

Научная статья

УДК 624.05; 658.5.011

EDN: RWJNJB

DOI: 10.21285/2227-2917-2025-4-727-733



Физика процесса управления на этапах организационно-технологического проектирования и строительного производства жизненного цикла объекта капитального строительства

А.Г. Покатилов^{1✉}, М.В. Матвеева², А.В. Пешков³, П.В. Шкитин⁴

^{1,2,3,4}Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск, Россия

Аннотация. Целью исследования является поиск новых подходов к объяснению процессов управления объектами капитального строительства на этапах организационно-технологического проектирования и строительного производства их жизненного цикла с позиций теории потоков. Потоковая концепция функционирования строительных процессов основана на теории преобразование-поток-ценность, которая позволяет рассматривать строительные процессы как динамические системы с непрерывным движением материальных, финансовых и информационных потоков. Методика исследования основывается на анализе зарубежных нормативных документов, регламентирующих управление организационно-технологическим проектированием и строительным производством и научных публикаций по результатам исследований потоков в строительстве. Использованы методы анализа, абстрагирования и аналогии для выявления специфики поведения потоков в строительной системе и формулировки выводов о влиянии отдельных потоков на общую надежность объекта строительства. Полученные результаты отражают современное состояние управления на этапах организационно-технологического проектирования и строительного производства, обозначают тенденции их развития и представляют новую интерпретацию строительных процессов с точки зрения потоковой концепции. Сделан вывод о необходимости интеграции межпоточных взаимодействий в процесс управления, поскольку устойчивость отдельного потока определяется не только его внутренней надежностью, но и характером взаимосвязей с другими элементами системы. Традиционные детерминированные методы управления недостаточны для удовлетворения требований современной строительной отрасли, требуя разработки принципиально нового подхода — физики процесса управления. Этот подход объединяет классические представления о строительных процессах с современными взглядами на поведение потоков, обеспечивая глубокое понимание внутреннего устройства и повышение эффективности организационно-технологического проектирования и строительного производства.

Ключевые слова: объект капитального строительства, жизненный цикл, организационно-технологическое проектирование; строительное производство, трансформация, поток, физика управления

Для цитирования: Покатилов А.Г., Матвеева М.В., Пешков А.В., Шкитин П.В. Физика процесса управления на этапах организационно-технологического проектирования и строительного производства жизненного цикла объекта капитального строительства // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2025. Т. 15. № 4. С. 727–733. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2025-4-727-733>. EDN: RWJNJB.

Original article

Physics of the management process at the stages of organizational and technological design and construction production of the life cycle of capital construction facility

Artem G. Pokatilov^{1✉}, Maria V. Matveeva², Artem V. Peshkov³, Pavel V. Shkitin⁴

^{1,2,3,4}Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia

© Покатилов А.Г., Матвеева М.В., Пешков А.В., Шкитин П.В., 2025

Том 15 № 4 2025
с. 727–733
Vol. 15 No. 4 2025
pp. 727–733

Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость
Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate

ISSN 2227-2917
(print)
ISSN 2500-154X
(online)

727

Abstract. The purpose of the research is to find new approaches to explaining the management processes of capital construction facilities at the stages of organizational and technological design and construction production of their life cycle from the perspective of flow theory. The flow concept of the functioning of construction processes is based on the theory of transformation-flow-value, which allows us to consider construction processes as dynamic systems with continuous movement of material, financial and information flows. The research methodology is based on the analysis of foreign regulatory documents regulating the management of organizational and technological design and construction production, as well as scientific publications on the results of research on flows in construction. The methods of analysis, abstraction and analogy are used to identify the specifics of the flow behavior in the construction system and to formulate conclusions about the impact of individual flows on the overall reliability of the construction site. The results obtained reflect the current state of management at the stages of organizational and technological design and construction production, identify trends in their development and present a new interpretation of construction processes from the point of view of the flow concept. It is concluded that it is necessary to integrate inter-flow interactions into the control process, since the stability of an individual flow is determined not only by its internal reliability, but also by the nature of its interrelationships with other elements of the system. Traditional deterministic management methods are insufficient to meet the requirements of the modern construction industry, requiring the development of a fundamentally new approach — the physics of the management process. This approach combines classical concepts of construction processes with modern views on the behavior of flows, providing a deep understanding of the internal structure and increasing the efficiency of organizational and technological design and construction production.

Keywords: capital construction object, life cycle, organizational and technological design; construction production, transformation, flow, control physics

For citation: Pokatilov A.G., Matveeva M.V., Peshkov A.V., Shkitin P.V. Physics of the management process at the stages of organizational and technological design and construction production of the life cycle of capital construction facility. *Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate.* 2025;15(4):727-733. (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2025-4-727-733>. EDN: RWJNJB.

ВВЕДЕНИЕ

В литературе, описывающей процессы управления, строительное производство представлено в виде упорядоченной последовательности работ, которая может быть детально продумана и воспроизведена в соответствии с планом. Если в инвестиционно-строительном проекте отражена лишь четко определенная цель, взвести объект в соответствии с проектной документацией и ввести его в эксплуатацию, то упускается из виду, что производственные мощности и подрядчики распределены между несколькими проектами, условия на строительной площадке изменяются в результате деятельности в процессе строительного производства, а условия окружающей среды могут быть непредсказуемы, сотрудничество между параллельными потоками строительного производства нарушается из-за попыток повышения прибыли в ущерб качеству выполнения работ. Как правило, сверх этого возникают проблемы в управлении проектами, которое сосредоточено на управлении контрактами в ущерб управлению производством.

МЕТОДЫ

Если взглянуть на строительное производство с точки зрения обозначенных проблем, то

можно понять, что рационального подхода недостаточно.

Управление в строительном производстве – это интерактивная сложная система, которая неизбежно находится на границе между порядком и хаосом [1].

Следовательно, детерминированный характер планирования, на котором основаны такие методы, как критический путь, может являться тупиковым. Кроме того, существует целый ряд фактов, показывающих недостатки концентрации на предварительной разработке требований к системе в противовес их развитию в процессе работы с проектом, в том числе при помощи высококвалифицированных кадров на местах.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Стоит отметить, что строительная отрасль продолжает использовать традиционную концепцию трансформации для управления производством.

Эта концепция рассматривает производство как чистое преобразование входов в выходы. Она предполагает иерархическую декомпозицию общей трансформации на более мелкие трансформации (задачи) и минимизацию затрат на каждую из них в отдельности.

Эта концепция полезна при необходимости увеличения эффективности новых или редко применяемых строительных производственных потоков, так как позволяет минимизировать их собственные внутренние затраты.

С другой стороны, концепция трансформации имеет два основных недостатка: она не рассматривает события в строительном производстве, помимо трансформации, и не учитывает, что не только трансформация повышает ценность продукта. Таким образом, управление производством с помощью традиционной концепции трансформации может стать неэффективным и нецелесообразным [2, 3, 4].

Необходимо понимать, что при работе со сложными системами сбои в процессе строительного производства должны рассматриваться как естественные результаты их функционирования. Такие явления, как возникновение и модификация шаблонов, развитие и суматоха, являются характеристиками сложных систем и, следовательно, тем, с чем нужно работать при управлении проектами и производством [5]. Можно утверждать, что производство по своей сути является процесс-ориентированной деятельностью. Но как сказано выше, в исследованиях и практике управления производством доминирует именно продукт-ориентированный взгляд на строительное производство [6].

В случае перехода к процесс-ориентированной деятельности ключевым вопросом, возникающим перед участниками строительных систем, является соотношение различных видов потоков и их взаимодействие в процессе производства.

1. Физические потоки – строительное производство включает, например, потоки материалов и оборудования, по крайней мере, их логистические аспекты.

2. Потоки опыта включают развитие предприятия клиентов или вопросы человеческих отношений и имеют решающее значение для определения потоков ценности.

3. Операционные потоки относятся к работе или деятельности. Центральным понятием здесь является человеческая деятельность (независимо от механизации), все потоки достигаются через нее [7].

Из этого вытекает другая концепция производства. Она рассматривает производство как поток – это означает, что помимо преобразований существуют виды деятельности, не добавляющие стоимости, такие как ожидание, инспекция и перемещение. В концепции потока основная цель – устранить из строительного производства не добавляющие стоимость действия или минимизировать их долю.

В результате достигаются некоторые улучшения: снижение неустойчивости, повышение гибкости и прозрачности [2, 8].

Не добавляющие стоимость внутренние части процесса, такие как инспекция, перемещение и ожидание, часто находятся в центре внимания менеджмента.

Концепция ценности фокусируется на удовлетворении всех требований заказчика (в процессе проектирования и возведения), создавая тем самым ценность с его точки зрения [9]. Она предполагает точный анализ потребностей заказчика и организованный поток требований, направленный на то, чтобы избежать потери ценности.

Однако более поздние разработки в области гибкого управления проектами показывают, что анализ требований должен быть итерационным и дополняемым процессом, обеспечивая тем самым большую уверенность в удовлетворении истинных потребностей клиентов в момент использования, а не спрогнозированных в момент концептуализации проекта.

В отличие от предыдущих, в ценностной концепции представлено восемь видов деятельности, не добавляющих стоимости в процессе строительного производства: перепроизводство, ожидание, ненужная транспортировка, чрезмерная или неправильная обработка, избыточные запасы, ненужные перемещения, дефекты/доработка, работа на ходу (без части необходимых исходных условий). Остальные виды деятельности могут увеличивать стоимость продукта.

Все эти концепции использовались одновременно и преобразовались в понятие физика процесса управления в строительном производстве [10]. Это теория взаимодействия потоков и понимание их природы в процессе строительного производства. Потоки включают в себя физические потоки в традиционном смысле, такие как поток материалов и оборудования, а также потоки информации, рабочей силы, пространства и внешних условий (погода, разрешения властей и т. д.). Концепция физики управления в строительном производстве имеет дело с потоками из всех источников, которые делают процесс надежным, и рассматривает эти потоки как одинаково важные для надежности процесса. Эта концепция также рассматривает взаимодействие между потоками, например, потоком материалов и потоком пространства. При этом стремится выявить поток или комбинацию потоков, которые содержат низкий уровень производительности, разрывы, ограничения и узкие места для всего процесса, чтобы воздействовать на них – такие потоки являются критическими.

В центре внимания концепции физики процесса управления в строительном производстве находится не цепочка дискретных видов деятельности, а непрерывный процесс, питаемый рядом потоков, где содержание этих потоков определяет фактический результат.

Концепция физики процесса управления в строительном производстве основана на теории очередей и вдохновлена фабричной физикой [11]. Если фабричная физика рассматривает только поток деталей, то в строительном производстве используется более широкий подход, рассматривающий производственный процесс в целом, а также адаптирующий идеи фабричной физики к контексту строительного производства. В частности, внимания требуют следующие вопросы:

1. В контексте строительного производства существует один большой продукт, детали которого собираются на мобильных рабочих станциях. Таким образом, схема заводской физики, изображающая детали, проходящие через сеть рабочих станций, должна быть изменена.

2. Многие вопросы, от которых можно абстрагироваться в заводской физике или считать их постоянными, должны быть явно смоделированы с учетом их изменчивости в физике процесса управления в строительном производстве [12].

Существует множество потоков, питающих процесс создания продукта. Некоторые потоки легко идентифицировать, например, поток материалов, другие менее очевидны, например, доступность инструментов. Некоторые из них являются материальными, а другие – нематериальными, например, потоки информации, директив, согласований и погоды. Все они обязательны для определения и моделирования надежного процесса. Выделено семь типов условий, оказывающих влияние на строительное производство [13, 14]: строительный дизайн, компоненты и материалы, рабочие, оборудование, пространство, вопросы связи, внешние условия. Эта общая модель потоков не подходит для управления напрямую. Если она будет использоваться в дальнейшей работе, то каждый из базовых потоков может быть использован и в качестве подпотока. В такой схеме, даже при высокой надежности каждого из отдельных потоков, неопределенности оказывают гораздо большее влияние на общую неопределенность проекта, не говоря о возможных взаимодействиях или отрицательных обратных связях между потоками.

В таких условиях невозможно составить точные однозначные планы и неукоснительно

следовать им. В этом и заключается причина успеха подхода, включающего высококвалифицированный персонал на местах, при котором планы на ближайшее будущее – еженедельные рабочие планы, основанные на текущей фактической ситуации и включающие только обоснованные задачи. В то же время управляющий персонал, расположенный на удалении от производственного участка, учитывает логистику подготовки задач на ближайшие недели, принимая во внимание все потоки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исходя из вышеизложенного, организационно-технологическое проектирование и строительное производство осуществляются в сложной среде, где системы лежат на границе между порядком и хаосом.

Таким образом, существующие детерминированные методы управления производством (метод критического пути), обычно используемые в строительной отрасли, не могут соответствовать современным требованиям эффективного управления и в полной мере поддерживать функционирование потоков строительного производства. Возникающее несоответствие между предполагаемой природой, то есть продукт-ориентированным взглядом на строительное производство, и истинной природой производства, может приводить к серьезным общим сбоям в результате ошибок в управлении.

Поэтому для управления в строительном производстве необходимы новые подходы и инструменты, особенно с учетом взаимодействия людских потоков. Объемы этого взаимодействия являются основой для функционирования сложных систем. Концепция физики процесса управления в строительном производстве предлагает путь вперед. Она представляет собой модель, основанную на комбинации трех концепций производства, которая ведет к более глубокому пониманию процесса строительного производства и надлежащим образом основана на поведении внутренних потоков системы. Дальнейшее исследование концепции физики процесса управления в строительном производстве с точки зрения потоков может дать ответ на проблему нелинейной обратной зависимости между гибкостью и надежностью систем строительного производства. Так как взгляд на систему в динамике взаимодействия потоков отличается повышенной прозрачностью [2] от математического и статического понимания – увеличение гибкости всегда приводит к пропорциональному снижению надежности.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Taylor M.C. *The Moment of Complexity: Emerging Network Culture*. Chicago: University of Chicago Press, 2003. 352 p.
2. Thomas H.R., Riley D., Sanvido V.E. Loss of Labor Productivity due to Delivery Methods and Weather // *Journal of Construction Engineering and Management*. 1991. Vol. 125. Iss. 1. P. 39–46. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(1999\)125:1\(39\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(1999)125:1(39)).
3. Bertelsen S., Emmitt S. The Client as a Complex System // Presented at the 13th Annual Conference in the International Group for Lean Construction. 2005. P. 1–10.
4. Koskela L.J., Kagioglou M. On The Metaphysics of Production // 13th International Group for Lean Construction Conference. 2005. P. 37–45.
5. Henrich G., Bertelsen S., Koskela L., Kraemer K., Rooke J., Owen R. Construction Physics – Understanding The Flows in a Construction Process // 15th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. 2007. P. 1–15.
6. Shaomin Wu, Clements-Croome D., Fairey V., Albany B., Sidhu J., Desmond D. et al. Reliability in the Whole Life Cycle of Building Systems // *Engineering, Construction and Architectural Management*. 2006. Vol. 13. Iss. 2. P. 136–153. <https://doi.org/10.1108/09699980610659607>.
7. El-Haram M.A., Marenjak S., Horner M.W. Development of a Generic Framework for Collecting Whole Life Cost Data for the Building Industry // *Journal of Quality in Maintenance Engineering*. 2002. Vol. 8. Iss. 2. P. 144–151. <https://doi.org/10.1108/13552510210430017>.
8. Bertelsen S., Koskela, L.J., Henrich G., Rooke J.A. Critical Flow – Towards a Construction Flow Theory // 14th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. 2006. P. 31–40.
9. Hopp W.J., Spearman M.L. *Factory Physics: Foundations of Manufacturing Management*. Boston: Irwin/McGraw-Hill, 2001. 698 p.
10. Racz A., Racz T.I. Effects of the Environmental Factors on Decision Consistency // *American Journal of Civil Engineering and Architecture*. 2017. Vol. 5. Iss. 2. P. 51–56. <https://doi.org/10.12691/ajcea-5-2-4>.
11. Ross K.L. The Foundations of Value, Part 1. Logical Issues: Justification (quid facti), First Principles, and Socratic Method // *The Foundations of Value, the Friesian Trilemma*. 1998. Режим доступа: <https://friesian.com/foundatn.htm> (дата обращения: 06.09.2025).
12. Bo-Christer B. Information Technology in Construction: Domain Definition and Research Issues // *International Journal of Computer Integrated Design and Construction*. 1999. Vol. 1. Iss. 1. P. 1–16.
13. Emblemsvåg J. Lean Project Planning – Bridging Last Planner System and Earned Value Management // *Heliyon*. 2024. Vol. 10. Iss. 18. P. 1–16. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e37810>.
14. Garcia-Lopez N.P., Fischer M. Managing On-Site Production Using an Activity and Flow-Based Construction Model // *Journal of Construction Engineering and Management*. 2023. Vol. 150. Iss. 1. P. 1–34. <https://doi.org/10.1061/JCEMD4.COENG-13643>.

REFERENCES

1. Taylor M.C. *The Moment of Complexity: Emerging Network Culture*. Chicago: University of Chicago Press, 2003. 352 p.
2. Thomas H.R., Riley D., Sanvido V.E. Loss of Labor Productivity due to Delivery Methods and Weather. *Journal of Construction Engineering and Management*. 1991;125(1):39–46. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(1999\)125:1\(39\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(1999)125:1(39)).
3. Bertelsen S., Emmitt S. The Client as a Complex System. *Presented at the 13th Annual Conference in the International Group for Lean Construction*. 2005:1-10.
4. Koskela L.J., Kagioglou M. On The Metaphysics of Production. *13th International Group for Lean Construction Conference*. 2005:37-45.
5. Henrich G., Bertelsen S., Koskela L., Kraemer K., Rooke J., Owen R. Construction Physics – Understanding The Flows in a Construction Process. *15th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. 2007:1-15.
6. Shaomin Wu, Clements-Croome D., Fairey V., Albany B., Sidhu J., Desmond D. et al. Reliability in the Whole Life Cycle of Building Systems. *Engineering, Construction and Architectural Management*. 2006;13(2):136-153. <https://doi.org/10.1108/09699980610659607>.
7. El-Haram M.A., Marenjak S., Horner M.W. Development of a Generic Framework for Collecting Whole Life Cost Data for the Building Industry. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*. 2002;8(2):144-151. <https://doi.org/10.1108/13552510210430017>.
8. Bertelsen S., Koskela, L.J., Henrich G., Rooke J.A. Critical Flow – Towards a Construction Flow Theory. *14th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. 2006:31-40.

9. Hopp W.J., Spearman M.L. *Factory Physics: Foundations of Manufacturing Management*. Boston: Irwin/McGraw-Hill, 2001. 698 p.
10. Racz A., Racz T.I. Effects of the Environmental Factors on Decision Consistency. *American Journal of Civil Engineering and Architecture*. 2017;5(2):51-56. <https://doi.org/10.12691/ajcea-5-2-4>.
11. Ross K.L. The Foundations of Value, Part 1. Logical Issues: Justification (quid facti), First Principles, and Socratic Method. *The Foundations of Value, the Friesian Trilemma*. 1998. Available from: <https://friesian.com/foundatn.htm> [Accessed 6th September 2025].
12. Bo-Christer B. Information Technology in Construction: Domain Definition and Research Issues. *International Journal of Computer Integrated Design and Construction*. 1999;1(1):1-16.
13. Emblemsvåg J. Lean Project Planning – Bridging Last Planner System and Earned Value Management. *Heliyon*. 2024;10(18):1-16. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e37810>.
14. Garcia-Lopez N.P., Fischer M. Managing On-Site Production Using an Activity and Flow-Based Construction Model. *Journal of Construction Engineering and Management*. 2023;50(1):1-34. <https://doi.org/10.1061/JCEMD4.COENG-13643>.

Информация об авторах

Покатилов Артем Григорьевич,
аспирант,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, Россия,
e-mail: pokatilov.2000@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0007-6552-0081>

Матвеева Мария Витальевна,
д.э.н., профессор, профессор кафедры
экспертизы и управления недвижимостью,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, Россия,
e-mail: expertiza@istu.edu
<https://orcid.org/0000-0002-9390-5444>
Author ID: 505831

Пешков Артем Витальевич,
к.э.н., доцент, инженер НИЧ,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, Россия,
e-mail: artempeshkov@rambler.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5027-5120>
Author ID: 670943

Шкитин Павел Владимирович,
аспирант,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, Россия,
e-mail: expertiza@istu.edu

Вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад
в подготовку публикации.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта
интересов.

Information about the authors

Artem G. Pokatilov,
Postgraduate Student,
Institute of Architecture, Construction and Design,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074, Russia,
e-mail: pokatilov.2000@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0007-6552-0081>

Maria V. Matveeva,
Dr. Sci. (Econ.), Professor,
Professor of the Department of Expertise
and Real Estate Management,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074, Russia,
e-mail: expertiza@istu.edu
<https://orcid.org/0000-0002-9390-5444>
Author ID: 505831

Artem V. Peshkov,
Cand. Sci. (Econ.), Associate Professor,
Engineer Scientific and Research Part,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074, Russia,
e-mail: artempeshkov@rambler.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5027-5120>
Author ID: 670943

Pavel V. Shkitin,
Postgraduate student,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russia,
e-mail: expertiza@istu.edu

Contribution of the authors

The authors contributed equally to this article.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests
regarding the publication of this article.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Информация о статье

Статья поступила в редакцию 08.09.2025.
Одобрена после рецензирования 09.10.2025.
Принята к публикации 23.10.2025.

The final manuscript has been read and approved by all the co-authors.

Information about the article

The article was submitted 08.09.2025.
Approved after reviewing 09.10.2025.
Accepted for publication 23.10.2025.