

Научная статья

УДК 65.011.46

DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.19308>

EDN: <https://elibrary/PRVFDZ>



ОПЕРАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРУДА ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ИНЖЕНЕРНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

В.А. Ефанов , А.С. Шляхов, Н.А. Юрьев

Научно-исследовательский институт социальных систем
при МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Российская Федерация

 efanov@niiss.ru

Аннотация. В условиях ограниченных возможностей экстенсивного обновления инфраструктуры возрастает значение производительности труда (ПТ) современных сервисно-промышленных и производственных предприятий, обеспечивающих функционирование территориально распределенной сети инженерных объектов, система бизнес-процессов хозяйственной деятельности которых является объектом настоящего исследования. Для таких предприятий ПТ зависит не только от численности персонала и общего объема выполненных работ, но и от структуры заданий, плотности планирования, насыщенности выездов и времени перемещения персонала. Этим определяется необходимость поиска моделей повышения ПТ, учитывающих измеримые характеристики бизнес-процессов. Цель исследования состоит в построении операционной модели ПТ указанных предприятий, позволяющей представить этот показатель как аналитически интерпретируемую зависимость от измеримых характеристик бизнес-процессов, а также сформировать и обосновать направления оптимизации хозяйственной деятельности. Методология исследования основана на операционализации ПТ через параметры, отражающие организацию работ и затраты рабочего времени. В качестве информационной базы использован срез эксплуатационных данных крупного российского сервисно-промышленного предприятия, ФГУП РТРС, за 2025 г., включающий показатели по инженерным объектам, эксплуатационным подразделениям и территориальным филиалам, а также рассчитанные на их основе производные показатели. В работе выделены управляемые факторы и диагностические индикаторы, характеризующие структуру работ, частоту и насыщенность выездов, плотность планирования и время перемещения персонала. Научная новизна исследования состоит в переводе ПТ из агрегированного отчетного показателя в операционно декомпозируемую величину, связанную с наблюдаемыми характеристиками процессов. Результаты апробации показали, что параметры предложенной модели представлены в эксплуатационных данных, поддаются расчету и позволяют интерпретировать различия в ПТ между сопоставимыми объектами и подразделениями. Практическая ценность исследования заключается в возможности использовать модель для выявления организационных причин различий в трудозатратах и для обоснования направлений повышения ПТ без сведения анализа к универсальным нормативам. Сделан вывод, что предложенная модель применима для аналитического описания ПТ на данных крупного предприятия. Ограничение исследования связано с использованием среза данных за один период. Дальнейшие исследования целесообразно направить на применение панельных данных, проверку устойчивости выявленных зависимостей во времени и уточнение границ применимости модели для предприятий разных типов.

Ключевые слова: управление бизнес-процессами, производительность труда, процессы эксплуатации инфраструктуры, операционная модель, планирование эксплуатационных работ, производственная функция Кобба–Дугласа

Для цитирования: Ефанов В.А., Шляхов А.С., Юрьев Н.А. (2026) Операционная модель производительности труда при эксплуатации распределенной инженерной инфраструктуры. П-Economy, 19 (3), 113–127. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.19308>



OPERATIONAL MODEL OF LABOR PRODUCTIVITY IN THE MANAGEMENT OF DISTRIBUTED ENGINEERING INFRASTRUCTURE

V.A. Efanov , A.S. Shlyahov, N.A. Yuriev

Social systems research institute at Lomonosov Moscow State University,
Moscow, Russian Federation

 efanov@niiss.ru

Abstract. Under conditions of limited opportunities for extensive infrastructure renewal, the importance of labor productivity in contemporary service-industrial and manufacturing enterprises that ensure the functioning of a geographically distributed network of engineering facilities is increasing. The system of business processes of the economic activities of such enterprises constitutes the object of the present study. For such enterprises, labor productivity depends not only on the number of employees and the total volume of work performed, but also on the structure of tasks, planning density, intensity of site visits, and personnel travel time. This determines the need to search for models for improving labor productivity that take into account measurable characteristics of business processes. The aim of the study is to develop an operational model of labor productivity for these enterprises that represents this indicator as an analytically interpretable dependence on measurable characteristics of business processes, as well as to formulate and substantiate directions for optimizing economic activity. The research methodology is based on the operationalization of labor productivity through parameters that reflect the organization of work and working time costs. The empirical basis of the study is a cross-section of operational data from a large Russian service-industrial enterprise, Russian Television and Radio Broadcasting Network, for 2025, including indicators for engineering facilities, maintenance units, and territorial branches, as well as derived indicators calculated on their basis. The study identifies controllable factors and diagnostic indicators that characterize the structure of work, frequency and intensity of site visits, planning density, and personnel travel time. The scientific novelty of the study lies in transforming labor productivity from an aggregated reporting indicator into an operationally decomposable value linked to observable process characteristics. The results of the empirical testing show that the parameters of the proposed model are represented in operational data, can be calculated, and make it possible to interpret differences in labor productivity between comparable facilities and units. The practical value of the study lies in the possibility of using the model to identify organizational reasons for differences in labor costs and to justify directions for increasing labor productivity without reducing the analysis to universal standards. The study concludes that the proposed model is applicable for the analytical description of labor productivity using data from a large enterprise. The limitation of the study is related to the use of cross-sectional data for a single period. Further research should focus on the use of panel data, testing the stability of the identified relationships over time, and clarifying the boundaries of applicability of the model for different types of enterprises.

Keywords: business process management, labor productivity, infrastructure maintenance processes, operational model, maintenance planning, Cobb–Douglas production function

Citation: Efanov V.A., Shlyahov A.S., Yuriev N.A. (2026) Operational model of labor productivity in the management of distributed engineering infrastructure. *П-Economy*, 19 (3), 113–127. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.19308>

Введение

В условиях ограниченных возможностей привлечения капитала на обновление основных фондов устойчивость предприятий, обеспечивающих функционирование территориально распределенной инженерно-хозяйственной инфраструктуры (например, сетей станций мобильной связи или объектов теле-, радиовещания), все в большей степени связывается с выявлением и использованием внутренних резервов повышения производительности труда (ПТ) эксплуатационных подразделений.



Экстенсивное наращивание ресурсов при этом не утрачивает значения, но в условиях санкционных и логистических ограничений, снижения численности населения, ограничений рынка труда и капитала, а также изменения поведенческих моделей потребления переходит из категории универсального управленческого средства в область адресных решений, требующих самостоятельного экономического обоснования [1–3]. В этой связи необходимость исследования определяется поиском моделей повышения ПТ, позволяющих перейти к экономико-математическому обоснованию направлений оптимизации системы бизнес-процессов хозяйственной деятельности таких предприятий.

Для предприятий указанного типа управление ПТ имеет выраженную операционную специфику, обусловленную высокой долей выездных работ, различием режимов функционирования территориально распределенных объектов, соотношением планово-профилактических работ (ППР), внеплановых работ (ВПР) и аварийных работ (АВР), а также временем перемещения персонала к месту, где непосредственно выполняются операции, обеспечивающие экономически значимый эксплуатационный результат [4, 5]. В этой связи актуализируется потребность в формализованной модели, позволяющей связать организацию эксплуатационных процессов с измеримыми затратами рабочего времени и ПТ как обобщающим показателем результативности его использования [6, 7].

Суть научно-практической задачи повышения ПТ для предприятий с территориально распределенной инженерно-хозяйственной инфраструктурой заключается в переходе от агрегированной оценки указанного экономического показателя к более детализированной совокупности управляемых факторов, определяющих повседневные процессы в системе хозяйственной деятельности. К указанным факторам относятся структура работ, насыщенность выездов, плотность планирования, соотношение ППР, ВПР и АВР, затраты времени на перемещение персонала. Важной областью научно-практических исследований становятся формализация указанных факторов и выработка расчетно-аналитического методического аппарата, соединяющего достижения компьютерных наук, экономико-математическое моделирование и алгоритмы анализа данных. Такой аппарат формирует научно обоснованный фундамент для цифровизации и стратегического управления ПТ в условиях ограниченности внутренних и внешних ресурсов.

Перспективное направление дальнейшего развития научного знания связано с переходом от раздельного рассмотрения ПТ и частных вопросов организации бизнес-процессов предприятий, эксплуатирующих территориально распределенную инженерно-хозяйственную инфраструктуру, к их системному взаимосвязанному аналитическому представлению. В научной литературе либо чаще раскрывается ПТ на агрегированном уровне как итоговый показатель результативности, либо детально рассматривается организация отдельных комплексов бизнес-процессов, что не всегда обеспечивает формирование единой и целостной картины хозяйственной деятельности предприятия. Вследствие этого актуальность приобретает методическая проработка аналитического представления ПТ как операционно декомпозируемого показателя, выражаемого через измеримые характеристики хозяйственных бизнес-процессов.

Объектом исследования является система бизнес-процессов хозяйственной деятельности современных сервисно-промышленных и производственных предприятий, обеспечивающих функционирование территориально распределенной инженерно-хозяйственной инфраструктуры.

Предметом исследования является методологический аппарат повышения ПТ указанных предприятий, включая аналитическое представление ПТ как функции измеримых показателей бизнес-процессов хозяйственной деятельности.

Научная новизна исследования состоит в переходе от представления ПТ как агрегированного итогового показателя к ее аналитической интерпретации как функциональной зависимости, детерминированной совокупностью измеримых факторов организации бизнес-процессов хозяйственной деятельности предприятий, эксплуатирующих территориально распределенную

инженерно-хозяйственную инфраструктуру, что создает фундамент для стратегического управления указанным показателем.

Цель исследования состоит в разработке операционной модели ПТ при эксплуатации территориально распределенной инженерно-хозяйственной инфраструктуры, позволяющей представить данный показатель как аналитически интерпретируемую зависимость от измеримых факторов организации соответствующих бизнес-процессов. *Гипотеза исследования* состоит в том, что ПТ в условиях эксплуатации территориально распределенной инженерно-хозяйственной инфраструктуры может быть представлена в виде модели, параметры которой формируются на основе измеримых факторов организации бизнес-процессов хозяйственной деятельности, и ее применимость допускает апробацию на информационной базе исследования.

Для достижения поставленной цели и проверки выдвинутой гипотезы решаются следующие задачи:

- разработка аналитического описания бизнес-процессов хозяйственной деятельности, связанных с эксплуатацией территориально распределенной инженерно-хозяйственной инфраструктуры, как предметной области анализа ПТ;
- формализация измеримых факторов организации указанных бизнес-процессов, значимых для аналитической интерпретации ПТ;
- построение операционной модели, выражающей ПТ через измеримые факторы организации эксплуатационных процессов;
- апробация применимости предложенной операционной модели ПТ на информационной базе исследования.

Литературный обзор

В отечественной и зарубежной литературе ПТ рассматривается как один из ключевых источников долгосрочного экономического роста, связанный с технологическим прогрессом, накоплением опыта и эндогенными изменениями в организации производства [8–14], а также с изменением технологической основы хозяйственного развития, организационной конфигурацией процессов, качеством управления и использованием цифровых инструментов [1–3, 12, 13]. В этой связи сохраняет методологическое значение теория больших циклов Н.Д. Кондратьева, позволяющая рассматривать рост ПТ в контексте долгосрочных технологических сдвигов и смены волн экономической динамики [14]. В интерпретации академиков А.А. Акаева и В.А. Садовниченко при переходе к шестой волне Н.Д. Кондратьева человеческий и организационно-технологический фактор приобретает определяющее значение для динамики ПТ [1].

В исследованиях ПТ особое значение имеет переход от агрегированных показателей к объяснению различий внешней и внутренней среды предприятия [11, 17, 19]. В этой логике производительность рассматривается как результат не только технологического уровня, но и управленческих практик, качества организации процессов и способности предприятия измерять и изменять параметры деятельности. В рамках экономико-математического моделирования важное место занимает производственно-функциональный подход к анализу выпуска и производительности, включая функцию Кобба–Дугласа и ее модификации, используемые для оценки вклада труда, капитала, технологического прогресса, информационно-коммуникационных и цифровых факторов [1, 3, 5]. Данный подход обладает высокой объяснительной способностью при анализе производительности на макроэкономическом или корпоративном уровнях, но преимущественно не ориентирован на раскрытие внутренней структуры рабочего времени, увязанного с составом работ, календарным планированием, продолжительностью перемещения и регламентацией процессов.

Отдельный массив исследований посвящен влиянию цифровой трансформации, реинжиниринга процессов и управления на основе данных на ПТ. В этих работах подчеркивается, что



влияние цифровых технологий проявляется не только через внедрение программных средств, но и через изменение организационных практик, накопление нематериальных активов и перестройку процессов [4, 6, 13, 15–18]. Для настоящего исследования этот задел принципиален, поскольку цифровые инструменты важны не сами по себе, а как средство фиксации состава работ, трудозатрат, временных потерь, маршрутов и плотности планирования.

В прикладных работах по эксплуатации распределенных технических систем акцент делается на календарном планировании технического обслуживания и выездных работ, управлении затратами жизненного цикла активов и инструментах поддержки эксплуатации [19–25]. Эти исследования подтверждают значимость параметров, которые непосредственно входят в организацию эксплуатационного процесса. Однако в большинстве работ указанные параметры рассматриваются как самостоятельные задачи оперативного управления или оптимизации технического обслуживания и ремонтов, а не как элементы операционной модели ПТ.

Еще одно направление образуют исследования сравнительной оценки эффективности инфраструктурных и сетевых систем, где фактические режимы функционирования сопоставляются с эталонными или граничными режимами эффективности [26–28]. Данное направление позволяет выявлять различия между объектами, подразделениями или операторами и фиксировать отклонения от более эффективных режимов работы. Вместе с тем такой анализ, как правило, выполняется на агрегированном уровне предприятий, отраслей или инфраструктурных операторов и в меньшей степени сосредоточен на формализации внутренней структуры трудозатрат на уровне выездных процессов, планирования и состава работ [26, 27].

Таким образом, существующие исследования формируют важный теоретический и прикладной задел, на основе которого может быть развита операционная интерпретация ПТ через измеримые факторы процессов и их включение в единую и целостную картину хозяйственной деятельности предприятия. Однако в обозначенных выше внешних и ресурсных ограничениях предприятий сохраняется потребность в поиске моделей повышения ПТ, которые не ограничиваются агрегированной оценкой результата, а позволяют перейти к экономико-математическому обоснованию направлений оптимизации системы бизнес-процессов хозяйственной деятельности.

В этой связи особую актуальность приобретает построение операционной модели ПТ, позволяющей по фактическим данным крупного хозяйствующего субъекта связать затраты рабочего времени с факторами организации бизнес-процессов предприятий, эксплуатирующих территориально распределенную инженерно-хозяйственную инфраструктуру. Решение указанной задачи предполагает раскрытие специфики объекта исследования.

Под объектом настоящего исследования понимается система бизнес-процессов хозяйственной деятельности современных сервисно-промышленных и производственных предприятий, обеспечивающих функционирование территориально распределенной инженерно-хозяйственной инфраструктуры. Для такой системы характерны не единичные локальные операции, а повторяющиеся и взаимосвязанные виды деятельности: ППР, ВПР и АВР, ремонт технологического оборудования, автотранспортные поездки, устранение инцидентов на объектах эксплуатации и связанные с этим организационные решения.

Указанная система бизнес-процессов хозяйственной деятельности образует самостоятельный объект экономического исследования, поскольку может быть зафиксирована через массив измеримых факторов и использована для аналитического представления ПТ. Следовательно, специфика объекта исследования определяется тем, что результат деятельности формируется не в пределах одного производственного участка, а во всей инженерно-хозяйственной инфраструктуре, где труд распределяется между выполнением ППР, ВПР и АВР и временем в пути к месту их проведения.

Поэтому для предприятий с территориально распределенной инженерно-хозяйственной инфраструктурой ПТ определяется не только численностью персонала и общим объемом работ, но и организацией эксплуатационных процессов. В этом состоит принципиальное отличие рассматриваемого объекта от классических локализованных производственных систем, в которых пространственный фактор не является столь значимым.

Следовательно, для рассматриваемого объекта ПТ не сводится к отношению совокупного объема работ к общему рабочему времени. Она должна быть представлена через параметры, отражающие организацию работ на территориально распределенных объектах: структуру заданий, насыщенность выездов, частоту перемещений и время в пути. Именно эта логика определяет дальнейший переход к построению операционной модели ПТ.

Материалы и методы

Методологически логика исследования реализует последовательную операционализацию ПТ в системе бизнес-процессов хозяйственной деятельности современных сервисно-промышленных и производственных предприятий. Выбор методологической базы выполняется с учетом специфики эксплуатации объектов и опирается на эмпирическое описание исходных данных (табл. 1), фиксирующее структуру и интенсивность эксплуатации объектов [22, 23]: регламенты ППР, ВПР и АВР, насыщенность регламентными процедурами или заданиями выездов (выезды), а также время в пути как существенный компонент трудозатрат подразделений.

На этой основе формализуется система эксплуатационных процессов, из которой аналитически выводятся управляющие механизмы, связывающие структуру исследуемых процессов с затратами рабочего времени [24, 25] и следует операционная модель ПТ.

ПТ представима как отношение объема выполненных работ к совокупным трудозатратам. Если R – суммарное число выполненных работ за период, N – число выездов, $w = R / N$ – средняя насыщенность выезда, $s_{\text{факт}}$ – средние прямые трудозатраты на выполнение одной работы, $T_{\text{дорога}}$ – среднее время в пути на один выезд, включая подготовительные и сопутствующие затраты времени на один выезд, то совокупные трудозатраты могут быть представлены следующим образом:

$$T = R * s_{\text{факт}} + N * (T_{\text{дорога}}).$$

Поскольку $N = R / w$, после подстановки получаем:

$$T = R * [s_{\text{факт}} + (T_{\text{дорога}}) / w].$$

Тогда ПТ принимает вид:

$$\text{ПТ} = R / T = 1 / [s_{\text{факт}} + (T_{\text{дорога}}) / w],$$

или в эквивалентной форме:

$$\text{ПТ} = w / [w * s_{\text{факт}} + T_{\text{дорога}}].$$

Таким образом, $R * s_{\text{факт}}$ отражает трудозатраты, а $T_{\text{дорога}} * N$ – использованное время. Рост w означает увеличение числа работ, выполняемых за один выезд, и снижение доли потерь на единицу выполненной работы.

В целях последующего анализа показатели исследования разделяются на:

- управляющие индикаторы – диагностические показатели, фиксирующие объем и структуру выездов и характеризующие функционирование объектов, например их количество и перечень регламентных работ, или наличие инцидентов, связанных с нарушением качества оказания услуг;
- управляемые факторы – показатели процессов, характеристики эксплуатации, на которые могут воздействовать руководители, например, регламентно увеличивая насыщенность выездов w , плотность планирования или отношение ВПР/ППР.

Операционная модель ПТ задает обоснованный переход к управляющим механизмам: изменение факторов приводит к изменению затрат времени T и, «при прочих равных», ПТ. Для перехода от аналитической записи к эмпирической апробации модели необходимо сопоставить ее элементы с наблюдаемыми показателями информационной базы (табл. 1).

Таблица 1. Связь элементов операционной модели ПТ с измеримыми характеристиками процессов эксплуатации территориально распределенной инженерно-хозяйственной инфраструктуры
Table 1. Relation between the elements of the operational labor productivity model and measurable characteristics of maintenance processes for geographically distributed infrastructure

№	Элемент модели	Аналитическая форма	Наблюдаемые показатели и экономический смысл динамики
1	Частота выездов и связь с насыщенностью	$N = R / w$	Увеличение w при фиксированном R уменьшает N . Меньше выездов на заданное число объектов → → меньше времени на соответствующую компоненту.
2	Затраты рабочего времени на выезд (после подстановки $N = R / w$)	$T = R * (s_{\text{факт}} + T_{\text{дорога}} / w)$	Управляющие механизмы следуют из влияния параметров на T . Снижение общего времени выполнения работы T при фиксированных условиях повышает ПТ.
3	Насыщенность выезда w и оценка ее влияния на трудозатраты	$\partial T / \partial w = - R * T_{\text{дорога}} / w^2 < 0$	Увеличение w . Сокращение числа выездов и доли соответствующей компоненты → рост ПТ.
4	Непроизводительные затраты на выезд	$\partial T / \partial T_{\text{дорога}} = R / w = N > 0$	Уменьшение $T_{\text{дорога}}$ и/или N снижает суммарные непроизводительные затраты времени.
5	Затраты времени на выполнение одной работы $s_{\text{факт}}$	$\partial T / \partial s_{\text{факт}} = R > 0$	Сокращение $s_{\text{факт}}$ при неизменности требований к качеству обслуживания (пересмотр регламентов ППР). Снижение затрат времени по всей совокупности объектов → системный эффект на ПТ.
6	Структура работ и плотность планирования как факторы, влияющие на w	$w = w (p_{\text{ППР}}, p_{\text{ВПР}}, p_{\text{АВР}})$, где $p_{\text{ППР}}, p_{\text{ВПР}}, p_{\text{АВР}}$ – доли соответствующих типов работ в общей структуре работ	Управление структурой работ (ППР/ВПР/АВР) для увеличения w . Рост доли ППР повышает согласованность планирования и способствует росту w ; рост отношения ВПР к ППР снижает w и увеличивает фрагментацию выездов (дробление).
7	ПТ (общий и уточненный вид)	$\text{ПТ} = R / T = 1 / [s_{\text{факт}} + T_{\text{дорога}} / w] = w / (T_{\text{дорога}} + w * s_{\text{факт}})$	ПТ возрастает при росте w и/или снижении T при фиксированном R . Снижение T достигается управлением параметрами $w, T_{\text{дорога}}, s_{\text{факт}}$.

Источник: составлено авторами.

Таким образом, в таблице зафиксирован переход от описания эксплуатационных процессов к аналитическому представлению ПТ. Параметры предложенной модели позволяют связать наблюдаемые характеристики организации работ с изменением совокупных трудозатрат и интерпретировать различия в ПТ между сопоставимыми объектами и подразделениями. Параметры, входящие в выражение для затрат времени T , включая w , $s_{\text{дорога}}$, $s_{\text{факт}}$ и соотношение структуры работ ППР, ВПР, АВР рассматриваются как управляемые факторы, через которые реализуются управляющие механизмы, что отражается на динамике управляющих индикаторов.

Если табл. 1 фиксирует аналитическую связь между элементами модели и измеримыми характеристиками процессов, то следующий шаг состоит в проверке того, представлены ли соответствующие характеристики в фактических данных предприятия. Для этого используется информационная база исследования, включающая срез эксплуатационных данных федерального государственного унитарного предприятия «Российская телевизионная и радиовещательная сеть» (ФГУП РТРС) по территориально распределенной инженерно-хозяйственной инфраструктуре за 2025 г., а также ряд производных показателей (табл. 2). Для обеспечения сопоставимости последующего анализа выполнены очистка данных и сокращение размерности путем отбора показателей.

Переход от установленных управленческих механизмов к факторам и их сопоставление на уровнях «инженерный объект – эксплуатационные подразделения – территориальный филиал» методологически опираются на представление предприятий как многоуровневых систем, в которых процессы и характеристики одного уровня проявляются и агрегируются на последующих уровнях анализа при сохранении смысловой связности показателей [29–31].

Представленные характеристики отражают кросс-секционный срез эксплуатационных данных за один период. Оценки в работе интерпретируются как статистические соотношения между объектами и организационными единицами и не используются для выводов о динамике и причинных эффектах управленческих вмешательств. Анализ динамики требует панельных данных и выходит за рамки настоящего исследования. На этапе предварительной обработки исключены показатели с модулем парного коэффициента корреляции $|\rho| > 0,95$ во избежание дублирования информации.

В дальнейшем анализе использованы показатели, отражающие структуру работ (ППР, ВПР, АВР), частоту выездов, долю времени в пути и плотность планирования как ключевые характеристики организации эксплуатационных процессов, и эмпирически показывается, что предложенная операционная модель ПТ задает наблюдаемые управляемые параметры организации процесса.

Результаты

Распределения управляемых факторов эксплуатационных процессов характеризуются выраженной неоднородностью и асимметрией. Например, были выделены эксплуатационные подразделения с повышенной долей ВПР к ППР и затратами времени в пути, пониженной плотностью планирования и низкой насыщенностью выездов, то есть с параметрами организации работ, связанными с ростом трудозатрат персонала.

Анализ исходных данных позволил выделить два показателя, непосредственно связанные с логикой предложенной операционной модели: соотношение внеплановых и плановых выездов на объект (рис. 1) и плотность планирования процедур ППР (рис. 2). Первый показатель отражает структуру выездной нагрузки, второй – степень концентрации операций при планировании. В совокупности они позволяют перейти от общей оценки ПТ к анализу управляемых факторов организации эксплуатационных процессов.

Существенная вариация соотношения внеплановых и плановых выездов показывает, что структура заданий выступает не только внешним условием эксплуатации, но и наблюдаемым

фактором организации процессов. Различия в плотности планирования позволяют оценить степень концентрации операций на территориально распределенных объектах. В терминах предложенной модели такие параметры связаны с насыщенностью выездов, частотой перемещений и долей рабочего времени, приходящейся на доставку персонала к месту выполнения заданий.

Рис. 1 показывает, что соотношение внеплановых и плановых выездов заметно различается между эксплуатационными подразделениями. Для операционной модели это имеет принципиальное значение: высокая доля ВПР указывает на более выраженный реактивный режим работы, при котором возрастает потребность в дополнительных перемещениях персонала и снижается возможность концентрации операций на одном объекте. Следовательно, структура выездной нагрузки выступает не внешним фоном, а измеримым фактором, влияющим на затраты рабочего времени и итоговый уровень ПТ.

**Таблица 2. Описательная статистика показателей эксплуатации
территориально распределенной инженерно-хозяйственной инфраструктуры**
Table 2. Descriptive statistics of maintenance indicators for geographically distributed infrastructure

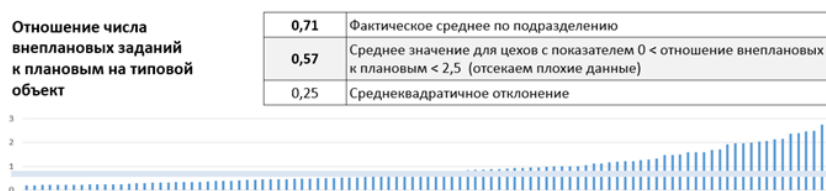
Наименование показателя	Размер выборки	Ср. знач.	Станд. отклонение	Медиана ¹	Квартиль			Коэф-т вариации, %	Min	Max
					Q1	Q3	IQR			
Всего заданий всех видов	3706	14,7	23,1	10	5	16	11	156,7	0	373
Всего плановых заданий (выполнение графика ППР)	3706	6,5	11,0	4	2	7	5	170,1	0	274
Всего количество процедур ППР	3706	114,4	92,2	102	58	144	86	80,5	0	1303
Всего аварийных заданий	3709	1,0	2,1	0	0	1	1	206,4	0	22
Всего выездов (могут включать несколько заданий разных типов)	3706	10,9	14,5	8	4	14	10	133,4	0	286
Всего обращений, связанных с качеством оказания услуг	3706	0,5	1,9	0	0	0	0	416,9	0	60
Всего заявок на ремонт оборудования	3707	0,4	0,8	0	0	1	1	191,0	0	10
Всего инцидентов, связанных с нарушением качества оказания услуг	3534	1 455	1670	994	700	1536	836	114,8	4	30828

Источник: составлено авторами.

Рис. 2 раскрывает различия в плотности планирования процедур ППР. Сопоставление фактического распределения с расчетным ориентиром показывает, что часть объектов и подразделений находится в зоне недостаточной концентрации операций, тогда как другая часть приближается к более рациональному режиму планирования. Это подтверждает прикладную значимость модели: она позволяет не только фиксировать средний уровень показателя, но и выделять зоны управленческого внимания, где изменение календарной плотности способно повлиять на насыщенность выездов и затраты времени на перемещение персонала.

Многоуровневый анализ по уровням «объект — эксплуатационное подразделение — территориальный филиал» позволяет различать локальные отклонения и устойчивые особенности

¹ Для событийных показателей характерна нулевая инфляция; нулевые значения интерпретируются как отсутствие событий за период.



Источник: составлено авторами.

Рис. 1. Распределение эксплуатационных подразделений по соотношению внеплановых и плановых выездов на объект

Fig. 1. Distribution across operating units by the ratio of unscheduled to scheduled site visits



Источник: составлено авторами.

Рис. 2. Плотность планирования процедур планово-профилактических работ:
распределение по эксплуатационным подразделениям

Fig. 2. Planning density of preventive maintenance procedures: distribution across operating units

организации процессов. Апробация показывает, что параметры, включенные в операционную модель, наблюдаемы в данных предприятия, содержательно интерпретируемы и пригодны для объяснения различий в ПТ. Тем самым предложенная модель подтверждает применимость как инструмент аналитического описания ПТ при эксплуатации территориально распределенной инженерно-хозяйственной инфраструктуры.

Обсуждение

Полученные результаты уточняют способ постановки и локализации задачи повышения ПТ для предприятий с территориально распределенной инженерно-хозяйственной инфраструктурой. В традиционной управленческой логике данный показатель фиксирует отношение агрегированных объемов работ и трудозатрат, но не раскрывает внутренний механизм его формирования. В настоящем исследовании ПТ интерпретируется как операционно декомпозируемая величина, зависящая от таких параметров организации системы эксплуатационных процессов, как состав работ, плотность планирования, насыщенность выездов, время в пути, и иных измеримых характеристик. Тем самым ПТ переводится из уровня агрегированной управленческой оценки в плоскость операционного анализа, где становится возможным зафиксировать различия между сопоставимыми объектами исследования и содержательно интерпретировать причины этих различий.



Методологическое значение полученных результатов состоит в синтезе двух обычно разобщенных уровней анализа: агрегированной экономической категории ПТ и фактической организации эксплуатационных процессов. Исследования цифровизации, управления процессами, планирования работ и сравнительной оценки эффективности, как правило, рассматривают либо общие эффекты преобразований, либо отдельные задачи организации работ. Предложенная модель продолжает эту линию, задавая переход от наблюдаемых характеристик процессного контура к аналитическому представлению ПТ. Такой переход позволяет рассматривать структуру работ, плотность планирования и насыщенность выездов не как разрозненные производственные показатели, а как элементы единой зависимости, через которую формируется трудоемкость деятельности подразделений.

Вместе с тем результаты исследования имеют четко определенные границы применимости. Апробация указанной модели выполнена на срезе данных крупного предприятия, поэтому полученные соотношения следует трактовать как подтверждение применимости операционной модели ПТ, а не как доказательство универсальных нормативов или причинных эффектов управленческих воздействий. Значение проведенной апробации состоит в том, что показана принципиальная возможность расчета параметров указанной модели на массиве исходных данных и их использования для интерпретации различий в ПТ.

Дальнейшее развитие исследования должно быть связано с проверкой устойчивости выявленных зависимостей на панельных данных, расширением состава измеримых характеристик процессного контура и уточнением границ применения операционной модели ПТ для предприятий разных типов.

Заключение

Цель исследования достигнута: в работе построена операционная модель ПТ при эксплуатации территориально распределенной инженерно-хозяйственной инфраструктуры. В ходе исследования решены поставленные задачи: описан объект исследования, формализованы измеримые характеристики процессов, выведена модель ПТ и выполнена ее апробация на информационной базе предприятия.

В рамках указанной модели ПТ раскрывается через структуру работ, плотность планирования, насыщенность выездов, время в пути и иные измеримые характеристики организации эксплуатационных процессов. Тем самым показатель переводится в операционно декомпозируемую величину, позволяющую связывать различия в ПТ со сложившимися подходами к организации эксплуатационных процессов.

Выдвинутая гипотеза получила подтверждение в пределах принятой методологии и ограничений исследования. Апробация операционной модели ПТ на информационной базе показала, что ее параметры наблюдаемы на реальных данных, поддаются расчету и содержательно интерпретируются в связи рассмотренными показателями эксплуатационных процессов. Ограничение исследования связано с использованием среза данных за один период.

Полученные результаты не следует трактовать как доказательство причинных эффектов управленческих воздействий или как установление универсальных нормативов организации работ. Дальнейшее развитие исследования целесообразно связать с переходом к панельным данным, проверкой устойчивости выявленных зависимостей во времени и уточнением границ применимости операционной модели ПТ для предприятий разных типов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Акаев А.А., Садовничий В.А. (2021) Человеческий фактор как определяющий производительность труда в эпоху цифровой экономики. *Проблемы прогнозирования*, 1 (184), 45–58. DOI: 10.47711/0868-6351-184-45-58
2. Tian M., Chen Y., Tian G., Huang W., Hu C. (2023) The role of digital transformation practices in the operations improvement in manufacturing firms: A practice-based view. *International Journal of Production Economics*, 262, art. no. 108929. DOI: 10.1016/j.ijpe.2023.108929
3. Fulgenzi R., Gitto S., Mancuso P. (2024) Information and communication technology and labour productivity growth: a production-frontier approach. *Annals of Operations Research*, 333, 123–156. DOI: 10.1007/s10479-024-05818-8
4. Li W., Yang X., Yin X. (2024) Digital transformation and labor upgrading. *Pacific-Basin Finance Journal*, 83, art. no. 102280. DOI: 10.1016/j.pacfin.2024.102280
5. Wang D., Shao X. (2024) Research on the impact of digital transformation on the production efficiency of manufacturing enterprises: Institution-based analysis of the threshold effect. *International Review of Economics & Finance*, 91, 883–897. DOI: 10.1016/j.iref.2024.01.046
6. Zhou Y., Lyu J., Li L. (2025) Can digital transformation enhance labor productivity in enterprises: An analysis from the perspective of business process reengineering. *PLOS One*, 20 (6), art. no. e0325484. DOI: 10.1371/journal.pone.0325484
7. Wang J., Zhao H. (2025) Enterprise digital transformation and sustainable productivity. *Discover Sustainability*, 6, art. no. 308. DOI: 10.1007/s43621-025-01128-6
8. Dalio R. (2017) *How the Economic Machine Works: Leveragings and Deleveragings*, Westport, CT: Bridgewater Associates.
9. Solow R.M. (1957) Technical Change and the Aggregate Production Function. *The Review of Economics and Statistics*, 39 (3), 312–320. DOI: 10.2307/1926047
10. Arrow K.J. (1962) The Economic Implications of Learning by Doing. *The Review of Economic Studies*, 29 (3), 155–173. DOI: 10.2307/2295952
11. Syverson C. (2011) What Determines Productivity? *Journal of Economic Literature*, 49 (2), 326–365. DOI: 10.1257/jel.49.2.326
12. Журавлев Д.М. (2024) *Стратегирование цифровой трансформации сложных социально-экономических систем* (под науч. ред. В.Л. Квинта), СПб.: ИПЦ СЗИУ РАНХиГС. DOI: 10.559-59/978-5-89781-862-4
13. Spanaki K., Dennehy D., Papadopoulos T., Dubey R. (2025) Data-driven digital transformation in operations and supply chain management. *International Journal of Production Economics*, 284, art. no. 109599. DOI: 10.1016/j.ijpe.2025.109599
14. Акаев А.А., Коротаев А.В. (2019) О начале фазы подъема шестой Кондратьевской волны и проблемах глобального устойчивого роста. *Век глобализации*, 1 (29), 3–17. DOI: 10.30884/vglob/2019.01.01
15. Brynjolfsson E., Hitt L.M. (2003) Computing Productivity: Firm-Level Evidence. *The Review of Economics and Statistics*, 85 (4), 793–808.
16. Brynjolfsson E., Rock D., Syverson C. (2021) The Productivity J-Curve: How Intangibles Complement General Purpose Technologies. *American Economic Journal: Macroeconomics*, 13 (1), 333–372. DOI: 10.1257/mac.20180386
17. Bloom N., Van Reenen J. (2007) Measuring and Explaining Management Practices Across Firms and Countries. *The Quarterly Journal of Economics*, 122 (4), 1351–1408. DOI: 10.1162/qjec.2007.122.4.1351
18. Bloom N., Brynjolfsson E., Foster L., Jarmin R., Patnaik M., Saporta-Eksten I., Van Reenen J. (2019) What Drives Differences in Management Practices? *American Economic Review*, 109 (5), 1648–1683. DOI: 10.1257/aer.20170491
19. Si G., Xia T., Gebraeel N., Wang D., Pan E., Xi L. (2022) A reliability-and-cost-based framework to optimize maintenance planning and diverse-skilled technician routing for geographically distributed systems. *Reliability Engineering & System Safety*, 226, art. no. 108652. DOI: 10.1016/j.ress.2022.108652
20. Tusar M.I.H., Sarker B.R. (2024) Technician assignment in multi-shift maintenance schedules in an offshore wind farm. *Renewable Energy Focus*, 51, art. no. 100616. DOI: 10.1016/j.ref.2024.100616



21. Chen X., Li K., Lin S., Ding X. (2024) Technician routing and scheduling with employees' learning through implicit cross-training strategy. *International Journal of Production Economics*, 271, art. no. 109208. DOI: 10.1016/j.ijpe.2024.109208
22. Monfared M.A.S., Zio E. (2025) Maintenance planning: Reflections, lessons learned and a novel categorization. *Computers & Industrial Engineering*, 207, art. no. 111272. DOI: 10.1016/j.cie.2025.111272
23. Salzano A., Parisi C.M., Acampa G., Nicolella M. (2023) Existing assets maintenance management: Optimizing maintenance procedures and costs through BIM tools. *Automation in Construction*, 149, art. no. 104788. DOI: 10.1016/j.autcon.2023.104788
24. Alsaffar A., Beach T., Rezguy Y. (2025) Enhancing asset management: Integrating digital twins for continuous permitting and compliance – A systematic literature review. *Journal of Building Engineering*, 99, art. no. 111515. DOI: 10.1016/j.jobbe.2024.111515
25. Gladysz B., Quadrini W., Ruppert T., Smagowicz J., Szwed C., van Erp T., Macchi M. (2025) Digital Twins in maintenance and asset management: evidence on the technology adoption from scientific literature and patents. *IFAC-PapersOnLine*, 59 (24), 452–457. DOI: 10.1016/j.ifacol.2025.11.907
26. Afsharian M., Ahn H., Kamali S., Vilela B. (2025) DEA-based benchmarking of water and wastewater utilities: A comprehensive literature review. *Utilities Policy*, 95, art. no. 102024. DOI: 10.1016/j.jup.2025.102024
27. Maziotis A., Molinos-Senante M. (2025) Benchmarking technical efficiency of water utilities in Chile under heterogeneity: A latent class frontier approach. *Utilities Policy*, 97, art. no. 102076. DOI: 10.1016/j.jup.2025.102076
28. Oum T.H., Wang K., Yu C., Coppola P., Castagna L., Kato H., Le Y., Luo X., Gan S., Kim K., Kim W., Patil G., Gaur V., Circella G., Mohiuddin H., Lecompte M.C., Lim C. (2025) The WCTRS global subway efficiency benchmarking task force inaugural report: The key findings, lessons learned, policy issues investigated. *Transport Policy*, 162, 353–363. DOI: 10.1016/j.tranpol.2024.12.012
29. Gunasekaran A., Patel C., McGaughey R.E. (2004) A framework for supply chain performance measurement. *International Journal of Production Economics*, 87 (3), 333–347. DOI: 10.1016/j.ijpe.2003.08.003
30. Журавлев Д.М., Троценко А.Н., Чаадаев В.К. (2022) Методология и инструментарий стратегирования социально-экономического развития региона. *Экономика промышленности*, 15 (2), 131–142. DOI: 10.17073/2072-1633-2022-2-131-142
31. Журавлев Д.М., Чаадаев В.К. (2023) Моделирование процессов сложной социально-экономической системы при выборе стратегических приоритетов развития. *Стратегирование: теория и практика*, 3 (1), 1–20. DOI: 10.21603/2782-2435-2023-3-1-1-20

REFERENCES

1. Akaev A.A., Sadovnichii V.A. (2021) The Human Component as a Determining Factor of Labor Productivity in the Digital Economy. *Studies on Russian Economic Development*, 32 (1), 29–36. DOI: 10.1134/S1075700721010020
2. Tian M., Chen Y., Tian G., Huang W., Hu C. (2023) The role of digital transformation practices in the operations improvement in manufacturing firms: A practice-based view. *International Journal of Production Economics*, 262, art. no. 108929. DOI: 10.1016/j.ijpe.2023.108929
3. Fulgenzi R., Gitto S., Mancuso P. (2024) Information and communication technology and labour productivity growth: a production-frontier approach. *Annals of Operations Research*, 333, 123–156. DOI: 10.1007/s10479-024-05818-8
4. Li W., Yang X., Yin X. (2024) Digital transformation and labor upgrading. *Pacific-Basin Finance Journal*, 83, art. no. 102280. DOI: 10.1016/j.pacfin.2024.102280
5. Wang D., Shao X. (2024) Research on the impact of digital transformation on the production efficiency of manufacturing enterprises: Institution-based analysis of the threshold effect. *International Review of Economics & Finance*, 91, 883–897. DOI: 10.1016/j.iref.2024.01.046
6. Zhou Y., Lyu J., Li L. (2025) Can digital transformation enhance labor productivity in enterprises: An analysis from the perspective of business process reengineering. *PLOS One*, 20 (6), art. no. e0325484. DOI: 10.1371/journal.pone.0325484

7. Wang J., Zhao H. (2025) Enterprise digital transformation and sustainable productivity. *Discover Sustainability*, 6, art. no. 308. DOI: 10.1007/s43621-025-01128-6
8. Dalio R. (2017) *How the Economic Machine Works: Leveragings and Deleveragings*, Westport, CT: Bridgewater Associates.
9. Solow R.M. (1957) Technical Change and the Aggregate Production Function. *The Review of Economics and Statistics*, 39 (3), 312–320. DOI: 10.2307/1926047
10. Arrow K.J. (1962) The Economic Implications of Learning by Doing. *The Review of Economic Studies*, 29 (3), 155–173. DOI: 10.2307/2295952
11. Syverson C. (2011) What Determines Productivity? *Journal of Economic Literature*, 49 (2), 326–365. DOI: 10.1257/jel.49.2.326
12. Zhuravlev D.M. (2024) *Strategizing of digital transformation of complex socio-economic systems* (ed. V.L. Kvint), St. Petersburg: IPTS SZIU RANKHiGS. DOI: 10.55959/978-5-89781-862-4
13. Spanaki K., Dennehy D., Papadopoulos T., Dubey R. (2025) Data-driven digital transformation in operations and supply chain management. *International Journal of Production Economics*, 284, art. no. 109599. DOI: 10.1016/j.ijpe.2025.109599
14. Akaev A.A., Korotayev A.V. (2019) On the started upward phase of the 6th Kondratieff wave and the problems of global sustainable growth. *Age of Globalization*, 1 (29), 3–17. DOI: 10.30884/vglob/2019.01.01
15. Brynjolfsson E., Hitt L.M. (2003) Computing Productivity: Firm-Level Evidence. *The Review of Economics and Statistics*, 85 (4), 793–808.
16. Brynjolfsson E., Rock D., Syverson C. (2021) The Productivity J-Curve: How Intangibles Complement General Purpose Technologies. *American Economic Journal: Macroeconomics*, 13 (1), 333–372. DOI: 10.1257/mac.20180386
17. Bloom N., Van Reenen J. (2007) Measuring and Explaining Management Practices Across Firms and Countries. *The Quarterly Journal of Economics*, 122 (4), 1351–1408. DOI: 10.1162/qjec.2007.122.4.1351
18. Bloom N., Brynjolfsson E., Foster L., Jarmin R., Patnaik M., Saporta-Eksten I., Van Reenen J. (2019) What Drives Differences in Management Practices? *American Economic Review*, 109 (5), 1648–1683. DOI: 10.1257/aer.20170491
19. Si G., Xia T., Gebraeel N., Wang D., Pan E., Xi L. (2022) A reliability-and-cost-based framework to optimize maintenance planning and diverse-skilled technician routing for geographically distributed systems. *Reliability Engineering & System Safety*, 226, art. no. 108652. DOI: 10.1016/j.res.2022.108652
20. Tusar M.I.H., Sarker B.R. (2024) Technician assignment in multi-shift maintenance schedules in an offshore wind farm. *Renewable Energy Focus*, 51, art. no. 100616. DOI: 10.1016/j.ref.2024.100616
21. Chen X., Li K., Lin S., Ding X. (2024) Technician routing and scheduling with employees' learning through implicit cross-training strategy. *International Journal of Production Economics*, 271, art. no. 109208. DOI: 10.1016/j.ijpe.2024.109208
22. Monfared M.A.S., Zio E. (2025) Maintenance planning: Reflections, lessons learned and a novel categorization. *Computers & Industrial Engineering*, 207, art. no. 111272. DOI: 10.1016/j.cie.2025.111-272
23. Salzano A., Parisi C.M., Acampa G., Nicolella M. (2023) Existing assets maintenance management: Optimizing maintenance procedures and costs through BIM tools. *Automation in Construction*, 149, art. no. 104788. DOI: 10.1016/j.autcon.2023.104788
24. Alsaffar A., Beach T., Rezgui Y. (2025) Enhancing asset management: Integrating digital twins for continuous permitting and compliance – A systematic literature review. *Journal of Building Engineering*, 99, art. no. 111515. DOI: 10.1016/j.job.2024.111515
25. Gladysz B., Quadrini W., Ruppert T., Smagowicz J., Szwed C., van Erp T., Macchi M. (2025) Digital Twins in maintenance and asset management: evidence on the technology adoption from scientific literature and patents. *IFAC-PapersOnLine*, 59 (24), 452–457. DOI: 10.1016/j.ifacol.2025.11.907
26. Afsharian M., Ahn H., Kamali S., Vilela B. (2025) DEA-based benchmarking of water and wastewater utilities: A comprehensive literature review. *Utilities Policy*, 95, art. no. 102024. DOI: 10.1016/j.jup.2025.102024
27. Maziotis A., Molinos-Senante M. (2025) Benchmarking technical efficiency of water utilities in Chile under heterogeneity: A latent class frontier approach. *Utilities Policy*, 97, art. no. 102076. DOI: 10.1016/j.jup.2025.102076

28. Oum T.H., Wang K., Yu C., Coppola P., Castagna L., Kato H., Le Y., Luo X., Gan S., Kim K., Kim W., Patil G., Gaur V., Circella G., Mohiuddin H., Lecompte M.C., Lim C. (2025) The WCTRS global subway efficiency benchmarking task force inaugural report: The key findings, lessons learned, policy issues investigated. *Transport Policy*, 162, 353–363. DOI: 10.1016/j.tranpol.2024.12.012

29. Gunasekaran A., Patel C., McGaughey R.E. (2004) A framework for supply chain performance measurement. *International Journal of Production Economics*, 87 (3), 333–347. DOI: 10.1016/j.ijpe.2003.08.003

30. Zhuravlev D.M., Trotsenko A.N., Chaadaev V.K. (2022) Methodology and instruments of strategizing of socio-economic development of the region. *Russian Journal of Industrial Economics*, 15 (2), 131–142. DOI: 10.17073/2072-1633-2022-2-131-142

31. Zhuravlev D.M., Chaadaev V.K. (2023) Modeling the Processes of a Complex Socio-Economic System and Strategic Development Priorities. *Strategizing: Theory and Practice*, 3 (1), 1–20. DOI: 10.21603/2782-2435-2023-3-1-1-20

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT AUTHORS

ЕФАНОВ Владислав Александрович

E-mail: efanov@niiss.ru

Vladislav A. EFANOV

E-mail: efanov@niiss.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9967-7593>

ШЛЯХОВ Андрей Сергеевич

E-mail: info@niiss.ru

Andrey S. SHLYANOV

E-mail: info@niiss.ru

ЮРЬЕВ Никита Анатольевич

E-mail: info@niiss.ru

Nikita A. YURIEV

E-mail: info@niiss.ru

Поступила: 14.04.2026; Одобрена: 15.06.2026; Принята: 15.06.2026.

Submitted: 14.04.2026; Approved: 15.06.2026; Accepted: 15.06.2026.