

ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА. ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ / RESEARCH PAPER

УДК 69:658

DOI: 10.22227/1997-0935.2024.11.1789-1796

Моделирование бизнес-процессов инжиниринговых компаний на этапах жизненного цикла инвестиционно-строительного проекта

Владимир Иванович Пасканый, Азарий Абрамович Лapidус

Национальный исследовательский Московский государственный строительный
университет (НИУ МГСУ); г. Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

Введение. Инжиниринговая компания обеспечивает взаимодействие всех участников инвестиционно-строительного проекта на протяжении всего его жизненного цикла и реализует множество бизнес-процессов (БП). В силу того, что инжиниринговая компания координирует работу проектных и подрядных организаций, поставщиков материально-технических ресурсов, экспертных организаций, эффективность ее организационной структуры во многом определяет эффективность работы всех участников инвестиционно-строительного проекта.

Материалы и методы. Даны определения БП и организационной структуры, показано, что для моделирования БП при различных организационных структурах наиболее рациональным решением является моделирование на основе сетей массового обслуживания. В результате для абстрактного БП и упрощенной организационной структуры разработана имитационная модель сети массового обслуживания. Для программной реализации использовался язык имитационного моделирования GPSS.

Результаты. В результате проведенного моделирования показано, что, варьируя временными показателями реализации БП и временем выполнения различных бизнес-функций, а также количественным составом исполнителей в подразделениях инжиниринговой компании, можно получать достаточно устойчивые оценки эффективности ее производственной деятельности. К ключевым оценкам стоит отнести среднее время реализации главных БП и среднюю очередь заявок на реализацию соответствующих БП. На основании полученных значений этих показателей руководство сможет более обоснованно принимать решения о кадровом составе инжиниринговой компании и трансформации ее организационной структуры.

Выводы. Моделирование является основным механизмом решения задач прогнозирования и оптимизации. На базе результатов моделирования можно принять обоснованное решение о количестве сотрудников, необходимых для сопровождения определенной группы БП.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: бизнес-процессы, бизнес-функции, организационные структуры, инжиниринговая компания, жизненный цикл, имитационное моделирование, язык моделирования GPSS

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Пасканый В.И., Лapidус А.А. Моделирование бизнес-процессов инжиниринговых компаний на этапах жизненного цикла инвестиционно-строительного проекта // Вестник МГСУ. 2024. Т. 19. Вып. 11. С. 1789–1796. DOI: 10.22227/1997-0935.2024.11.1789-1796

Автор, ответственный за переписку: Владимир Иванович Пасканый, paskanny@mail.ru.

Modelling of business processes of engineering companies at the stages of the life cycle of an investment and construction project

Vladimir I. Paskanny, Azariy A. Lapidus

Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU);
Moscow, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. The engineering company ensures the interaction of all participants of the investment and construction project throughout its life cycle and implements a variety of business processes. Due to the fact that an engineering company coordinates the work of design and contracting organizations, suppliers of material and technical resources, the effectiveness of its organizational structure largely determines the efficiency of all participants in an investment and construction project.

Materials and methods. The paper defines business processes and organizational structure and shows that for modelling business processes under various organizational structures, the most rational solution is modelling based on queuing networks. As a result, a simulation model of a queuing network was developed for an abstract business process and a simplified organizational structure. The GPSS simulation language was used for software implementation.

Results. As a result of the modelling, it is shown that by varying the time indicators of the implementation of business processes and the times of performing various business functions, as well as the quantitative composition of performers in the divisions of an engineering company, it is possible to obtain stable estimates of the effectiveness of its production activities. The main estimates include the average implementation time of the main business processes and the average queue of queries for the implementation of the relevant business processes. Based on the obtained values of these indicators, the management will be able to make more reasonable decisions about the staffing of the engineering company and the transformation of its organizational structure.

Conclusions. Modelling is the main mechanism for solving forecasting and optimization problems. Based on the simulation results, it is possible to make an informed decision about the number of employees needed to support a certain group of business processes.

KEYWORDS: business processes, business functions, organizational structures, engineering company, life cycle, simulation modelling, GPSS modelling language

FOR CITATION: Paskanny V.I., Lapidus A.A. Modelling of business processes of engineering companies at the stages of the life cycle of an investment and construction project. *Vestnik MGSU* [Monthly Journal on Construction and Architecture]. 2024; 19(11):1789-1796. DOI: 10.22227/1997-0935.2024.11.1789-1796 (rus.).

Corresponding author: Vladimir I. Paskanny, paskanny@mail.ru.

ВВЕДЕНИЕ

В Стандарте ISO 9000–2011 процесс определен как «совокупность взаимосвязанных или взаимодействующих видов деятельности, преобразующих входы в выходы». По ГОСТ Р 56862–2016 бизнес-процесс (БП) — это «совокупность последовательно и (или) параллельно выполняемых операций, преобразующая материальный и (или) информационный потоки в соответствующие потоки с другими свойствами». Кроме того, в литературе встречается также, по меньшей мере, несколько десятков определений БП [1–4]. Авторы используют определение БП «как систему последовательных, целенаправленных и регламентированных видов деятельности, в которой посредством управляющего воздействия и с помощью ресурсов входы процесса преобразуются в выходы — результаты процесса, — представляющие ценность для потребителей».

БП разделяют на основные, сопутствующие, вспомогательные, обеспечивающие, процессы управления и процессы развития (рис. 1).

Основные БП генерируют доходы компании. К ним относятся процессы, ориентированные на производство товара или оказание услуги, являющиеся целевыми объектами создания предприятия и обеспечивающие получение дохода. Именно основные БП формируют результат и потребительские качества, за которые внешний клиент готов платить деньги. В качестве типовой структуры БП инженеринговой компании можно привести БП на этапе реализации четвертого этапа проекта:

- A4. Строительство.
- A4.1. Получение разрешения на строительство.
- A4.2. Заключение договоров о закупке и поставке необходимых материалов и оборудования.
- A4.3. Организация работ подготовительного этапа.

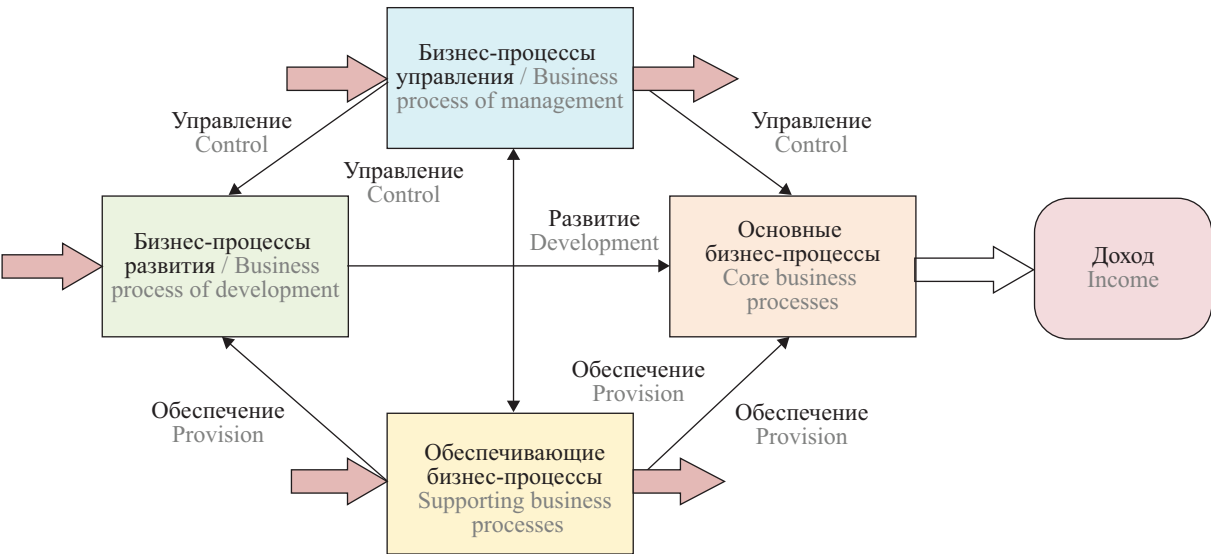


Рис. 1. Виды и функциональная взаимосвязь БП

Fig. 1. Types and functional interrelation of business processes

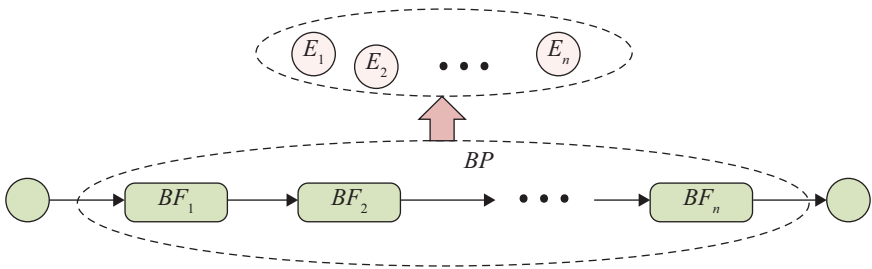


Рис. 2. Взаимосвязь БП и организационной структуры

Fig. 2. The relationship between the business process and the organizational structure

А4.4. Оперативный контроль выполнения работ подготовительного этапа.

А4.5. Организация основных строительно-монтажных работ.

А4.6. Оперативный контроль выполнения основных строительно-монтажных работ.

Любое предприятие полагает своей целью максимально эффективно реализовать основные БП. В связи с этим необходимо решение задачи формирования соответствующей организационной структуры, которая обеспечит эту эффективность [5–11].

Предлагается решение задачи выбора организационной структуры на основе имитационного моделирования БП.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Пусть имеется некоторый БП, который состоит из нескольких бизнес-функций ($BF_1, BF_2, \dots, BF_n$) (рис. 2). При этом известны параметры распределения случайного времени между моментами начала выполнения БП. Организационная структура носит упрощенный характер, когда есть одна группа исполнителей ($E_1, E_2, \dots, E_m$) и все могут участвовать в реализации всего БП (BP).

Если весь БП сопровождает единственный исполнитель, то нет необходимости разделения процесса на функции, поскольку сопровождение процесса занимает полное время одного сотрудника. Такая ситуация возможна, когда на предприятии имеется полная декомпозиция БП, т.е. за каждым БП закреплен единственный исполнитель, который ведет его до завершения.

Для моделирования такой ситуации при разработке программы моделирования следует использование трех операторов GPSS, а именно STORAGE, ENTER и LEAVE.

При переходе к формализации в виде системы массового обслуживания (СМО) будет иметь место простая структура. Генерируется инициатор соответствующего БП, который передается в блок очереди <Очередь_1> группы исполнителей <Группа 1>. Если очередь пуста и достаточное количество компонентов многоканального узла свободно, то инициатор сразу передается в блок <Группа 1>. Если нет

необходимого количества свободных компонентов, то инициатор ждет их освобождения.

При моделировании этой ситуации будем полагать, что входной поток БП имеет пуассоновский характер, т.е. закон распределения интервалов между поступлениями БП — экспоненциальный.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

На языке GPSS соответствующий программный код будет иметь вид:

- Group1 STORAGE 10; задание числа компонентов в многоканальном узле;

Результаты моделирования по оценке зависимости среднего времени и средней очереди на выполнение БП от количества сотрудников и интервалов между поступлениями заявок на выполнение БП

Modelling results assessing the dependence of the average time and average queue for executing a business process on the number of employees and the intervals between requests for executing a business process

N	T_{in}	T_{ob}	N_{ob}	N	T_{in}	T_{ob}	N_{ob}
9	9,2	455,92	50,57	12	9,2	93,76	9,59
9	9,4	660,51	68,72	12	9,4	96,08	9,90
9	9,6	465,41	47,97	12	9,6	99,19	9,93
9	9,8	185,87	18,07	12	9,8	95,42	9,75
9	10	242,34	23,72	12	10	97,63	9,42
10	9,2	124,65	12,62	13	9,2	95,90	10,31
10	9,4	293,57	31,64	13	9,4	93,23	9,63
10	9,6	144,61	14,73	13	9,6	93,18	9,45
10	9,8	138,28	13,77	13	9,8	91,79	9,03
10	10	128,03	12,32	13	10	95,33	9,59
11	9,2	106,66	11,24	14	9,2	88,77	9,26
11	9,4	100,62	9,98	14	9,4	93,68	9,78
11	9,6	115,43	12,00	14	9,6	96,15	9,74
11	9,8	129,60	13,41	14	9,8	90,99	9,10
11	10	112,75	11,00	14	10	91,50	8,89

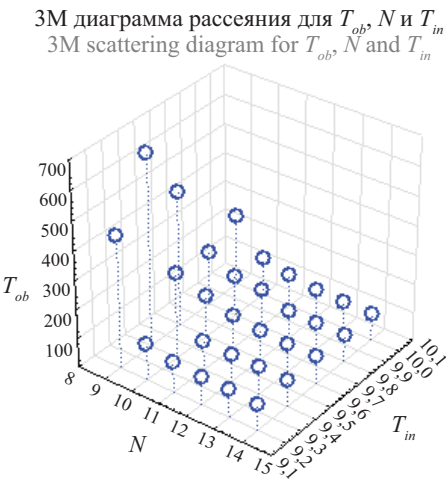


Рис. 3. Поле рассеяния среднего времени пребывания в системе
Fig. 3. The scattering field of the average residence time in the system

- GENERATE (Exponential (1,0,100)); формирование потока БП;
- QUEUE Queue1; регистрация момента поступления заявки;
- ENTER Group1; попытка занять один из компонентов узла;
- DEPART Queue1; регистрация момента выхода;
- ADVANCE (Exponential (1,0,100)) задержка инициатора;
- LEAVE Group1; освобождение компонента многоканального узла;
- TERMINATE 1; удаление обслуженной заявки;
- START 1000; выполнить моделирование для 1000 БП.

Здесь очередь обозначена <Queue_1>, а исполнитель <Group_1>.

В данном случае результатом моделирования была зависимость среднего времени реализации БП (T_{ob}) в ОС от показателей распределений интервалов прихода БП в ОС. В результате моделирования была получена зависимость распределения времени реализации БП от общего количества сотрудников, входящих в состав группы, и необходимого количества сотрудников для выполнения данной функции. Средние интервалы между приходами БП в ОС (T_{in}) варьировались от 9 до 10 ч. Количество сотрудников N варьировалось от 9 до 14 человек. Среднее время сопровождения БП в среднем занимало порядка 10 ч. Кроме того, дополнительно рассчитывалось среднее значение очереди заявок N_{ob} на выполнение БП. Результаты расчета для этих значений приведены в таблице, где T_{in} — средние интервалы между приходами заявок на выполнение БП, ч; T_{ob} — среднее время выполнения БП, ч; N_{ob} — средняя длина очереди заявок, шт.; N — количество сотрудников, чел.; под временем понимается среднее время реализации одного БП; очередь — это также средняя очередь, которая возникает при реализации БП.

Как видно из таблицы, разница между временем реализации БП существенная. Поэтому задача выбора количественного состава группы для заданной интенсивности поступления заявок на сопровождение БП актуальна.

На графике (рис. 3) приведены результаты моделирования по оценке среднего времени пребывания (T_{ob} — ось Z) в зависимости от количества исполнителей (N — ось X) и средних интервалов между приходами заявок на реализацию БП (T_{in} — ось Y) в виде диаграммы рассеяния. Точки графика (XYZ) показывают значение среднего времени выполнения БП при всевозможных комбинациях количества исполнителей и среднего значения интервала между приходами заявок на выполнение БП. Например, для количе-

3М графики поверхностей для T_{ob} , N и T_{in}
3M Graphs of surfaces
GPSS_Пас 4v 30с
$$T_{ob} = -48\,055,7754 - 12\,907,514 \cdot x + 2713,5089 \cdot y + 245,3054 \cdot x \cdot x + 70,3805 \cdot x \cdot y - 18,7832 \cdot y \cdot y$$

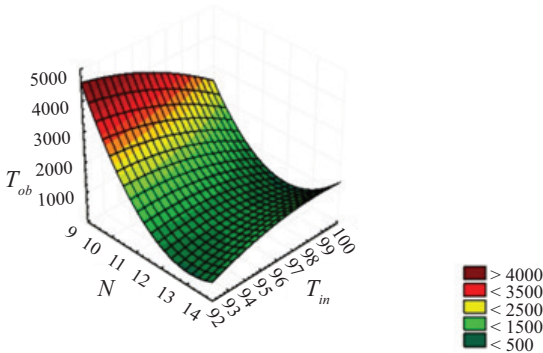


Рис. 4. Квадратичная аппроксимация среднего времени выполнения БП в ОС
Fig. 4. Quadratic approximation of the average execution time of BP in the system

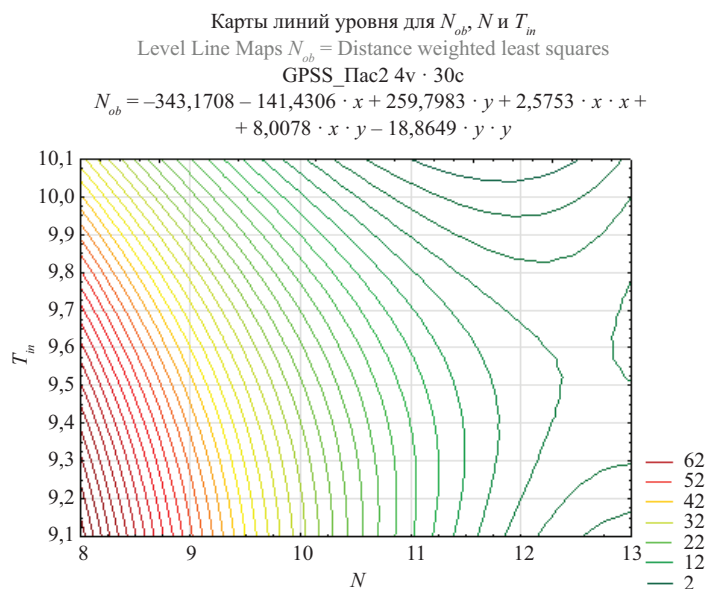


Рис. 5. Контурный график для аппроксимации средней очереди в зависимости от интервала поступления заявок и числа сотрудников

Fig. 5. Contour graph for approximating the average queue depending on the interval of receipt of applications and the number of employees

ства сотрудников 9 чел. и при среднем интервале 10 ч среднее время реализации БП равно порядка 242 ч. Для количества сотрудников 14 чел. и при среднем интервале 10 ч среднее время реализации БП порядка 91 ч.

Из графика видно, что при увеличении количества сотрудников среднее время выполнения БП уменьшается, при уменьшении интервала между поступлениями заявок среднее время изменяется несущественно.

Для этой зависимости также выполнена квадратичная аппроксимация (рис. 4).

Если график поля рассеяния дает общую картину зависимости среднего времени реализации БП, то квадратичная аппроксимация позволяет для каждой пары значений интервала поступления T_{in} и количества сотрудников N определить среднее время выполнения БП:

$$T_{ob} = -4805,5775 - 1290,7514 \cdot N + 2713,5089 \cdot T_{in} + 24,5305 \cdot N \cdot N + 70,3805 \cdot N \cdot T_{in} - 187,832 \cdot T_{in} \cdot T_{in}.$$

Для визуализации зависимости средней очереди заявок на выполнение БП N_{ob} построен контурный график (рис. 5).

Контурный график аналогично квадратичной аппроксимации служит для более точного расчета значений исследуемой функции. Так, на рисунке графически приведены значения средней очереди БП, готовых к выполнению. Получить численное значение для каждой пары можно также на основе подстановки соответствующих значений числа сотрудников и среднего интервала в формулу квадра-

тичной аппроксимации:

$$N_{ob} = -343,1708 - 141,4306 \cdot N + 259,7983 \cdot T_{in} + 2,5753 \cdot N \cdot N + 8,0078 \cdot N \cdot T_{in} - 18,8649 \cdot T_{in} \cdot T_{in}.$$

Из графика можно заметить, что средняя очередь практически не меняется в интервале от 11 до 15 сотрудников. Таким образом, на основе результатов моделирования можно принять обоснованное решение о количестве сотрудников, необходимых для сопровождения определенной группы БП.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ОБСУЖДЕНИЕ

Стоит отметить, что особое значение на всех уровнях управления имеют организационные структуры, а эффективность их функционирования определяется выбранными типами, принципами и методами их формирования. Существует значительное количество принципов формирования организационных структур, многообразие которых связано с вариативностью их содержания [12–16]. Организационная структура управления инжиниринговой компании должна быть ориентирована на цели и задачи ее функционирования и учитывать комплексный характер инжиниринга в строительстве, объединяющий организационно-управленческий инжиниринг и технико-технологический инжиниринг, и соответствовать ключевым принципам формирования организационных структур.

С ростом размера инжиниринговой компании и усложнения стоящих перед ней задач необходимость моделирования все более возрастает, так как на основе результатов моделирования можно принять обоснованное решение о количестве сотрудников, необходимых для сопровождения определенной группы БП [17–21].

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Dijkman R.M., Adan I., Peters S.* Advanced queueing models for quantitative business process analysis // 2018 44th Euromicro Conference on Software Engineering and Advanced Applications (SEAA). 2018. Pp. 260–267. DOI: 10.1109/seaa.2018.00050
2. *Dumas M., La Rosa M., Mendling J., Reijers H.A.* Fundamentals of business process management. Second ed. Springer, 2018. DOI: 10.1007/978-3-662-56509-4
3. *Grefen P., Brouns N., Ludwig H., Serral E.* Co-location specification for IoT-aware collaborative business processes // Lecture Notes in Business Information Processing. 2019. Pp. 120–132. DOI: 10.1007/978-3-030-21297-1_11
4. *Абрамс Р.* Бизнес-план на 100 %: Стратегия и тактика эффективного бизнеса. М. : Альпина Паблишер, 2019. 496 с.
5. *Остервальдер А., Ив Пинье.* Построение бизнес-моделей. Настольная книга стратега и новатора / пер. с англ. М. Кульневой. М. : Альпина Паблишер, 2019. 288 с.
6. *Баринев В.А.* Организационное проектирование. М. : ИНФРА-М, 2019. 384 с.
7. *Дафт Р., Мерфи Дж., Уилмотт Х.* Организационная теория и дизайн. СПб. : Питер, 2013. 640 с.
8. *Силка Д.Н., Ермолаев Е.Е., Дуров Р.А., Копельчук С.Ю.* Инжиниринг инвестиционно-строительных проектов промышленного назначения. М. : Стройинформиздат, 2014. 256 с. EDN UBROWN.
9. *Michelfelder D.P., Doorn N.* The routledge handbook of the philosophy of engineering. Routledge, 2020. DOI: 10.4324/9781315276502
10. *Шинкарева Г.Н.* Модель инжиниринговой схемы организации строительства в перспективе жизненного цикла объектов // Вестник МГСУ. 2018. Т. 13. № 9 (120). С. 1090–1105. DOI: 10.22227/1997-0935.2018.9.1090-1105. EDN VKFFPI.
11. *Cagno E., Neri A., Negri M., Bassani C.A., Lampertico T.* The role of digital technologies in operationalizing the circular economy transition : a systematic literature review // Applied Sciences. 2021. Vol. 11. Issue 8. P. 3328. DOI: 10.3390/app11083328
12. *Орлов А.К., Белякова А.П.* Основы бизнес-инжиниринга в инвестиционно-строительной сфере. М. : Изд-во МГСУ, 2016. 70 с. EDN YSFWWX.
13. *Гассман О., Франкенбергер К., Шик М.* Бизнес-модели: 55 лучших шаблонов. М. : Альпина Паблишер, 2019. 432 с.
14. *Munsamy M., Telukdarie A., Fresner J.* Business process centric energy modeling // Business Process Management Journal. 2019. Vol. 25. Issue 7. Pp. 1867–1890. DOI: 10.1108/BPMJ-08-2018-0217
15. *Лapidус А.А., Муря В.А.* Комплексный показатель качества организационно-технологических решений при возведении конструктивных элементов железобетонных зданий // Строительное производство. 2020. № 2. С. 3–9. DOI: 10.54950/26585340_2020_2_3. EDN QMAVHQ.
16. *Лapidус А.А.* Инструмент оперативного управления производством — интегральный потенциал эффективности организационно-технологических и управленческих решений строительного объекта // Вестник МГСУ. 2015. № 1. С. 97–102.
17. *Awan U., Sroufe R., Shahbaz M.* Industry 4.0 and the circular economy : a literature review and recommendations for future research // Business Strategy and the Environment. 2021. Vol. 30. Issue 4. Pp. 2038–2060. DOI: 10.1002/bse.2731
18. *Martin N., Depaire B., Caris A.* The use of process mining in business process simulation model construction // Business & Information Systems Engineering. 2016. Vol. 58. Issue 1. Pp. 73–87. DOI: 10.1007/s12599-015-0410-4
19. *Rosado-Serrano A., Paul J., Dikova D.* International franchising : a literature review and research agenda // Journal of Business Research. 2018. Vol. 85. Pp. 238–257. DOI: 10.1016/j.jbusres.2017.12.049
20. *Peters S., Dijkman R., Grefen P.* Quantitative effects of advanced resource constructs in business process simulation // 2018 IEEE 22nd International Enterprise Distributed Object Computing Conference (EDOC). 2018. Pp. 115–122. DOI: 10.1109/edoc.2018.00024
21. *Grefen P., Brouns N., Ludwig H., Serral E.* Co-location specification for IoT-aware collaborative business processes // Lecture Notes in Business Information Processing. 2019. Pp. 120–132. DOI: 10.1007/978-3-030-21297-1_11

Поступила в редакцию 11 декабря 2023 г.

Принята в доработанном виде 23 сентября 2024 г.

Одобрена для публикации 24 сентября 2024 г.

ОБ АВТОРАХ: **Владимир Иванович Пасканний** — старший преподаватель кафедры технологий и организации строительного производства; **Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ)**; 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26; ORCID: 0009-0007-7358-1757; paskanny@mail.ru;

Азарий Абрамович Лapidус — доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологий и организации строительного производства; **Национальный исследовательский Московский государственный**

ный строительный университет (НИУ МГСУ); 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26; SPIN-код: 8192-2653, Scopus: 57192378750, ResearcherID: B-4104-2016, ORCID: 0000-0001-7846-5770; lapidus58@mail.ru.

Вклад авторов:

Пасканый В.И. — анализ функциональной взаимосвязи основных бизнес-процессов инжиниринговой компании, создание модели на языке GPSS, написание программы, получение и обработка результатов моделирования.

Лapidус А.А. — научное руководство, обоснование необходимости моделирования на основе сетей массового обслуживания, редактирование текста.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

REFERENCES

1. Dijkman R.M., Adan I., Peters S. Advanced queueing models for quantitative business process analysis. *2018 44th Euromicro Conference on Software Engineering and Advanced Applications (SEAA)*. 2018; 260-267. DOI: 10.1109/seaa.2018.00050
2. Dumas M., La Rosa M., Mendling J., Reijers H.A. *Fundamentals of Business Process Management*. Second Ed. Springer, 2018. DOI: 10.1007/978-3-662-56509-4
3. Grefen P., Brouns N., Ludwig H., Serral E. Co-location specification for IoT-aware collaborative business processes. *Lecture Notes in Business Information Processing*. 2019; 120-132. DOI: 10.1007/978-3-030-21297-1_11
4. Abrams R. *100 % business plan: Strategy and tactics of effective business*. Moscow, Alpina Publisher Publ., 2019; 496. (rus.).
5. Osterwalder A., Yves Pigneur. *Building business models*. The Strategist and Innovator's Handbook. Moscow, Alpina Publisher, 2019; 288. (rus.).
6. Barinov V.A. *Organizational design*. Moscow, INFRA-M Publ., 2019; 384. (rus.).
7. Daft R., Murphy J., Wilmott H. *Organizational theory and design*. St. Petersburg, Piter Publ., 2013; 640. (rus.).
8. Silka D.N., Ermolaev E.E., Durov R.A., Kopelchuk S.Yu. *Engineering of industrial investment and construction projects*. Moscow, Stroyinformizdat Publ., 2014; 256. (rus.).
9. Michelfelder D.P., Doorn N. *The Routledge Handbook of the Philosophy of Engineering*. Routledge, 2020. DOI: 10.4324/9781315276502
10. Shinkareva G.N. Model engineering scheme of the organization of construction in the future the life cycle of objects. *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. 2018; 13(9):1090-1105. DOI: 10.22227/1997-0935.2018.9.1090-1105. EDN VKFFPI. (rus.).
11. Cagno E., Neri A., Negri M., Bassani C.A., Lampertico T. The role of digital technologies in operationalizing the circular economy transition: a systematic literature review. *Applied Sciences*. 2021; 11(8):3328. DOI: 10.3390/app11083328
12. Orlov A.K., Belyakova A.P. *Fundamentals of business engineering in the investment and construction sector*. Moscow, Publishing house MGSU, 2016; 70. EDN YSFWWX. (rus.).
13. Gassman O., Frankenberger K., Schick M. *Business models: 55 best templates*. Moscow, Alpina Publisher, 2019; 432. (rus.).
14. Munsamy M., Telukdarie A., Fresner J. Business process centric energy modelling. *Business Process Management Journal*. 2019; 25(7):1867-1890. DOI: 10.1108/BPMJ-08-2018-0217
15. Lapidus A.A., Muria V.A. Comprehensive indicator of quality of organizational-technological decisions in the construction of construction elements of reinforced concrete buildings. *Construction Production*. 2020; 2:3-9. DOI: 10.54950/26585340_2020_2_3. EDN QMABHQ. (rus.).
16. Lapidus A.A. Tools of production scheduling — an integral efficiency potential of organizational, technological and management solutions of a construction object. *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. 2015; 1:97-102. (rus.).
17. Awan U., Sroufe R., Shahbaz M. Industry 4.0 and the circular economy : a literature review and recommendations for future research. *Business Strategy and the Environment*. 2021; 30(4):2038-2060. DOI: 10.1002/bse.2731
18. Martin N., Depaire B., Caris A. The use of process mining in business process simulation model construction. *Business & Information Systems Engineering*. 2016; 58(1):73-87. DOI: 10.1007/s12599-015-0410-4
19. Rosado-Serrano A., Paul J., Dikova D. International franchising : a literature review and research agenda. *Journal of Business Research*. 2018; 85:238-257. DOI: 10.1016/j.jbusres.2017.12.049
20. Peters S., Dijkman R., Grefen P. Quantitative effects of advanced resource constructs in business process simulation. *2018 IEEE 22nd International Enterprise Distributed Object Computing Conference (EDOC)*. 2018; 115-122. DOI: 10.1109/edoc.2018.00024
21. Grefen P., Brouns N., Ludwig H., Serral E. Co-location specification for IoT-aware collaborative business processes. *Lecture Notes in Business Information Processing*. 2019; 120-132. DOI: 10.1007/978-3-030-21297-1_11

Received December 11, 2023.

Adopted in revised form on September 23, 2024.

Approved for publication on September 24, 2024.

B I O N O T E S: **Vladimir I. Paskanny** — senior lecturer of the Department of Technologies and Organization of Construction Production; **Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU)**; 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; ORCID: 0009-0007-7358-1757; paskanny@mail.ru;

Azariy A. Lapidus — Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Technologies and Organization of Construction Production; **Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU)**; 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; SPIN-code: 8192-2653, Scopus: 57192378750, ResearcherID: B-4104-2016, ORCID: 0000-0001-7846-5770; lapidus58@mail.ru.

Contribution of the authors:

Vladimir I. Paskanny — analysis of the functional relationship of the main business processes of an engineering company, creation of a model in the GPSS language, writing a program, obtaining and processing modeling results.

Azariy A. Lapidus — scientific guidance, justification of the need for modeling based on queuing networks, text editing.

The authors declare that there is no conflict of interest.