта строительства. При этом в условиях наличия четких требований к компонентам информационных моделей, программным интерфейсам обмена данными, объемам и содержанию передаваемой информации будет обеспечена интероперабельность созданной цифровой модели [8, с. 114].

Таким образом, цифровизация строительного комплекса требует последовательного прохождения трех ключевых этапов, предусматривающих постепенное внедрение цифровых технологий в деятельность строительных компаний и их взаимодействие между собой. Данный факт обуславливает необходимость формирования методики оценки, обеспечивающей возможность учета степени прохождения каждого из отмеченных этапов.

### Методика оценки уровня цифровизации строительной отрасли

С учетом отмеченной специфики цифровизации строительного комплекса, а также имеющихся методических основ оценки применения цифровых технологий в различных экономических системах, используемых международными компаниями (например, методики оценки цифровой

экосистемы (DECA), индекса цифровой экономики и общества (DESI), индекса цифровой эволюции (DEI), индекса цифровизации экономики Boston Consulting Group (e-Intensity) и др.), определение уровня цифровизации строительной отрасли предлагается производить по формуле

$$УЦ_{ст} = \frac{1}{3} УИД + \frac{1}{3} УЦУО + \frac{1}{3} УЦВ, \quad (1)$$

где  $УЦ_{ст}$  – уровень цифровизации строительства;  $УИД$  – уровень информатизации деятельности (использование классических информационных систем и инструментов) строительных организаций, %;  $УЦУО$  – уровень цифровизации ключевых управленческих областей (проектирование, возведение и эксплуатация объектов, контроль) строительных организаций, %;  $УЦВ$  – уровень цифрового взаимодействия строительных организаций в рамках внутренней и внешней среды, %.

Формула (1) учитывает ранее обозначенные этапы процесса цифровизации строительного комплекса и, следовательно, позволяет получить объективную оценку, наиболее полно учитывающую все области управления процессом строительства. Научная новизна методики заключается в ее формировании на основе специфики внедрения цифровых технологий в работу строительных организаций. В отличие от методик, используемых международными компаниями, предложенная автором позволяет проанализировать степень цифровизации конкретной отрасли и, наряду с оценкой применения отдельных цифровых инструментов, определить уровень цифрового взаимодействия строительных организаций с клиентами, поставщиками, государственными органами.

В (1) использованы обобщенные формулировки составляющих. В рамках проведенного исследования также рассматривались показатели, включаемые в выделенные составляющие и отражающие ранее обозначенную специфику процесса цифровизации транспортного комплекса. Так, уровень информатизации деятельности строительных организаций может быть рассчитан по формуле

$$УИД = \frac{1}{2} \frac{\sum_{i=1}^n УИД_{i_{внутр}}}{n} + \frac{1}{2} \frac{\sum_{i=1}^n УИД_{i_{внешн}}}{n}, \quad (2)$$

где  $УИД_{i_{внутр}}$ ,  $УИД_{i_{внешн}}$  – уровень информатизации деятельности внутренних подразделений и внешних связей  $i$ -й строительной организации соответственно, %;  $n$  – количество строительных организаций, функционирующих в рамках комплекса;  $i = 1, 2, \dots, n$  – порядковый номер строительной организации.

Показатели  $УИД_{i_{внутр}}$ ,  $УИД_{i_{внешн}}$  определяются из выражений:

$$УИД_{i_{внутр}} = \frac{\sum_{j=1}^m y_{ij_{внутр}} a_j}{\sum_{j=1}^m a_j}; \quad (3)$$

$$УИД_{i_{внешн}} = \frac{\sum_{j=1}^m y_{ij_{внешн}} a_j}{\sum_{j=1}^m a_j}, \quad (4)$$

где  $y_{ij_{внутр}}$ ,  $y_{ij_{внешн}}$  – уровень  $j$ -го показателя, установленный для  $i$ -й строительной организации для оценки информатизации внутренних подразделений и взаимодействия с внешней средой соответственно, %;  $m$  – количество оцениваемых показателей информатизации;  $j = 1, 2, \dots, m$  – порядковый номер показателя информатизации;  $a_j$  – вес  $j$ -го показателя.

Набор приведенных в (3), (4) характеристик может отражать все возможные критерии информатизации или лишь ключевые из них. Показатели, предлагаемые к оценке автором статьи, и их вес представлены в табл. 1. В состав данных характеристик были включены те из них, которые характеризуют степень использования наиболее распространенных и значимых информационных систем и программных решений. Применение предлагаемого перечня показателей позволит осуществлять максимально полный учет возможных инструментов информатизации при отсутствии перегруженности оценочной системы.

**Таблица 1.** Показатели, предлагаемые для оценки определения уровня информатизации деятельности строительных организаций  
**Table 1.** Indicators proposed for assessing the level of informatization of the activities of construction organizations

Обозначение показателя / Indicator designation	Наименование показателя / Name of indicator	Вес показателя / Indicator weight	Оценка уровня по показателю, % / Level assessment by indicator, %
<b>Информационные технологии во внутренних подразделениях</b>			
$Y_{i1\text{внутр}}$	Деятельность систем электронного документооборота	0,15	Устанавливается в границах 0–100 % в зависимости от степени использования каждого инструмента (например, при задействовании в электронном документообороте пяти управленческих областей и фактическом его применении исключительно в одной области уровень использования данного инструмента составит 20 %)
$Y_{i2\text{внутр}}$	Программные продукты для организации бухгалтерского и управленческого учета	0,10	
$Y_{i3\text{внутр}}$	ERP-системы		
$Y_{i4\text{внутр}}$	HRM-системы		
$Y_{i5\text{внутр}}$	EAM-системы		
$Y_{i6\text{внутр}}$	BPM-системы		
$Y_{i7\text{внутр}}$	Автоматизация формирования сметной документации	0,15	
$Y_{i8\text{внутр}}$	Автоматизация закупки строительных материалов (использование SCM-систем)	0,10	
$Y_{i9\text{внутр}}$	Автоматизация процессов принятия управленческих решений		
<b>Информационные технологии во взаимодействии с внешней средой</b>			
$Y_{i1\text{внешн}}$	CRM-системы	0,25	
$Y_{i2\text{внешн}}$	SRM-системы		
$Y_{i3\text{внешн}}$	Информационные системы и интернет-платформы государственных органов		
$Y_{i4\text{внешн}}$	Системы электронного документооборота или системы электронного обмена данными для взаимодействия с клиентами, поставщиками, государственными органами		

Установленные весовые показатели учитывают величину эффекта, возможного к получению при использовании отдельных информационных систем и инструментов. Так, наиболее существенный эффект будет наблюдаться при внедрении систем электронного документооборота за счет их влияния на бизнес-процессы и программные решения, позволяющие обеспечить автоматизацию формирования сметной документации ввиду существенных трудовых затрат на совершение соответствующих мероприятий. Поэтому для них был установлен повышенный вес. Автоматизация с помощью иных информационных систем приведет к получению примерно равного эффекта, что придает им равные весовые характеристики.

Уровень цифровизации ключевых управленческих областей строительных организаций предусматривает оценку использования цифровых инструментов на каждой из стадий жизненного цикла объекта строительства (проектирование, возведение и эксплуатация), а также в рамках строительного контроля. Данную составляющую можно вычислить по формуле

$$УЦУО = \frac{1}{4} \frac{\sum_{i=1}^n УЦУО_{i\text{проект}}}{n} + \frac{1}{4} \frac{\sum_{i=1}^n УЦУО_{i\text{возвед}}}{n} + \frac{1}{4} \frac{\sum_{i=1}^n УЦУО_{i\text{экспл}}}{n} + \frac{1}{4} \frac{\sum_{i=1}^n УЦУО_{i\text{контр}}}{n}, \quad (5)$$

где  $УЦУО_{i\text{проект}}$ ,  $УЦУО_{i\text{возвед}}$  – уровень использования цифровых технологий в  $i$ -й строительной организации на стадиях проектирования и возведения соответственно, %;  $n$  – количество строительных организаций, функционирующих в рамках комплекса;  $i = 1, 2, \dots, n$  – порядковый

номер строительной организации;  $УЦУО_{i_{\text{экспл}}}$ ,  $УЦУО_{i_{\text{контр}}}$  – уровень использования цифровых технологий в  $i$ -й строительной организации на стадии эксплуатации и в рамках строительного контроля, %.

Определить показатели из формулы (5) можно следующим образом:

$$УЦУО_{i_{\text{проект}}} = \frac{\sum_{z=1}^l k_{iz_{\text{проект}}} b_z}{\sum_{z=1}^l b_z}; \quad (6)$$

$$УЦУО_{i_{\text{возвед}}} = \frac{\sum_{z=1}^l k_{iz_{\text{возвед}}} b_z}{\sum_{z=1}^l b_z}; \quad (7)$$

$$УЦУО_{i_{\text{экспл}}} = \frac{\sum_{z=1}^l k_{iz_{\text{экспл}}} b_z}{\sum_{z=1}^l b_z}; \quad (8)$$

$$УЦУО_{i_{\text{контр}}} = \frac{\sum_{z=1}^l k_{iz_{\text{контр}}} b_z}{\sum_{z=1}^l b_z}, \quad (9)$$

где  $k_{iz_{\text{проект}}}$ ,  $k_{iz_{\text{возвед}}}$  – уровень  $z$ -го показателя, установленный для  $i$ -й строительной организации при оценке цифровизации проектирования и возведения объектов соответственно, %;  $l$  – количество оцениваемых показателей цифровизации;  $z = 1, 2, \dots, l$  – порядковый номер показателя цифровизации;  $b_z$  – вес  $z$ -го показателя цифровизации;  $k_{iz_{\text{экспл}}}$ ,  $k_{iz_{\text{контр}}}$  – уровень  $z$ -го показателя, установленный для  $i$ -й строительной организации при оценке цифровизации эксплуатации и контроля объектов соответственно, %.

Показатели, предлагаемые к оценке при определении уровня информатизации цифровизации ключевых управленческих областей с учетом их веса, отражены в табл. 2. Выбор показателей, оцениваемых при вычислении уровня цифровизации ключевых управленческих областей, осуществляется с учетом стадий жизненного цикла объекта строительства, а определение весовых коэффициентов – исходя из потенциального эффекта от применения конкретных цифровых инструментов. Наиболее высокие весовые характеристики были установлены для показателей, характеризующих использование BIM-моделирования на стадиях проектирования и строительства, что обусловлено высокой значимостью данных технологий и существенным вниманием к их внедрению со стороны государственных органов. Составляющую, обеспечивающую комплексную оценку уровня цифровизации экономики строительства в виде уровня цифрового взаимодействия строительных организаций во внутренней и внешней среде, можно рассчитывать по формуле

$$УЦВ = \frac{1}{2} \frac{\sum_{i=1}^n УЦВ_{i_{\text{ув.внутр}}}}{n} + \frac{1}{2} \frac{\sum_{i=1}^n УЦВ_{i_{\text{ув.внешн}}}}{n}, \quad (10)$$

где  $УЦВ_{i_{\text{ув.внутр}}}$  – степень «сшивки» (взаимувязки) используемых  $i$ -й строительной организацией цифровых технологий во внутренних бизнес-процессах, %;  $n$  – количество строительных организаций, функционирующих в рамках комплекса;  $i = 1, 2, \dots, n$  – порядковый номер строительной организации;  $УЦВ_{i_{\text{ув.внешн}}}$  – степень «сшивки» (взаимувязки) используемых  $i$ -й строительной организацией цифровых технологий с аналогичными решениями, применяемыми в деятельности иных участников строительного рынка.

**Таблица 2.** Показатели, предлагаемые к оценке при определении уровня цифровизации ключевых управленческих областей  
**Table 2.** Indicators proposed for assessment when determining the level of digitalization of key management areas

Обозначение показателя / Indicator designation	Наименование показателя / Name of indicator	Вес показателя / Indicator weight	Оценка уровня по показателю, % / Level assessment by indicator, %
<b>Оценка внедрения цифровых технологий на стадии проектирования</b>			
$k_{i1_{\text{проект}}}$	ВМ-моделирование на стадии проектирования	0,40	Устанавливается в границах 0–100 % в зависимости от степени использования каждого вида цифровых технологий (например, при ВМ-моделировании на стадии проектирования в рамках половины из выполняемых работ уровень по данному показателю составит 50 %; а при GPS-трекинге исключительно для контроля перемещения техники без контроля сотрудников и перемещения инвентаря уровень по этим показателям составит 30 %)
$k_{i2_{\text{проект}}}$	GIS на стадии проектирования	0,20	
$k_{i3_{\text{проект}}}$	Цифровые технологии при проведении сметных расчетов		
$k_{i4_{\text{проект}}}$	Цифровые технологии при оценке эффективности строительных проектов		
<b>Оценка внедрения цифровых технологий на стадии возведения объектов</b>			
$k_{i1_{\text{возвед}}}$	ВМ-моделирование на стадии строительства	0,40	Устанавливается в границах 0–100 % в зависимости от степени использования каждого вида цифровых технологий (например, при ВМ-моделировании на стадии проектирования в рамках половины из выполняемых работ уровень по данному показателю составит 50 %; а при GPS-трекинге исключительно для контроля перемещения техники без контроля сотрудников и перемещения инвентаря уровень по этим показателям составит 30 %)
$k_{i2_{\text{возвед}}}$	Цифровые технологии для поиска и подбора материалов и поставщиков	0,20	
$k_{i3_{\text{возвед}}}$	Цифровые технологии для мониторинга актуального состояния цен		
$k_{i4_{\text{возвед}}}$	Автоматизация доступа сотрудников на объект		
<b>Оценка внедрения цифровых технологий на стадии эксплуатации объектов</b>			
$k_{i1_{\text{экспл}}}$	ВМ-моделирование на стадии эксплуатации	0,20	Устанавливается в границах 0–100 % в зависимости от степени использования каждого вида цифровых технологий (например, при ВМ-моделировании на стадии проектирования в рамках половины из выполняемых работ уровень по данному показателю составит 50 %; а при GPS-трекинге исключительно для контроля перемещения техники без контроля сотрудников и перемещения инвентаря уровень по этим показателям составит 30 %)
$k_{i2_{\text{экспл}}}$	Цифровые технологии для управления инженерными системами на объектах		
$k_{i3_{\text{экспл}}}$	Цифровые технологии в рамках взаимодействия с собственниками		
$k_{i4_{\text{экспл}}}$	Технологии для учета потребления ресурсов		
$k_{i5_{\text{экспл}}}$	Цифровые технологии для управления доступом собственников к объектам		
<b>Оценка внедрения цифровых технологий при организации контроля</b>			
$k_{i1_{\text{контр}}}$	ВМ-моделирование для контроля	0,20	Устанавливается в границах 0–100 % в зависимости от степени использования каждого вида цифровых технологий (например, при ВМ-моделировании на стадии проектирования в рамках половины из выполняемых работ уровень по данному показателю составит 50 %; а при GPS-трекинге исключительно для контроля перемещения техники без контроля сотрудников и перемещения инвентаря уровень по этим показателям составит 30 %)
$k_{i2_{\text{контр}}}$	Цифровые технологии для внутренней системы контроля (мониторинг, наблюдение, выявление недостатков и их учет)		
$k_{i3_{\text{контр}}}$	Цифровые технологии для контроля рабочего времени		
$k_{i4_{\text{контр}}}$	GPS-трекинг для контроля перемещения сотрудников, инвентаря и техники		
$k_{i5_{\text{контр}}}$	Цифровые технологии в границах государственного строительного контроля		

Приведенные в (10) показатели определяются следующим образом:

$$\text{УЦВ}_{i_{\text{ув.внутр}}} = \frac{\sum_{p=1}^s x_{ip_{\text{ув.внутр}}} c_p}{\sum_{p=1}^s c_p}; \quad (11)$$

$$\text{УЦВ}_{i_{\text{ув.внешн}}} = \frac{\sum_{p=1}^s x_{ip_{\text{ув.внешн}}} c_p}{\sum_{p=1}^s c_p}, \quad (12)$$



где  $x_{ip_{ув.внутр}}$  – уровень  $p$ -го показателя «сшивки» (взаимоувязки), установленный для  $i$ -й строительной организации при оценке внутренних бизнес-процессов, %;  $s$  – количество оцениваемых показателей «сшивки»;  $p = 1, 2, \dots, s$  – порядковый номер показателя «сшивки»;  $c_p$  – вес  $p$ -го показателя «сшивки»;  $x_{ip_{ув.внешн}}$  – уровень  $p$ -го показателя «сшивки», установленный для  $i$ -й строительной организации при взаимодействии с аналогичными решениями, применяемыми в деятельности иных участников строительного рынка, %.

Совокупность показателей, предлагаемых к оценке при определении уровня цифрового взаимодействия с учетом их весовых коэффициентов, представлена в табл. 3.

**Таблица 3.** Показатели, предлагаемые к оценке при определении уровня цифрового взаимодействия  
**Table 3.** Indicators proposed for assessment when determining the level of digital interaction

Обозначение показателя / Indicator designation	Наименование показателя / Name of indicator	Вес показателя / Indicator weight	Оценка уровня по показателю, % / Level assessment by indicator, %
Степень «сшивки» (взаимоувязки) используемых цифровых технологий во внутренних бизнес-процессах			
$x_{i1_{ув.внутр}}$	Наличие единой системы, предоставляющей возможность использования всех цифровых инструментов	0,20	Устанавливается в границах 0–100 % в зависимости от степени использования цифровых технологий в рамках цифрового взаимодействия (например, при BIM-моделировании на двух стадиях строительства (проектирование, возведение) устанавливается уровень 50 %, на трех (проектирование, возведение, контроль) – 75 %)
$x_{i2_{ув.внутр}}$	BIM-моделирование на всех стадиях строительства	0,40	
$x_{i3_{ув.внутр}}$	Перевод взаимодействия сотрудников в цифровой формат, обеспечение цифрового доступа ко всем необходимым файлам	0,20	
$x_{i4_{ув.внутр}}$	Автоматизация внесения изменений, обеспечивающая единый ввод и дальнейшую автоматическую корректировку всех систем		
Степень «сшивки» (взаимоувязки) используемых цифровых технологий с аналогичными решениями, применяемыми в деятельности иных участников строительного рынка			
$x_{i1_{ув.внешн}}$	Цифровые технологии при взаимодействии с клиентами, поставщиками и государственными органами на всех этапах жизненного цикла объекта строительства	0,40	
$x_{i2_{ув.внешн}}$	Автоматизация электронного обмена данными для взаимодействия с клиентами, поставщиками, государственными органами	0,30	
$x_{i3_{ув.внешн}}$	Цифровые инструменты для актуализации цен, тарифов, курсов		

Весовые коэффициенты  $c_p$  определяли исходя из потенциального эффекта, возможного к получению от каждого варианта «сшивки» (взаимоувязки) цифровых инструментов. Так, с учетом того, что внедрение BIM-технологий, в том числе через создание информационных систем для поддержки жизненного цикла зданий и сооружений во взаимодействии с информационной моделью BIM, в настоящее время выступает ключевым направлением цифровизации, развиваемым со стороны государства и поддерживаемым на уровне нормативной базы. Этому показателю был установлен вес 0,40. Аналогичная весовая характеристика присвоена показателю «Цифровые технологии при взаимодействии с клиентами, поставщиками и государственными органами на всех этапах жизненного цикла объекта строительства», поскольку установление такого факта свидетельствует о полной цифровой интеграции строительной компании во внешнюю среду.

Важно подчеркнуть, что при расширении представленного перечня иными показателями или установлении дополнительных эффектов от использования какого-либо инструмента цифровизации весовые характеристики могут быть пересмотрены. Единственным ограничением является применение нового варианта расчета для всех сопоставляемых объектов.

Расчет итогового показателя по формуле (1) позволит установить уровень цифровизации строительной отрасли, отражающий степень использования цифровых технологий и обеспечения цифрового взаимодействия в строительных организациях в целом по стране. В данном контексте установление величины в 10 % будет означать, что в среднем лишь 10 % строительных компаний реально используют современные технологии в своей текущей деятельности, и соответственно получение 100 % будет означать, что цифровые технологии составляют основу для принятия управленческих решений и организации процесса строительства во всех строительных организациях. Обоснование достаточности уровня цифровизации строительной отрасли при этом является весьма субъективным, однако в целом говорить о приемлемой его величине можно при достижении уровня 50 %, который может быть сопоставлен с уровнем цифровизации иных отраслей, а также со степенью цифровизации строительства в других странах.

Предлагаемая методика выступает базовым вариантом, который может трансформироваться (дополняться или сужаться) при изменении условий функционирования строительных компаний. Оценка уровня цифровизации в границах предложенной методики обеспечивает определение степени цифровизации отдельных строительных организаций с возможностью последующего установления общего уровня использования цифровых технологий в строительном комплексе. При этом с учетом многокомпонентности интегрального показателя подробный анализ полученных значений позволяет дополнительно определять, на каком этапе перехода к цифровой модели находятся компании и какие управленческие области или внешние взаимосвязи все еще не затронуты цифровыми инструментами.

### Заключение

1. В процессе исследования обоснована методика оценки уровня цифровизации строительного комплекса, предусматривающая последовательную оценку степени использования строительными организациями цифровых технологий на каждом этапе перехода к цифровой модели функционирования. Обоснование методики производилось с учетом имеющейся специфики цифровизации строительного комплекса, а также существующих подходов к оценке уровня использования цифровых технологий в различных экономических системах, предлагаемых международными компаниями.

2. Новизна предложенного методического подхода заключается в адаптации классических научных подходов к специфике строительного комплекса с одновременным обоснованием оценочной системы, позволяющей не только установить общий уровень цифровизации, но и выявить наименее цифровизированные области, а также определить, на каком этапе перехода к цифровой модели находятся отдельные строительные организации.

### Список литературы

1. Ежова, В. А. Теория отраслевых рынков / В. А. Ежова. СПб.: Санкт-Петерб. гос. технол. ун-т растит. полим., 2015. 40 с.
2. Кириченко, Л. П. Теория отраслевых рынков / Л. П. Кириченко, Т. В. Возбранная. Комсомольск-на-Амуре: Комс.-на-Амуре гос. техн. ун-т, 2012. 163 с.
3. Кияткина, Е. П. Экономика строительства / Е. П. Кияткина, С. В. Федорова. Самара: Самар. гос. строит.-арх. ун-т, 2011. 71 с.
4. Привалова, Н. В. Определение структуры отраслевого рынка / Н. В. Привалова // Национальные экономические системы в контексте формирования глобального экономического пространства: сб. науч. тр. Симферополь: Крымск. инж.-педаг. ун-т им. Февзи Якубова, 2019. С. 324–327.
5. Дубровский, Н. А. Экономика строительства / Н. А. Дубровский. Новополоцк: Полоцк. гос. ун-т им. Ефросинии Полоцкой, 2009. 336 с.
6. Гануш, Г. И. Национальная экономика Беларуси. Практикум / Г. И. Гануш, И. В. Кулага. Минск: Белор. гос. аграр. техн. ун-т, 2021. 136 с.
7. Мищенко, А. С. Обеспечение сбалансированного экономического роста строительного комплекса Республики Беларусь / А. С. Мищенко. Минск: Белор. гос. экон. ун-т, 2021. 26 с.
8. Мищенко, А. С. Ключевые барьеры и перспективная модель цифровизации строительства / А. С. Мищенко // Белорусский экономический журнал. 2023. № 1. С. 104–116.

## References

1. Ezhova V. A. (2015) *The Theory of Industry Markets*. Saint Petersburg, Saint Petersburg State Technological University of Plant Polymers. 40 (in Russian).
2. Kirichenko L. P., Vozbrannaya T. V. (2012) *Theory of Branch Markets*. Komsomolsk-na-Amure, Komsomolsk-na-Amure State University. 163 (in Russian).
3. Kiyatkina E. P., Fedorova S. V. (2011) *Economics of Construction*. Samara, Samara State University of Architecture and Civil Engineering. 71 (in Russian).
4. Privalova N. V. (2019) Determination of the Structure of the Sectoral Market. *National Economic Systems in the Context of the Formation of the Global Economic Space, Sb. Nauch. Tr.* Simferopol, Crimean State Engineering Pedagogical University. 324–327 (in Russian).
5. Dubrovskii N. A. (2009) *Economics of Construction*. Novopolotsk, Euphrosyne Polotskaya State University of Polotsk. 336 (in Russian).
6. Ganush G. I., Kulaga I. V. (2021) *National Economy of Belarus. Workshop*. Minsk, Belarusian State Agrarian Technical University. 136 (in Russian).
7. Mishhenko A. S. (2021) *Ensuring Balanced Economic Growth of the Construction Complex of the Republic of Belarus*. Minsk, Belarusian State Economic University. 26 (in Russian).
8. Mishchenko A. S. (2023) Key Barriers and a Promising Model of Construction Digitalization. *Belarusian Economic Journal*. (1), 104–116 (in Russian).

## Сведения об авторе

**Мищенко А. С.**, к. э. н., доцент кафедры организации и управления Белорусского государственного экономического университета

## Адрес для корреспонденции

220020, Республика Беларусь,  
г. Минск, ул. Камайская, 12–74  
Тел.: +375 29 648-25-75  
E-mail: 6482575@mail.ru  
Мищенко Артём Сергеевич

## Information about the author

**Mishchenko A. S.**, Cand. of Sci., Associate Professor at the Department of Organization and Management of the Belarusian State Economic University

## Address for correspondence

220020, Republic of Belarus,  
Minsk, Kamayskaya St., 12–74  
Tel.: +375 29 648-25-75  
E-mail: 6482575@mail.ru  
Mishchenko Artem Sergeevich