

УДК 332.8

© А. О. Березин, д-р экон. наук, доцент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет,
Санкт-Петербург, Россия)
E-mail: berezingasu@yandex.ru

DOI 10.23968/1999-5571-2024-21-1-120-127

© A. O. Berezin, Dr. Sci. Ec., Associate Professor
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering,
St. Petersburg, Russia)
E-mail: berezingasu@yandex.ru

ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ СФЕРЫ СТРОИТЕЛЬСТВА И ЖКХ

FEATURES OF MODELING THE PROCESS OF DIGITAL TRANSFORMATION AT ENTERPRISES IN THE FIELD OF CONSTRUCTION AND HOUSING AND COMMUNAL SERVICES

Рассмотрен подход к трансформации бизнес-процессов строительного предприятия с учетом комплементарности предполагаемых изменений. Предложена пошаговая методика выбора цифровых инструментов для осуществления мероприятий по цифровой трансформации строительной организации. Данная методика основана на применении инструментария матрицы изменений, которая учитывает факторы, сдерживающие развитие предприятия и целевые трансформации.

Ключевые слова: цифровая трансформация, матрица изменений, реструктуризация бизнес-процессов строительного предприятия, целевые трансформации.

The article considers an approach to transforming the business processes of a construction enterprise, taking into account the complementarity of the proposed changes. A step-by-step methodology for choosing digital tools for the implementation of measures for the digital transformation of a construction organization is proposed. This methodology is based on the use of tools of the state transition matrix, which takes into account the factors hindering the development of the enterprise and targeted transformations.

Keywords: digital transformation, state transition matrix, restructuring of business processes of a construction company, targeted transformations.

Введение

В настоящее время появляется достаточное количество инструментов цифровизации различных сфер деятельности строительных организаций и предприятий в сфере жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ). Эти цифровые инструменты затрагивают разные области функционирования: производство, сбыт, взаимоотношения с клиентами, управление персоналом, логистику и т. д. Очень часто цифровую трансформацию проводят на предприятиях определенными этапами, с применением широкого спектра программного обеспечения и различных технологий (например, BIM-моделирование, искусственный интеллект, BIG-Data, 3D-печать и 3D-сканирование, дроны, ро-

боты, «умные» датчики и т. д.), что требует соответствующей подготовки организации к цифровой трансформации, а также решения проблемы выбора наиболее приоритетных и эффективных цифровых решений.

Внедрение цифровых технологий в сфере строительства и ЖКХ зачастую сталкивается со множеством различных проблем, таких как проблемы с персоналом (дополнительное обучение, повышение квалификации и т. д.) с постановкой четкой цели для достижения заданного результата, определением сроков внедрения IT-решений и т. д. [1].

Проблема активного перехода строительных предприятий и организаций жилищно-коммунального хозяйства на цифровой путь развития заключается в слабой и формаль-

ной проработке методики перехода архитектуры предприятий строительства и ЖКХ от текущего состояния к целевому. Внедряя «цифру» в организациях вышеуказанных сфер, следует помнить о том, что успех подобного внедрения зависит не только от ключевых бизнес-процессов, но и от других направлений: кадровой политики, особенностей развития корпоративной культуры, исторического ядра организации и др. [2].

При внедрении цифровых инструментов, особенно в крупных строительных организациях и на предприятиях сферы ЖКХ, сложность заключается в наличии большого числа существующих организационно-управленческих моделей, что затрудняет процесс применения элементов и методов цифровизации в практической деятельности.

Методы

В научной литературе, посвященной построению рациональной архитектуры организации [3, 4], часто отмечается важность принятия во внимание различных моделей взаимодействия между элементами структуры управления трансформируемого предприятия. Следует отметить, что при внедрении трансформационных мероприятий сложно учесть такое взаимодействие. Мы предлагаем использовать подходы, разработанные в теории управления комплементарными активами¹.

Одним из таких подходов является матрица изменений Э. Бриньолфссона — это эффективный инструмент управления изменениями организации на основе теории комплементарных активов [5]. Эта матрица представляет собой графическое отражение и закрепление факторов, влияющих на выполнение бизнес-процессов и целей функционирования, кроме этого, она позволяет

учитывать взаимосвязи между различными бизнес-процессами и выявлять эффект синергии от этого взаимодействия.

С целью визуализировать сам процесс цифровизации и создать базу для поиска оптимальной последовательности изменений при цифровой трансформации предприятия постараемся математически формализовать процесс цифровой трансформации предприятий сферы строительства и ЖКХ, а также сформулировать соответствующие варианты построения оптимальной цифровой структуры.

Для построения матрицы изменений (матрицы трансформаций) в рамках организационной структуры следует описать инструментарий с позиции данных и ограничений, которые в нем содержатся, а также приемов, необходимых для его практического применения [5, 6].

На этапе построения трансформационной матрицы будет задано два множества (рис. 1):

1. Факторы, оказывающие влияние на выполнение бизнес-процессов — отражены в горизонтальной треугольной матрице, которая создается на основе описания действующих бизнес-процессов (механизмов) на предприятии и позволяет выявить элементы бизнес-процессов дополняющего и конкурирующего характера. Так, элементы дополняющего характера способствуют улучшению в работе предприятия, а элементы конкуренции (конкурирующего характера) определяют некие барьеры в рамках эффективного функционирования. Треугольная решетка матрицы объединяет все основные элементы бизнес-процессов в матрицу взаимодействия и в точке их «пересечения» знак «+» обозначает, что элементы являются дополняющими, а знак «-» говорит о том, что элементы являются конкурирующими.

2. Целевые трансформации — отражены в вертикальной треугольной матрице. Аналогичным образом строится вертикаль-

¹ Комплементарные активы — это активы, дополняющие друг друга таким образом, что увеличение одного актива увеличивает эффект от инвестиций в другой. Комплементарные активы взаимно увеличивают эффективность друг друга (complementary — англ., взаимодополняющий).

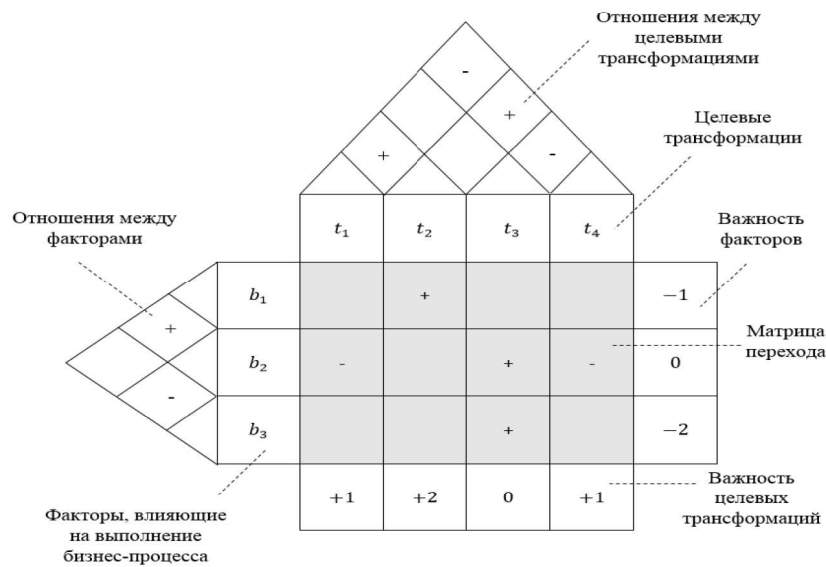


Рис. 1. Макет матрицы трансформаций (изменений)

ная треугольная матрица для планируемых трансформаций бизнес-процессов.

Для большего понимания предлагаемого инструмента рассмотрим формирование такой матрицы по шагам.

Шаг 1. Определение критических процессов. Для формирования множества факторов, влияющих на бизнес-процессы на предприятиях строительства и ЖКХ, необходимо определить список существующих задач и целей, а также наиболее важных элементов (ресурсов) в ключевых бизнес-процессах организации. В таких бизнес-процессах выделяются критически важные моменты, оказывающие влияние на выполнение поставленных задач и целей, которые формируются на основании уже ранее действующих механизмов и определенной последовательности их функционирования. Приведем пример. Основным фактором, который будет способствовать сдерживанию эффективного развития строительного производства в рамках бизнес-процесса «Производство строительных работ», станут следующие элементы: высокий уровень затрат на ремонт строительных машин и механизмов, а также непредвиденные затраты в рамках выполнения строительно-монтажных

работ, зачастую связанных с ненадлежащим качеством строительным материалов (рис. 2).

Шаг 2. Определение системы взаимодействий (матрицы взаимодействий). Составляется перечень необходимых трансформаций (изменений) в существующих бизнес-процессах для достижения поставленных целей и задач с учетом потенциала организации, а также эффективных/неэффективных элементов бизнес-процессов.

Треугольная решетка матрицы способствует объединению различных бизнес-процессов в общую матрицу взаимодействия таковых. Знак «+», или точка их так называемого пересечения, свидетельствует о том, что такое взаимодействие — дополняющее. Знак «-» будет означать, что влияние бизнес-процессов друг на друга носит конкурирующий характер.

Применительно к цифровой трансформации в организации в матрице изменений взаимодействия между внедряемыми элементами цифровой структуры описываются следующими отношениями:

1) «+» между элементами множества цифровых инструментов обозначает, что соответствующие инструменты взаимно усили-

Факторы, влияющие на выполнение бизнес-процесса	Гибкая организация (адаптивность)		Контроль качества (требование к материалам, продукции, работам)	Устранение затрат, не приносящих добавочную стоимость		Степень важности
	Универсальное оборудование	Повышение ответственности, снижение уровней управления, делегирование	Внедрение адаптивной системы оплаты труда	Оптимизация запасов (контроль)	Оптимизация АУП	
Повышенный износ техники		-				1
Неполная загрузка оборудования/техники	+		-		-	1
Нарушение сроков выполнения работ	+	+			-	2
Излишки запасов материалов, готовой продукции, незавершенных работ			+	+		1
Несоответствия квалификации и заработной платы		+	+			2
Многочисленность уровней управления (сложность документооборота)		-		-	+	1
Степень важности	2	1	2	1	1	

Рис. 2. Пример матрицы трансформаций для строительной организации*

* Степень важности определяется на основании текущего положения организации и целей цифровой трансформации.

вают друг друга; соответствующие изменения называются комплементарными;

2) «-» между элементами множества цифровых инструментов обозначает, что соответствующие инструменты взаимно ослабляют друг друга; соответствующие изменения называются конкурирующими.

Если взаимодействия между цифровыми инструментами не определены, такие изменения называются независимыми.

Шаг 3. Построение матрицы переходных взаимодействий. Данную матрицу также называют «матрица переходного состояния», визуально она представляет собой прямоугольную матрицу с объединенными в ней вертикальными и горизонтальными матрицами взаимодействий и позво-

ляет определить уровень сложности при переходе от существующего бизнес-процесса к целевому. Создание подобной матрицы и ее положительное влияние заключаются в том, что этот инструмент помогает проследить этапы трансформации от существующих бизнес-процессов и инструментов к внедряемым.

Множество трансформаций, двигаясь от первоначального состояния к целевому, вызывают противоречие и являются конкурирующими (см. рис. 2). Например, многочисленные уровни управления противоречат повышенному уровню ответственности или несоответствие календарных сроков выполнения работ вступает в противоречивое состояние с оптимизационными мероприя-

тиями АУП организаций сферы строительства и ЖКХ. Решение задачи по устранению подобных противоречий приведет к дополнительным расходам. Подобная ситуация должна быть учтена при моделировании проекта цифровой трансформации и внедрения цифровых инструментов.

Шаг 4. Оценка процесса трансформации. Каждое целевое изменение оценивается по определенной шкале, согласно которой +2 — трансформация крайне важна (оптимально организованный бизнес-процесс); +1 — трансформация важна; 0 — изменения незначительны (можно пренебречь); -1 — трансформация создает некоторые трудности в эффективной организации бизнеса, ее желательно заменить / изменить; -2 — трансформация создает существенные трудности в организации успешного бизнеса, ее необходимо заменить / изменить (см. рис. 2).

Результаты

Для того чтобы понять, какие трансформации наиболее целесообразны и какие цифровые инструменты можно использовать для достижения поставленных целей и задач, применим инструментарий теории множеств [7, 8].

Обозначим множество факторов, оказывающих влияние на бизнес-процессы организаций строительства и ЖКХ как множество $B: B = \{b_1, \dots, b_n\}$, где n — количество факторов влияния.

Множество целевых трансформаций $T = \{t_1, \dots, t_m\}$, где m — количество целевых изменений.

Для элементов множества B отношения заданы горизонтальной треугольной матрицей (на рис. 2 — слева). Для элементов множества T отношения заданы вертикальной треугольной матрицей (на рис. 2 — вверху).

Те или иные факторы оказывают влияние (взаимодействуют) на целевые трансформации. Эти отношения заданы прямоугольной матрицей (на рис. 2 — в центре).

Каждому такому взаимодействию в матрице приписывается степень важности по шкале от -2 до +2.

Пусть степени важности изменений множеств B и T заданы множествами V_b и V_t соответственно:

$$V_b = \{v_1, \dots, v_n\}, \quad (1)$$

$$V_t = \{v_1, \dots, v_m\}. \quad (2)$$

Множество всех изменений, входящих в матрицу изменений, будем обозначать X : $X = B \cup T = \{x_1, \dots, x_{n+m}\}$.

В процессе анализа подходов, которые учитываются в рамках работы с матрицей трансформаций, необходимо помнить, что определенные решения, принимаемые на ее основе, должны быть подкреплены перечнем дополнительных данных, отсутствующих в самой матрице. Подобными данными могут быть следующие [5, 9, 10]:

- порядок выполнения трансформаций, существующий для некоторых изменений (примеры: «переходить к запасам точно в срок необходимо до приобретения более универсального оборудования», «невозможно делегировать рабочим больше ответственности, когда надзор за ними осуществляется на всех уровнях»);

- степень взаимодействия между изменениями (для выделения в дальнейшем блоков цифровых изменений, которые необходимо внедрять или удалять одновременно).

Далее необходимо подобрать цифровые инструменты, которые смогут максимизировать эффективность бизнес-процессов, а именно учесть максимальное снижение влияния негативных факторов B и максимально учесть важность целевых трансформаций T (см. таблицу).

Требуемый уровень необходимости проведения цифровой трансформации определяется путем перемножения степени важности факторов, влияющих на выполнение бизнес-процессов, и данных, представленных в матрице изменений [11, 12]:

$$U_T = \sum t_i \times v_i, \quad (3)$$

Определение степени необходимости цифровой трансформации

Факторы, влияющие на выполнение бизнес-процесса	Гибкая организация (адаптивность)		Контроль качества (требования к материалам, продукции, работам)	Устранение затрат, не приносящих добавочную стоимость		Степень важности	Уровень необходимости трансформации с учетом комплементарности (некомплементарности) цифровых инструментов (U_B)
	универсальное оборудование	повышение ответственности, снижение уровней управления, делегирование		внедрение адаптивной системы оплаты труда	оптимизация запасов (контроль)		
Повышенный износ техники		-1				1	-1
Неполная загрузка оборудования/техники	1		-1		-1	1	-1
Нарушения сроков выполнения работ	2	1			-1	2	4
Излишки запасов материалов, готовой продукции, незавершенных работ			1	1		1	2
Несоответствие квалификации и заработной платы		2	2			2	8
Многочисленность уровней управления (сложность документооборота)		-1		-1	2	1	0
Степень важности	2	1	2	1	1		
Уровень важности наиболее приоритетных направлений трансформации (U_T)	6	1	4	0	0		

$$U_B = \sum b_i \times v_i \quad (4)$$

Из таблицы видно, что наиболее приоритетным направлением трансформации является приобретение универсального оборудования, а квалификация не соответствует заработной плате. Из этого следует, что руководству предприятия необходимо подбирать такие цифровые инструменты, которые будут направлены на оптимизацию и учет работы универсального оборудования, а также учитывать (контролировать) соответствие квалификации работников и выплачиваемой им заработной платы.

Выводы

Рассмотренный метод позволяет в некоторой степени оценить цифровую зрелость

и готовность строительной организации к цифровой трансформации. Предлагаемые в статье подходы помогают более четко сформулировать цели и обозначить проблемы, которые должны решаться посредством применения цифровых инструментов при проведении мероприятий по цифровой трансформации бизнес-процессов на предприятиях сферы строительства и жилищно-коммунального хозяйства.

Предложенный вариант моделирования перехода «на цифру» позволяет строительной организации лучше понять процессы цифровой трансформации и точнее спрогнозировать затраты и сроки планируемых мероприятий, тем самым обеспечить допол-

нительную экономию трудовых и временных ресурсов.

Библиографический список

1. Березин А. О., Курзин А. Е. Трансформация строительного сектора при использовании цифровых технологий (технологий BIG-DATA) // Экономика и предпринимательство. 2021. № 9 (134). С. 922–926.
2. Березин А. О., Козаков Р. Р. Конкурентоспособность строительной организации в эпоху цифровой экономики // Экономика и предпринимательство. 2021. № 11 (136). С. 905–909.
3. Лэдсон Л. Оптимизация больших систем. М.: Наука, 1975. 432 с.
4. Тейл Г. Экономические прогнозы и принятие решений. М.: Статистика, 1970. 487 с.
5. Агиевич В. А., Гимранов Р. Д., Скрипкин К. Г. Матрица изменений Бриньолфссона как инструмент планирования архитектуры предприятия // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2022. № 2 (18). С. 785–794.
6. Березин А. О., Ермакова М. Ю. Использование цифровых инструментов при реализации проектов в сфере строительства и ЖКХ. СПб.: Изд-во СПбГЭУ, 2023. 126 с.
7. Матрица изменений — инструмент управления трансформацией компании. URL: <https://quality.eup.ru/MATERIALY9/matrixizm.html> (дата обращения: 10.08.2023).
8. Массе П. Критерии и методы оптимального определения капитальных вложений. М.: Статистика, 1971. 501 с.
9. Berezin A., Ablyazov T. The digital twin formation of a building company based on a systematic approach, Proceedings of the 34th International Business Information Management Association Conference – Vision 2020: Sustainable Economic Development and Application of Innovation Management from Regional expansion to Global Growth, 13-14 November 2019, pp. 10069–10079.
10. Asaul V. V., Berezin A. O. Increasing the competitiveness of construction companies in the field of housing construction by optimizing the fleet of construction equipment // International Journal of Civil Engineering and Technology. 2018. Т. 9, № 8. Pp. 404–416.
11. Замышляев О. Матрица перемен. Как повысить эффективность изменений в компании. М.: Альпина Паблишер, 2014. 126 с.
12. Адигамова А. Э., Жевнеров В. А., Редкозубов С. А. Алгоритмы решения некоторых основных классов задач оптимизации больших систем. Препринт. М.: Горная книга, 2012.

References

1. Berezin A. O., Kurzin A. E. Transformatsiya stroitel'nogo sektora pri ispol'zovanii tsifrovyykh tekhnologii (tekhnologiiy BIG-DATA) [Transformation of the construction sector when using digital technologies (BIG-DATA technologies)]. *Ekonomika i predprinimatel'stvo – Economy and entrepreneurship*, 2021, no. 9 (134), pp. 922–926.
2. Berezin A. O., Kozakov R. R. Konkurentosposobnost' stroitel'noy organizatsii v epokhu tsifrovoy ekonomiki [Competitiveness of a construction organization in the era of digital economy]. *Ekonomika i predprinimatel'stvo – Economy and entrepreneurship*, 2021, no. 11 (136), pp. 905–909.
3. Ledson L. Optimizatsiya bol'shikh sistem [Optimization of big-sized systems]. Moscow, Nauka Publ., 1975, 432 p.
4. Teyl G. Ekonomicheskie prognozy i prinyatie resheniy [Economic forecasts and decision making]. Moscow, Statistika Publ., 1970, 487 p.
5. Agievich V. A., Gimranov R. D., Skripkin K. G. Matritsa izmeneniy Brinyolfssona kak instrument planirovaniya arkhitektury predpriyatiya [State transition matrix of Brynjolfsson as a tool for planning the enterprise architecture]. *Sovremennye informatsionnye tekhnologii i IT-obrazovanie – Modern Information Technologies and IT-Education*, 2022, no. 2 (18), pp. 785–794.
6. Berezin A. O., Ermakova M. Yu. Ispol'zovanie tsifrovyykh instrumentov pri realizatsii projektov v sfere stroitel'stva i ZhKKh [Utilization of digital tools in the implementation of projects in the sphere of construction and housing and communal services]. St. Petersburg, SPbGEU Publ., 2023, 126 p.
7. Matritsa izmeneniy — instrument upravleniya transformatsiey kompanii [State transition matrix as a tool for managing the transformation of the company]. Available at: <https://quality.eup.ru/MATERIALY9/matrixizm.html> (accessed: 10.08.2023).
8. Masse P. Kriterii i metody optimal'nogo opredeleniya kapital'nykh vlozheniy [Criteria and methods of optimal determination of capital investments]. Moscow, Statistika Publ., 1971, 501 p.
9. Berezin A., Ablyazov T. The digital twin formation of a building company based on a systematic approach. *Proceedings of the 34-th International Business Information Management Association Conference - Vision 2020: Sustainable Economic Development and Application of Innovation Management from Regional expansion to Global Growth*, 13-14 November, 2019, pp. 10069–10079.
10. Asaul V. V., Berezin A. O. Increasing the competitiveness of construction companies in the field of housing construction by optimizing the fleet of construction equipment. *International Journal of*

Civil Engineering and Technology, 2018, vol. 9, no. 8, pp. 404–416.

11. Zamyshlyayev O. *Matritsa peremen. Kak povysit' effektivnost' izmeneniy v kompanii* [State transition matrix. How to increase the effectiveness of changes in the company]. Moscow, Alpina Publ., 2014, 126 p.

12. Adigamov A. E., Zhevnerov V. A., Redkozubov S. A. *Algoritmy resheniya nekotorykh osnovnykh klassov zadach optimizatsii bol'shikh sistem* [Algorithms for solving some main classes of optimization problems of large systems]. Preprint. Moscow, Gornaya kniga Publ., 2012.