

Научная статья
УДК 331.108
DOI: <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2025-22-1-124-135>
EDN: AWCVGH



РАЗРАБОТКА ПОДХОДОВ К СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СТРУКТУР И СОСТАВА ПЕРСОНАЛА СТРОИТЕЛЬНЫХ КОМПАНИЙ С УЧЕТОМ ЗАТРАТ

Сират Джавед

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет,
г. Санкт-Петербург, Россия
jawed.serat@yandex.ru

АННОТАЦИЯ

Введение. Современные условия строительства требуют от компаний высокой гибкости и способности оперативно адаптировать свою производственную структуру и состав персонала под требования каждого проекта. Для достижения максимального эффекта в реализации строительных задач важным является совершенствование производственных структур и состава персонала с учетом затрат. Учитывая специфику строительных работ, высокую степень технической сложности объектов и необходимость соблюдения строгих сроков, подходы к организации производственных процессов должны учитывать как технологические и квалификационные факторы, так и затраты на организацию трудовых ресурсов. В данной статье рассматриваются методы совершенствования производственной структуры строительных компаний с акцентом на повышение эффективности при соблюдении требований по срокам выполнения работ.

Материалы и методы. В исследовании применены методы системного анализа для оценки текущей эффективности производственной структуры строительных компаний.

Для выявления путей становления структуры персонала и распределения задач между работниками использованы математические модели, основанные на анализе затрат и производительности. Анализ факторов, влияющих на структуру производственного персонала, включал квалификацию работников, специфику строительных работ и их технологические особенности. Значительное внимание уделено затратам на обучение и повышение квалификации сотрудников, учитывая требования различных типов строительных проектов.

Научная новизна. В работе предложены новые подходы к совершенствованию производственной структуры строительных компаний, направленные на перераспределение задач и функций среди работников с учетом специфики проектов.

Разработанная модель позволяет оптимизировать состав персонала, обеспечивая гибкость производственной структуры для оперативного реагирования на изменения в процессе строительства. Оценка затрат и производительности на каждом этапе выполнения строительных работ способствует повышению надежности и эффективности реализации проектов.

Результаты. Проведенное исследование показало, что совершенствование производственной структуры и состава персонала строительных компаний требует применения комплексного подхода к перераспределению трудовых ресурсов.

Это включает акцент на повышение квалификации персонала, уточнение распределения функций и улучшение взаимодействия между подразделениями.

Оптимизация затрат на персонал, учитывающая сложность строительных задач, позволяет повысить производительность, улучшить координацию и обеспечить выполнение строительных проектов в соответствии с техническими требованиями.

Обсуждение и заключение. Результаты исследования подтверждают, что совершенствование производственной структуры и состава персонала строительных компаний с учетом затрат является важным фактором успешной реализации строительных проектов. Оптимизация этих элементов способствует снижению затрат, соблюдению сроков выполнения работ и повышению надежности строительных процессов.

Перспективы дальнейших исследований включают уточнение методов оценки эффективности различных производственных структур в строительстве и интеграцию инновационных технологий в процессы организации строительства.

© Сират Джавед, 2025



Контент доступен под лицензией
Creative Commons Attribution 4.0 License.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: производственный персонал, структура производственного потенциала, производительность труда, строительные компании, организационные подходы, оптимизация затрат

БЛАГОДАРНОСТИ: автор выражает благодарность рецензентам статьи за проделанную работу.

Статья поступила в редакцию 20.12.2024; одобрена после рецензирования 13.02.2025; принята к публикации 24.02.2025.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

Прозрачность финансовой деятельности: автор не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах и методах. Конфликт интересов отсутствует.

Для цитирования: Сират Джавед. Разработка подходов к совершенствованию производственных структур и состава персонала строительных компаний // Вестник СибАДИ. 2025. Вестник СибАДИ. 2025. Т. 22, № 1. С. 124-135. <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2025-22-1-124-135>

Original article

DOI: <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2025-22-1-124-135>

EDN: AWCVGH

DEVELOPMENT OF APPROACHES TO IMPROVING ORGANIZATION STRUCTURE AND STAFF COMPOSITION OF CONSTRUCTION COMPANIES IN TERMS OF COSTS

Jawed Serat

*St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering,
Saint Petersburg, Russia
jawed.serat@yandex.ru*

ABSTRACT

Introduction. Under modern conditions construction companies have to be highly flexible and able to quickly adapt their organization structure and personnel to the requirements of each project. To achieve maximum effect in completing construction tasks, it is important to improve organization structure and staff composition taking into account costs. Given the specifics of construction work, high technical complexity of objects and the need to meet strict deadlines, approaches to organizing management processes should take into account both technological and qualification factors, and the costs of allocating labor resources.

This article discusses methods for improving organization structure of construction companies with an emphasis put on increasing efficiency while meeting deadlines.

Materials and methods. The study uses methods of system analysis to assess the current efficiency of the organization structure of construction companies. To identify ways to improve the staff structure and distribute tasks among employees, mathematical models based on cost and productivity analysis were used.

The analysis of factors affecting the operational staff structure included employee qualifications, specifics of construction work and their technological features. Considerable attention has been paid to the costs on training and advanced training of employees, taking into account the requirements of various types of construction projects.

Scientific novelty. The paper proposes new approaches to improving organization structure of construction companies aimed at redistributing tasks and functions among employees taking into account the specifics of projects. The developed model allows to optimize staff composition, provide capability of the organization structure to respond promptly to changes in the construction process. Evaluation of costs and productivity at each stage of construction works helps to increase the reliability and efficiency of project implementation.

Results. The conducted research has shown that improvement of the organization structure and staff composition of construction companies requires application of an integrated approach to the redistribution of labor resources. This includes an emphasis on improving the qualifications of personnel, clarifying functions distribution and improving interaction between departments. Optimization of personnel costs, taking into account the complexity of construction tasks, allows to increase productivity, coordination and provide implementation of construction projects according to technical requirements.

Discussion and conclusion. The results of the study prove that improving the organization structure and staff composition of construction companies in terms of costs is an important factor in the successful implementation

© Serat Jawed, 2025



Content is available under the license
Creative Commons Attribution 4.0 License.

of construction projects. Optimization of these elements leads to reducing costs, meeting deadlines for work and increasing the reliability of construction processes. Prospects for further research include improving methods for assessing the effectiveness of various construction departments and integrating innovative technologies into construction organization processes.

KEYWORDS: operational staff, structure of organization potential, labor productivity, construction companies, organizational approaches, cost optimization

ACKNOWLEDGMENT: the author expresses gratitude to the reviewers of the article for the work done.

The article was submitted 20.12.2024; approved after reviewing 13.02.2025; accepted for publication 24.02.2025.

The author have read and approved the final manuscript.

Financial transparency: the authors have no financial interest in the presented materials or methods. There is no conflict of interest.

For citation. Serat Jawed Development of approaches to improving organization structure and staff composition of construction companies in terms of costs. *The Russian Automobile and Highway Industry Journal*. 2025; 22 (1): 124-135. <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2025-22-1-124-135>

ВВЕДЕНИЕ

Современные условия реализации строительных проектов требуют разработки научно обоснованных подходов к совершенствованию производственных структур и состава персонала строительных компаний. Особую значимость приобретает учет затрат при формировании и оптимизации кадрового потенциала, что становится ключевым фактором обеспечения эффективности строительства технически сложных объектов [1, 2].

Уровень профессиональной подготовки, адаптивность и компетенции персонала определяют успешность выполнения строительных работ и возможность внедрения инновационных технологий. Проблема недостаточной готовности персонала к восприятию современных методов и инструментов строительства, а также к эффективному выполнению задач в условиях повышенной сложности, актуализирует необходимость оптимизации состава и структуры производственных групп. Учитывая возрастающие требования к реализации строительных процессов, задачи совершенствования производственных структур требуют научного обоснования для повышения уровня производительности труда и снижения затрат на строительство.

Нерешенные части проблемы

Недостаточная проработка методов оптимизации производственных структур в строительных компаниях препятствует эффективному использованию трудовых ресурсов [3].

Особенно важно отметить, что влияние квалификации работников и организации труда на сокращение затрат и повышение организационно-технологической надежности строительных процессов мало исследовано. Кроме того, существующие исследования недоста-

точно фокусируются на взаимосвязи между составом производственного персонала и оптимизацией затрат, что сдерживает повышение производительности труда и сокращение расходов в строительных проектах [4]. Эти аспекты требуют разработки подходов к совершенствованию производственных структур и состава персонала с учетом влияния данных факторов на оптимизацию затрат и повышение эффективности строительных процессов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Строительная отрасль в условиях рыночной экономики сталкивается с необходимостью принятия самостоятельных решений, направленных на повышение эффективности использования ресурсов [5]. Для достижения максимального эффекта от реализации строительных проектов необходимо рационально распределять трудовые ресурсы.

Производственный персонал, уровень его квалификации и производственные структуры оказывают прямое влияние на успешность строительства [6, 7].

На основе существующих теоретических подходов трудовые ресурсы в строительстве определяются как совокупность производственного персонала строительной компании, обладающего необходимым уровнем образования, квалификацией и опытом.

Под производственными ресурсами понимаются все ресурсы, которые требуются для выполнения строительных работ, включая материальные (строительные материалы и оборудование), финансовые (средства для реализации проектов), а также трудовые (персонал, занимающийся выполнением строительных процессов). Эти ресурсы составляют ключевой компонент общей системы производствен-

ных ресурсов, адаптируемой к изменяющимся потребностям строительного процесса [8].

Влияние трудовых ресурсов на строительные процессы

Обеспеченность строительной компании квалифицированным производственным персоналом определяет продуктивность строительных работ, эффективность использования техники и механизмов, а также соблюдение сроков выполнения задач.

Это в конечном итоге влияет на уровень затрат. Оптимизация состава персонала позволяет повысить производительность, сократить расходы на выполнение работ и улучшить результаты реализации строительных проектов [9]. Производственный персонал формируется под воздействием внутренних факторов, таких как сложность объекта, используемые технологии и методы организации строительства. Внешние факторы, такие как демографические тенденции, состояние рабочей силы, экономические условия, а также правовые и социальные аспекты, определяют количественные и качественные характеристики трудовых ресурсов [10, 11].

Анализ структуры производственного персонала

Структура производственного персонала строительной компании характеризуется двумя основными показателями: удельным весом руководителей и специалистов (Y_1) и удельным весом рабочих (Y_2) в общей численности персонала [12]. Изменение этих показателей обусловлено повышением технического уровня производства, что подтверждается рассчитанными парными коэффициентами корреляции на примере строительных компаний

зарубежных стран и Афганистана. В качестве показателей технического уровня производства использовались: фондовооруженность труда рабочих (X_1), коэффициент обновления основных производственных фондов (X_2) и остаточная стоимость основных производственных фондов (X_3).

Результаты анализа расчетов, представленные в таблице 1, показывают наличие значимой взаимосвязи между техническими параметрами и структурой персонала.

Это свидетельствует о необходимости учета данных факторов при оптимизации организационных структур в строительстве [13]. Такие данные могут быть использованы как основа для разработки подходов к совершенствованию организационных структур строительных компаний с целью снижения затрат и повышения эффективности их деятельности.

На основе приведенных в таблице 1 значений парных коэффициентов корреляции можно сделать следующие выводы:

- удельный вес руководителей и специалистов прямо связан с показателями технического уровня производства, это означает, что с повышением уровня данных показателей увеличивается их доля;
- удельный вес рабочих имеет обратную связь с показателями технического уровня производства: повышение уровня производства снижает его значение.

Для проверки надежности коэффициентов корреляции была проведена сравнительная оценка их значений с минимально достоверной величиной коэффициента связи ($r_{\min} = 0,325$).

Таблица 1
Парные коэффициенты корреляции показателей структуры производственного персонала с показателями технического уровня производства
Источник: составлено автором.

Table 1
Paired correlation coefficients for indicators of operational staff structure and technical indicators
Source: compiled by the author.

Показатели технического производства	Парный коэффициент корреляции ($r_{y_1x_i}$)	Парный коэффициент корреляции ($r_{y_2x_i}$)
Фондовооруженность труда рабочих (X_1)	0.556	-0.417
Коэффициент обновления основных производственных фондов (X_2)	0.396	-0.342
Остаточная стоимость основных производственных фондов (X_3)	0.538	-0.327

Результаты показали, что все рассчитанные коэффициенты корреляции значимы, так как их значения превышают установленную минимальную величину [14].

Это свидетельствует о том, что структура производственного персонала косвенно отражает технический уровень производства. Таким образом, оптимальной считается такая структура производственного персонала, которая способствует достижению максимального уровня производительности труда. Для расчета оптимальной структуры можно использовать регрессионную модель, описывающую взаимосвязь показателей в параболической форме.

Для этого в качестве функции использовался показатель уровня производительности труда, измеренный выработкой чистой продукции на одного работника (Y).

В качестве факторов были выбраны следующие параметры структуры персонала: удельный вес руководителей и специалистов в общей численности персонала (X_1) и удельный вес рабочих в этой численности (X_2). Для расчета использовались отчетные данные анализируемых строительных компаний и стандартные программы системы «статистика» [15].

В результате вычислений получены следующие уравнения регрессии:

$$y = -216.351 + 10.178x_1 - 0.183x_1^2; \quad (1)$$

$$y = 20637.08 + 484.176x_2 - 5.654x_2^2. \quad (2)$$

Проведенный анализ корреляционных отношений для уравнений регрессии с коэффициентами 0,325 и 0,521 указывает на наличие статистически значимой взаимосвязи средней силы между исследуемыми параметрами, характеризующими организационные аспекты строительного производства. Параметры указанных уравнений позволяют определить критические значения факторов, обеспечивающих достижение максимальной эффективности использования трудовых ресурсов в строительстве [16].

Экстремальное значение параметра определяется с использованием следующего соотношения:

$$\text{при } X_1: x_1 = \frac{10.178}{2 \times 0.183} = 27.9\%; \quad (3)$$

$$\text{при } X_2: x_2 = \frac{484.176}{2 \times 5.654} = 42.8\%. \quad (4)$$

Определенные экстремальные значения параметров, характеризующих структуру персонала строительных организаций, считаются оптимальными, поскольку их отклонение приводит к снижению производительности труда при выполнении строительных процессов.

Данный вывод обоснован применением методов математического моделирования и корреляционно-регрессионного анализа, что подчеркивает важность системного подхода к исследованию структурных характеристик персонала и их влияния на организацию строительного производства и эффективность управления строительным производством [17].

В современных условиях строительного производства целесообразно выделить четыре основные функциональные области управления, однородные по содержанию: общее линейное руководство (P_n), техническая подготовка и обслуживание производства (T_0), организация строительных процессов (O_n) и контрактная сфера строительных компаний (K_c).

Для определения численности персонала, необходимого для эффективного функционирования этих управленческих функций, требуется выделить факторные показатели, отражающие объем и специфику выполняемых работ в рамках каждой из указанных областей, что позволяет более точно оценить потребности в ресурсах для оптимизации строительных процессов [18]. Анализ обследованных строительных компаний показал, что объем работ, выполняемых в рамках функции линейного управления, может быть эффективно отражен через показатели, такие как затраты на использование основных строительных ресурсов (Z_p) и численность производственных рабочих (P_n), которые непосредственно характеризуют размер компании. Эти данные подтверждаются значениями парных корреляционных отношений между указанными факторными показателями и численностью линейных руководителей, которые составляют 0,377 и 0,434, что свидетельствует о наличии умеренной статистически значимой взаимосвязи. Построенное уравнение регрессии, описывающее степенную зависимость между исследуемыми параметрами, имеет следующий вид:

$$P_n = 0.118 \times Z_p^{0.1} \times P_n^{0.5} \text{ при } R = 0.65. \quad (5)$$

Определение численности специалистов, обеспечивающих выполнение функций технической подготовки и обслуживания строительного производства, базируется на анализе таких факторов, как количество действующих норм для строительных работ (D_n); затраты

на активную часть основных средств строительного оборудования (Z_a); число единиц ремонтной сложности строительной техники (E_p). Установленная взаимосвязь между этими параметрами и численностью специалистов подтверждается значениями парных коэффициентов корреляции, которые составляют 0,612, 0,670 и 0,231. Это указывает на необходимость учета данных факторов при оптимизации производственных структур в строительных компаниях.

Уравнение регрессии в линейной форме, описывающее взаимосвязь между численностью работников и определяющими факторами, представлено следующим образом:

$$T_0 = 50.02 + 0.0001D_n + 0.00513Z_a + 0.0018E_p \text{ при } R = 0.7. \quad (6)$$

При построении уравнения регрессии для расчета численности специалистов, выполняющих функции компании строительного производства, использовались следующие факторные показатели:

- численность рабочих, занятых в строительных процессах (P_n);
- объем реализации строительной продукции (O_n).

Статистическая взаимосвязь между этими факторами и численностью специалистов подтверждена значениями парных коэффициентов корреляции, равными 0,413 и 0,255.

Полученные результаты демонстрируют необходимость учета указанных факторов при формировании эффективной структуры персонала в строительных компаниях.

Рассчитанное уравнение регрессии, отражающее зависимость численности специалистов, выполняющих функции организации строительного производства, от выбранных факторов, представлено в следующем виде:

$$O_n = -102.68 + 0.0817P_n + 0.0024O_p \text{ при } R = 0.62. \quad (7)$$

Для расчета численности специалистов, выполняющих функции коммерческой деятельности (K_d) в строительных компаниях, было сформировано уравнение регрессии, которое включает следующие параметры:

$$K_d = 5.476 + 0.001O_n + 0.00173Z_c \text{ при } R = 0.584, \quad (8)$$

где Z_c – затраты оборотных средств.

Результаты проверки уравнений регрессии и их параметров с применением F и t критерия подтвердили статистическую значимость моделей, что свидетельствует о надежности полученных уравнений для обоснования численности руководителей и специалистов в строительных компаниях. Вместе с тем для повышения точности расчетов данные результаты необходимо корректировать с учетом поправочных коэффициентов, значения которых варьируются в пределах от 0,8 до 1,1. Введение поправок обусловлено тем, что теоретические значения численности работников, полученные из уравнений регрессии, имели относительное отклонение от экспериментальных данных в пределах $\pm 0,1$.

Это позволяет адаптировать расчеты к реальным условиям строительного производства и повысить их точность. Потребность компании в персоналах, способных эффективно выполнять задачи, должна определяться с учетом специфических требований к уровню образования и квалификации, выдвигаемых конкретными условиями строительного производства и его технологическими особенностями [19]. Для этого необходимы глубокие знания специальности и умение применять их на практике. Возрастает роль специалистов, занятых управлением строительным производством, вследствие чего важным становится соблюдение уровня и специализации кадров специалистов выполняемым функциям.

Прогрессивно-квалификационный состав руководителей и специалистов строительных компаний определяется уровнем образования и выбранной специальностью, полученной в учебных заведениях [20]. Анализ таблицы 2 позволяет отметить, что по всем функциям управления соотношение специалистов со средним образованием и высшим образованием фактически превышает предусмотренное штатным расписанием.

Если в целом по анализируемым компаниям по штату предусмотрен один специалист со средним специальным образованием на два специалиста с высшим образованием, то фактически один специалист со средним специальным образованием приходится на одного специалиста с высшим образованием. Особенно значителен этот показатель по функции «коммерческая деятельность». Процент соответствия уровня образования требуемому составляет 63,26% по компаниям в целом, достигая наибольшего значения по функции «техническая подготовка и обслуживание производства» около 74% и наименьшего по функции «коммерческая деятельность» около 50%.

Таблица 2
Структура персонала строительных компаний по уровням образования и выполняемым функциям управления производственными процессами
 Источник: составлено автором.

Table 2
Staff structure in construction companies by levels of education and functions in operation management processes
 Source: compiled by the author.

Наименование функции управления производственными процессами	Соотношение специалистов со средним специальным и высшим образованием		Процент соответствия			
	штату	фактически	уровня образования требуемому	специальности, требуемой по штатному расписанию	специальности, требуемой фактически	профессии, требуемой по должности
Общее линейное руководство	0.71	1.00	64.50	50.70	60.20	61.30
Техническая подготовка и техническое обслуживание производства	0.21	0.24	72.00	61.30	64.10	68.50
Организация производства	0.14	0.31	64.70	57.20	62.40	66.60
Коммерческая деятельность	0.76	1.10	52.10	34.10	42.30	41.20
Итого	0.45	0.83	63.26	50.80	57.10	60.40

Таблица 3
Теснота связи структуры производственных персоналов с показателями технического уровня производства
 Источник: составлено авторам.

Table 3
Close connection between operational staff structure and technical operation indicators
 Source: compiled by the author.

Наименование факторного показателя технического уровня строительного производства	Парные коэффициенты корреляции	
	удельный вес основных рабочих	удельный вес вспомогательных рабочих
Вооруженность основных рабочих технологическим оборудованием, определяемым (количество станков, функционирующих в основном производственном процессе на 1000 чел. из числа основных рабочих)	-0.314	0.263
Обеспеченность вспомогательных рабочих машинами (количество станков во вспомогательном производстве на 1000 чел. вспомогательных рабочих)	0.213	-0.272
Удельный вес металлорежущих станков в возрасте до 10 лет в общем их количестве, %	-0.302	0.234
Удельный вес кузнечнопрессового оборудования в возрасте до 10 лет в общем их количестве, %	-0.311	0.222
Энерговооруженность одного рабочего по мощности установленных электродвигателей, кВт	-0.231	0.265

Значения коэффициентов демонстрируют умеренную связь, что указывает на необходимость учета этих факторов при формировании производственных структур строительных компаний. Собранные данные свидетельствуют, что образование, полученное в средних специальных и высших учебных заведениях, на 15–20% не соответствует предъявляемым требованиям. Это создает необходимость дополнительного обучения и повышения квалификации, что увеличивает затраты на подготовку персонала.

Категории персонала оцениваются удельными весами численности основных и вспомогательных рабочих в общей численности производственного персонала [21].

Взаимосвязь этих показателей с техническим уровнем производства проанализирована с использованием парных коэффициентов корреляции, результаты которых представлены в таблице 3.

Анализ данных таблицы показывает, что технический уровень строительного производства напрямую связан со структурой рабочей силы. Отрицательная корреляция большинства показателей, таких как уровень обеспеченности оборудования и возраст оборудования, с удельным весом основных рабочих указывает на недостаточную технологическую оснащенность при увеличении численности основной рабочей силы. В то же время положительная корреляция с удельным весом вспомогательных рабочих по ряду факторов подчеркивает их важную роль в поддержании и обслуживании технической базы. Таким образом, выявленные зависимости подтверждают необходимость модернизации оборудования и формирования сбалансированного состава рабочих для повышения эффективности строительного производства.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты расчетов показывают наличие умеренной обратной зависимости между удельным весом основных и вспомогательных рабочих и уровнем технической обеспеченности их труда. Установлено, что удельный вес основных рабочих находится в обратной связи с долей вспомогательных рабочих, что подтверждает использование более устаревшего оборудования во вспомогательных подразделениях по сравнению с основными.

Выявленная зависимость подчеркивает необходимость обновления технического обеспечения вспомогательных подразделений, что позволит оптимизировать затраты и повысить эффективность производственных

процессов. Это также указывает на необходимость разработки подходов к совершенствованию производственных структур с акцентом на техническое оснащение вспомогательных подразделений и балансировку состава рабочих для оптимизации затрат. Состав рабочих на строительных объектах зависит от их квалификационного уровня, возрастных характеристик и трудового стажа.

Эти факторы оказывают влияние на индивидуальную производительность труда и эффективность управления производственными процессами.

Показателем уровня индивидуальной производительности труда является процент выполнения норм выработки. Влияние на этот показатель оказывают следующие факторы: квалификация рабочего (X_1), возраст рабочего (X_2) и трудовой стаж (X_3).

Величина коэффициента вариации свидетельствует о значительных колебаниях исследуемых показателей, что подтверждает наличие незадействованных возможностей для повышения индивидуальной производительности труда рабочих.

На основе представленных данных, включая статистические показатели из таблицы 4, можно выделить области для дальнейшего анализа и оптимизации производственных процессов, что, в свою очередь, будет способствовать совершенствованию производственных структур и более эффективному использованию трудовых ресурсов.

Эти коэффициенты отражают степень взаимосвязи между различными факторными показателями технического уровня строительного производства. Для оценки силы связи между показателями были рассчитаны парные коэффициенты корреляции. Значения коэффициентов представлены в таблице 5.

Полученные данные позволяют выявить, как различные параметры, такие как оснащенность рабочих и оборудование, влияют на структуру персонала и производственные процессы, что результаты этих расчетов необходимы для принятия управленческих решений по оптимизации состава персонала и совершенствованию производственных процессов с учетом затрат в строительных компаниях. На основании значений парных коэффициентов корреляции можно заключить, что исследуемые факторы находятся в прямой корреляционной связи с производительностью труда. Кроме того, наблюдается очень тесная корреляционная связь факторов между собой ($r_{x_1x_2} = 0.632$; $r_{x_1x_3} = 0.675$; $r_{x_2x_3} = 0.781$).

Таблица 4
Статистические характеристики показателей производительности труда рабочих в строительных компаниях
 Источник: составлено автором.

Table 4
Statistical characteristics of labor productivity in construction companies
 Source: compiled by the author.

Показатели	Среднее значение	Среднеквадратическое отклонение	Коэффициент вариации, %
Y	114.52	11.40	16.10
X ₁	2.36	0.87	17.10
X ₂	24.74	11.00	22.40
X ₃	12.27	3.02	20.10

Таблица 5
Матрица парных коэффициентов корреляции
 Источник: составлено автором.

Table 5
Matrix of paired correlation coefficients
 Source: compiled by the author.

Y	X ₁	X ₂	X ₃
1.000	0.311	0.272	0.243
0.311	1.000	0.632	0.675
0.272	0.632	1.000	0.781
0.243	0.675	0.781	1.000

Для определения количественного влияния каждого фактора на уровень выполнения норм выработки в строительных процессах рассчитывались уравнения регрессии в разных формах связи: линейной, степенной, параболической и гиперболической.

Сравнение значений индексов корреляции при уравнениях регрессии позволило установить, что наилучшей формой зависимости между показателями является параболическая, так как соответствующие индексы корреляции имеют максимальные значения.

В связи с этим основной упор в исследовании был сделан на применение параболической зависимости для анализа факторов, определяющих эффективность выполнения строительных работ. Парные уравнения регрессии, построенные в параболической форме зависимости, используются для выявления экстремальных значений факторных показателей, определяющих эффективность строительных процессов. Такие модели позволяют установить оптимальные параметры, обеспечивающие максимальную производительность труда с учетом ключевых факторов. Они служат основой для разработки научно обос-

нованных подходов к совершенствованию производственных структур и состава персонала строительных компаний в следующих направлениях:

- рост производительности труда рабочих под влиянием их квалификации;
- возраст рабочих, оказывающий положительное влияние на их производительность;
- стаж работы в компании, положительно влияющий на производительность труда и способствующий улучшению результатов строительства.

Стаж работы в компании, оказывающий влияние на увеличение производительности труда, может быть рассчитан по следующей формуле:

$$x_{\text{экс}} = \frac{-a_1}{2a_1} \tag{9}$$

Параболические уравнения регрессии, отражающие зависимости между факторными показателями и производительностью труда в строительных процессах, характеризуются следующими значениями:

$$y = 86.714 + 14.123x_1 - 1.131x_1^2 \quad (10)$$

при $ryx_1 = 0.418$;

$$y = 71.306 + 2.311x_2 - 0.031x_2^2 \quad (11)$$

при $ryx_2 = 0.381$;

$$y = 112.514 + 3.115x_3 - 0.087x_3^2 \quad (12)$$

при $ryx_3 = 0.266$.

Исходя из параметров уравнений регрессии, экстремальные значения факторных показателей, характеризующих производственные процессы в строительстве, определяются следующим образом:

$$x_{1\text{экс}} = \frac{14.123}{2 \times 1.131} = 6 \text{ разряд} ; \quad (13)$$

$$x_{2\text{экс}} = \frac{2.311}{2 \times 0.031} = 37 \text{ лет} ; \quad (14)$$

$$x_{3\text{экс}} = \frac{3.115}{2 \times 0.087} = 17 \text{ лет} . \quad (15)$$

Результаты расчетов экстремальных значений факторных показателей подтверждают, что повышение квалификации работников с 1-го до 6-го разряда приводит к увеличению их производительности труда. Возраст работников оказывает положительное влияние на производительность до 37 лет, а затем начинается снижение ее уровня.

Стаж работы в компании до 17 лет способствует росту производительности труда рабочих.

Выявленные тенденции следует учитывать при кадровой политике предприятия для повышения эффективности использования производственного персонала.

Установленные закономерности должны быть учтены при разработке научно обоснованных подходов к совершенствованию производственных структур и состава персонала строительных компаний с учётом затрат, что способствует повышению эффективности строительных процессов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании проведенного исследования изложенные в статье положения позволяют сделать следующие выводы:

1. Установлено, что структура производственного персонала влияет на уровень затрат и эффективность выполнения строительных работ. Более высокий технический уровень производства способствует увеличению удельного веса руководителей и специалистов, что приводит к снижению доли рабочих в составе производственного персонала.

2. Оптимальные значения структурных показателей персонала определяются через расчет экстремальных значений параметров регрессионных уравнений, которые в данном исследовании составляют 27,9 и 42,8% соответственно.

3. Предложены регрессионные модели, позволяющие определить рациональную численность руководителей и специалистов для повышения эффективности управления строительным производством.

4. Доля соответствия уровня образования требованиям составляет 63,26%. Наибольшее соответствие наблюдается для функций «Техническая подготовка и обслуживание производства», а наименьшее – для «Коммерческой деятельности».

5. Обнаружена обратная зависимость средней силы между удельными весами основных и вспомогательных рабочих, что подтверждает необходимость сбалансированного подхода к формированию состава персонала.

6. Прямая зависимость удельного веса вспомогательных рабочих и обратная зависимость удельного веса основных рабочих с энерговооруженностью труда и возрастом оборудования указывают на использование более устаревшего оборудования во вспомогательных подразделениях по сравнению с основным.

7. Максимальная производительность труда основных рабочих достигается при экстремальных значениях следующих показателей: средний квалификационный разряд – 6-й, средний возраст – 37 лет, средний стаж работы – 17 лет.

В результате проведенного исследования был разработан научно обоснованный подход к оптимизации структуры производственного персонала строительных компаний, основанный на учете затрат и эффективности производственных процессов. Этот подход включает в себя новые методы распределения трудовых ресурсов и повышения их производительности, а также оптимизацию состава персонала в зависимости от технического уровня производства.

Внедрение предложенных методов и подходов позволит значительно повысить эффективность строительства, улучшить использование трудовых ресурсов и снизить затраты на всех этапах реализации строительных проектов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Борисюк Н.К., Смотрина О.С. К вопросу функционирования предприятия в нестабильной внешней среде // Интеллект. Инновации. Инвестиции. 2022. № 2. С. 24–30. DOI: <https://doi.org/10.25198/2077-7175-2022-2-24>. EDN: XLJDGS
2. Дьячкова О.Н., Михайлов А.Е., Якунина Г.В. Опыт оценки привлекательности районных парков Санкт-Петербурга // Социология города. 2022. № 3. С. 49–63. DOI: [10.35211/19943520_2022_3_49](https://doi.org/10.35211/19943520_2022_3_49).
3. Зеленцов Л.Б. Реализация строительных проектов изменяемого функционального назначения // Строительное производство. 2021. № 2. С. 26–32. DOI: [10.54950/26585340_2021_2_26](https://doi.org/10.54950/26585340_2021_2_26). EDN: BZKXLZ
4. Зеленцов Л.Б., Цапко К.А., Беликова И.Ф., Пирко Д.В. Современные методы оценки организационно-технологической надежности инвестиционно-строительного комплекса [Электронный ресурс] // Инженерный вестник Дона. 2020. № 9. Режим доступа: <https://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n9u2020/6602> (дата обращения: 28.04.2023).
5. Лебедев В.М. Организационно-технологическая надежность управляющих систем строительства // Вестник МГСУ. 2008. № 4. С. 191–194. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/organizatsionno-tehnologicheskaya-nadezhnostupravlyayuschih-sistem-stroitelstva-1> (дата обращения: 28.04.2023)
6. Родин Д.А. Учет факторов неопределенности и риска при оценке инвестиционных проектов // Известия высших учебных заведений. Проблемы полиграфии и издательского дела. 2022. № 3–4. С. 19–25. EDN: TJRDTU.
7. Сафарян Г.Б. Критический анализ обобщенной модели строительной системы // Строительство: наука и образование. 2021. Т. 11, № 4. С. 41–47. DOI: [10.22227/2305-5502.2021.4.4](https://doi.org/10.22227/2305-5502.2021.4.4). EDN: PFGTCK.
8. Цопа Н.В., Халилов А.Э. Ресурсное обеспечение инвестиционно-строительных проектов // Экономика строительства и природопользования. 2022. №1–2. С. 82–83.
9. Beskopylny A.N., Stel'makh S.A., Shcherban' E.M., Mailyan L.R., Meskhi B.C., El'shaeva D., Varavka V. Developing environmentally sustainable and cost-effective geopolymers with improved characteristics // Sustainability. 2021. № 13. 13607. DOI: [10.3390/su132413607](https://doi.org/10.3390/su132413607).
10. Chen Yi., Zhu D., Tian Z., Guo Q. Factors influencing construction time performance of prefabricated house building: A multi-case study // Habitat International. 2023. Vol. 131. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2022.102731>.

11. Díaz-López C., Serrano-Jiménez A., Verichev K., Barrios-Padura A. Passive cooling strategies to optimise sustainability and environmental ergonomics in Mediterranean schools based on a critical review // Building and Environment. 2022. Vol. 221. DOI: [10.1016/j.buildenv.2022.109297](https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109297).
12. FalahKhalaf Ali Alrubaie The identity of the economic system in Iraq between the rentier state and the developmental state // Future Journal of Pharmaceutical Sciences. 2021. 484(2019): 12–38.
13. Huang X.A. decision-making model for optimizing project performance in construction. International Journal of Project Management, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2017.08.005>.
14. Krichevsky M., Martynova J., Dmitrieva S. Use of Neural Networks to Assess Competitiveness of Organizations. International Scientific Conference Energy Management of Municipal Facilities and Sustainable Energy Technologies EMMFT 2019. 2019; 1259: 72–82. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-57453-6_8.
15. O'Neill C., Gopaldasani V., Coman R. Factors that influence the effective use of safe work method statements for high-risk construction work in Australia – A literature review // Safety Science. 2022. Vol. 147. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2021.105628>
16. Oparina L.A. Application of information modelling technologies for construction time management // Smart Composite in Construction. 2021. Vol. 2. № 2. Pp. 48–55. DOI: https://doi.org/10.52957/27821919_2021_2_48.
17. Sarvari H., Chan D. W.M., Alaeos A.K.F., Olawumi T.O., Aldaud A.A.A. Critical success factors for managing construction small and medium-sized enterprises in developing countries of Middle East: Evidence from Iranian construction enterprises // Journal of Building Engineering. 2021. Vol. 43. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.103152>
18. Vivek A., Rao H. Identification and analysing of risk factors affecting cost of construction projects // International Conference on Latest Developments in Materials & Manufacturing. 2022. Vol. 60, Part 3. Pp. 1696–1701. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.12.228>
19. Величкин В.З., Петроченко М.В., Стрелец К.И., Заводнова Е.Б., Городишенина А.Ю. Метод ветвей и границ при организации квартальной застройки // Вестник МГСУ. 2021. Т. 16, Вып. 1. С. 91–104. DOI: [10.22227/1997-0935.2021.1.91-104](https://doi.org/10.22227/1997-0935.2021.1.91-104)
20. Yilmaz S., Irmak M.A., Qaid A. Assessing the effects of different urban landscapes and built environment patterns on thermal comfort and air pollution in Erzurum city, Turkey // Building and Environment. 2022. Vol. 219. DOI: [10.1016/j.buildenv.2022.109210](https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109210)
21. Yousif You. Z., Sarhat M.A., Farsat H.A. Investigating BIM level in Iraqi construction industry // Ain Shams Engineering Journal. 2023. Vol. 14, Issue 3. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.asej.2022.101881>

REFERENCES

1. Borisjuk N.K., Smotrina O.S. Enterprise survival in an unstable environment. *Intellekt. Inno-*

- vatsii. *Investitsii [Intellect. Innovations. Investments]*. 2022; Vol. 2: 24–30. (in Russ.) DOI: <https://doi.org/10.25198/2077-7175-2022-2-24>
2. Dyachkova O.N., Mikhaylov A.E., Yakunina G.V. Experience in assessing the attractiveness of district parks in St. Petersburg. *Urban Sociology*. 2022; 3: 49–63. (in Russ.) DOI: [10.35211/19943520_2022_3_49](https://doi.org/10.35211/19943520_2022_3_49).
 3. Zelentsov L.B. Redevelopment of urban areas. *Construction production*. 2021; 2: 26–32. (in Russ.) DOI: [10.54950/26585340_2021_2_26](https://doi.org/10.54950/26585340_2021_2_26).
 4. Zelentsov L.B., Tsapko K.A., Belikova I.F., Pirko D.V. Modern methods of assessing the organizational and technological reliability of the investment and construction complex [Electronic resource]. *Engineering Journal of Don*. 2020; 9. Available at: <https://www.ivdon.ru/magazine/archive/n9y2020/6602> (accessed: 28.04.2023). (in Russ.)
 5. Lebedev V.M. Organizational and technological reliability of construction management systems [Electronic resource]. *Vestnik MGSU*. 2008; 4: 191–194. (in Russ.)
 6. Rodin D.A. Uncertainty and risk factors assessment in investment projects evaluation. *Scientific and technical journal «News of higher educational institutions. Problems of printing and publishing»*. 2022; 3–4: 19–25. EDN: TJRDTU. (in Russ.)
 7. Safaryan G.B. A generalized model of a building system: a critical analysis. *Construction: Science and Education*. 2021; 11(4): 41–47. (In Russ.) DOI: <https://doi.org/10.22227/2305-5502.2021.4.4>
 8. Tsopa N.V., Khalilov A.E. Resource support of investment and construction projects. *Construction economic and environmental management*. 2022; 1–2: 82–83. (in Russ.)
 9. Beskopylny A.N., Stel'makh S.A., Shcherban' E.M., Mailyan L.R., Meskhi B.C., El'shaeva D., Varavka V. Developing environmentally sustainable and cost-effective geopolymer concrete with improved characteristics. *Sustainability*. 2021; 13: 13607. DOI: [10.3390/su132413607](https://doi.org/10.3390/su132413607)
 10. Chen Yi, Zhu D., Tian Z., Guo Q. Factors influencing construction time performance of prefabricated house building: A multi-case study. *Habitat International*. 2023; Vol. 131. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2022.102731>
 11. Díaz-López C., Serrano-Jiménez A., Verichev K., Barrios-Padura A. Passive cooling strategies to optimize sustainability and environmental ergonomics in Mediterranean schools based on a critical review. *Building and Environment*. 2022; Vol. 221. DOI: [10.1016/j.buildenv.2022.109297](https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109297)
 12. FalahKhalaf Ali Alrubaie The identity of the economic system in Iraq between the rentier state and the developmental state. *Future Journal of Pharmaceutical Sciences*. 2021. 484(2019): 12–38.
 13. Huang X.A. Decision-Making Model for Optimizing Project Performance in Construction. *International Journal of Project Management*. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2017.08.005>.
 14. Krichevsky M., Martynova J., Dmitrieva S. Use of Neural Networks to Assess Competitiveness of Organizations. *International Scientific Conference Energy Management of Municipal Facilities and Sustainable Energy Technologies EMMFT 2019*. 2019; 1259: 72–82. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-57453-6_8.
 15. O'Neill C., Gopaldasani V., Coman R. Factors that influence the effective use of safe work method statements for high-risk construction work in Australia – A literature review. *Safety Science*. 2022; Vol. 147. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2021.105628>
 16. Oparina L.A. Application of information modeling technologies for construction time management. *Smart Composite in Construction*. 2021; Vol. 2. No. 2: 48–55. DOI: [10.52957/27821919_2021_2_48](https://doi.org/10.52957/27821919_2021_2_48). EDN: KNJPRX.
 17. Sarvari H., Chan D.W.M., Alaeos A.K.F., Olawumi T.O., Aldaud A.A.A. Critical success factors for managing construction small and medium-sized enterprises in developing countries of the Middle East: Evidence from Iranian construction enterprises. *Journal of Building Engineering*. 2021; Vol. 43. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.103152>
 18. Vivek A., Rao H. Identification and analysis of risk factors affecting the cost of construction projects. *International Conference on Latest Developments in Materials & Manufacturing*. 2022; Vol. 60, Part 3: 1696–1701. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.12.228>.
 19. Velichkin V.Z., Petrochenko M.V., Strelets K.I., Zavodnova E.B., Gorodishenina A.Yu. The branch and bound method applied to the construction of residential quarters. *Vestnik MGSU [Monthly Journal on Construction and Architecture]*. 2021; 16(1): 91–104. (In Russ.) DOI: [10.22227/1997-0935.2021.1.91-104](https://doi.org/10.22227/1997-0935.2021.1.91-104)
 20. Yilmaz S., Irmak M.A., Qaid A. Assessing the effects of different urban landscapes and built environment patterns on thermal comfort and air pollution in Erzurum city, Turkey. *Building and Environment*. 2022; Vol. 219. DOI: [10.1016/j.buildenv.2022.109210](https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109210)
 21. Yousif You. Z., Sarhat M.A., Farsat H.A. Investigating BIM level in the Iraqi construction industry. *Ain Shams Engineering Journal*. 2023. Vol. 14, Issue 3. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2022.101881>

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Сират Джавед – аспирант Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета (190005, г. Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4).

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-1386-6033>,

e-mail: jawed.serat@yandex.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Jawed Serat – postgraduate student, St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering (4, 2nd Krasnoarmeiskaya Str., St Petersburg, 190005).

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-1386-6033>,

e-mail: jawed.serat@yandex.ru