

ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА/TECHNOLOGY AND ORGANIZATION OF CONSTRUCTION

DOI: <https://doi.org/10.60797/mca.2025.61.1>

НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ ОПТИМИЗАЦИИ РЕСУРСНО-КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

Научная статья

Галлямов Л.З.^{1,*}, Кашина С.Г.²¹ ORCID : 0009-0007-3439-3104;^{1,2} Казанский государственный архитектурно-строительный университет, Казань, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (lunis[at]inbox.ru)

Аннотация

Оптимизация ресурсно-календарного планирования (РКП) является одной из ключевых задач в строительстве. Это обусловлено необходимостью повышения эффективности использования ресурсов, снижения затрат и обеспечения своевременного выполнения работ. Анализ исследований в области оптимизации ресурсно-календарного планирования строительства важен для структурирования имеющихся работ по направлениям исследования, с целью выявления недостатков в имеющихся методах оптимизации.

В статье приведен анализ основных исследований в области РКП на основе мирового опыта, также выведены три основные направления РКП и предложена триединая модель ресурсно-календарного планирования, позволяющая оптимизировать существующие методы оптимизации РКП.

Ключевые слова: оптимизация, эффективная модель ресурсно-календарного планирования.

RESEARCH DIRECTIONS IN THE FIELD OF OPTIMISATION OF RESOURCE AND SCHEDULE PLANNING FOR CONSTRUCTION

Research article

Gallyamov L.Z.^{1,*}, Kashina S.G.²¹ ORCID : 0009-0007-3439-3104;^{1,2} Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russian Federation

* Corresponding author (lunis[at]inbox.ru)

Abstract

Optimisation of resource and schedule planning (RSP) is one of the key tasks in construction. This is due to the necessity to improve the efficiency of resource utilisation, reduce costs and ensure timely execution of works. The analysis of research in the field of optimisation of resource and schedule planning of construction is important for structuring the existing work in the areas of research in order to identify shortcomings in the available methods of optimisation.

The article provides an analysis of the main research in the field of RCP on the basis of the world experience; it also derives three main directions of RCP and proposes a triune model of resource-calendar planning, which allows to optimise the existing methods of RCP optimisation.

Keywords: optimisation, efficient resource- and calendar planning model.

Введение

Оптимизация ресурсно-календарного планирования (РКП) является важной составляющей организации строительства, это связано с несколькими обстоятельствами: рациональное использование ресурсов, уменьшение расходов и сокращение продолжительности строительства. Проблему оптимизации РКП строительства рассматривали множество авторов: Жигирь А.А. [1], Кокодеев А.В. [2], Алексейцев А.В. [3], Омельченко Д.Ю. [4], Попова О.Н. [5], Зокирова Г.З. [6], Грачева Е.М. [7], Шпак Е.В. [8], Кушнарёв А.А. [9], Киянец А.В. [10] и др.

Разнообразие научных работ посвященных оптимизации РКП строительства и отсутствие структурированности в данной области создает препятствие для дальнейшего развития оптимизации РКП строительства, за счет точечной оптимизации РКП с разных сторон. В данной статье рассмотрены исследования по оптимизации РКП строительства, на основе которых выделены основные направления в оптимизации РКП. Данная работа позволяет структурировать имеющиеся исследования и облегчить поиск методов и решений по оптимизации ресурсно-календарного планирования в строительстве.

Методы и принципы исследования

Ресурсно-календарное планирование строительства — это непрерывный процесс, который направлен на определение и согласование оптимального способа организации строительно-монтажных работ (СМР) при соблюдении директивных сроков реализации проекта без потери качества по утверждённому бюджету доходов и расходов, позволяющий контролировать указанные параметры на соответствие требуемой скорости работы и сроков выполнения отдельных этапов СМР и всего строительного проекта в целом.

Изменение параметров ресурсно-календарного планирования с доведением их до требуемых величин называют оптимизацией. Оптимизация производится в ресурсно-календарном планировании при поточном методе производства

работ, когда необходимые ресурсы в процессе строительства используются не эффективно, что приводит объект строительства в убыточное состояние по всем выше указанным параметрам.

В настоящее время имеется множество научных исследований [1], [2], [3], [4], [5], посвященных оптимизации ресурсно-календарного планирования [6], [7], [8], [9], [10], анализ которых позволяет выделить 3 основных направления исследований в оптимизации РКП в строительстве (рис. 1).



Рисунок 1 - Основные направления исследований в области оптимизации ресурсно-календарного планирования (РКП) в строительстве

DOI: <https://doi.org/10.60797/mca.2025.61.1.1>

Каждое из вышеуказанных направлений исследований рассматривает индивидуальные параметры по оптимизации РКП.

1. Применение информационных технологий в оптимизации РКП строительства, осуществляется путем внедрения технологий информационного моделирования (ТИМ) в процесс планирования. В данном случае предполагается создание модели, включающей 3D-визуализацию объекта и огромную базу данных, которые понадобятся при строительстве [11], [12]. Внедрение ТИМ в РКП позволяет производить планирование эффективнее, за счет модели отображающей все процессы строительства и самое главное в любой временной промежуток, начиная с земляных и заканчивая отделочными работами, с возможностью внесения правок в РКП в режиме реального времени. Главная задача оптимизации РКП с использованием информационных технологий заключается в управлении рисками возникающими в процессе строительства [2], [13].

2. Инновационные технологии в оптимизации РКП строительства, включают в себя применение инновационных технологий в строительстве, за счет которых происходит повышение качества, снижение количества применяемых строительных материалов или же снижение сроков строительства. Главной задачей данного направления в оптимизации РКП, является рациональное распределение инновационных технологий в процессе строительства, чтобы оптимизация не влияла на такие критерии оптимизации как: время и стоимость строительства [14], [15], [16].

3. Многокритериальная оценка планирования в оптимизации РКП строительства. В данном случае оптимизация планирования осуществляется путем сравнения различных вариантов ресурсно-календарного планирования объекта строительства с учетом критериев оптимизации и выбора наиболее эффективного варианта [17], [18], [19]. Сравнение осуществляется путем использования вспомогательных специализированных программных комплексов для календарного планирования таких как: Microsoft Project, Primavera P6, Bentley, Адванта, Open Plan, Turbo Planner, Plan WIZARD, «Model Studio CS Строительные решения», «АВС-АККОРД», Pilot-BIM, SpiderProject и многие другие [20], [21], [22]. Особенностью вышеперечисленных программных комплексов является возможность управления ресурсами (рабочая сила, строительная техника, оборудование, строительные материалы), корректировка сроков выполнения тех или иных строительных работ, а также автоматическое нахождение не соответствий между строительными процессами, что важно учитывать в процессе оптимизации РКП.

Рассмотрев основные направления исследований в области РКП строительства, стоит отметить отсутствие комплексного учета трех направлений одновременно при оптимизации РКП. Так, при оптимизации с использованием информационных технологий, отсутствует учет применения инновационных технологий при строительстве объекта и не ведется многокритериальная оценка планирования с целью выбора оптимального варианта планирования.

Основные результаты

Анализируя научные исследования в области оптимизации РКП строительства, можно разделить на 3 основных направления, в каждом из которых учитываются отдельные индивидуальные параметры, которые позволяют оптимизировать ресурсно-календарное планирование в строительстве. Однако в каждом из 3-х рассмотренных направлений РКП отсутствует комплексный учет всех необходимых параметров для обеспечения наиболее эффективного ресурсно-календарного планирования в строительстве. Следовательно, эффективная модель ресурсно-календарного планирования в строительстве, по нашему мнению, должна включать совокупность индивидуальных параметров оптимизации РКП каждого из трех рассмотренных направлений, которые образуют триединую модель ресурсно-календарного планирования в строительстве (рис. 2).

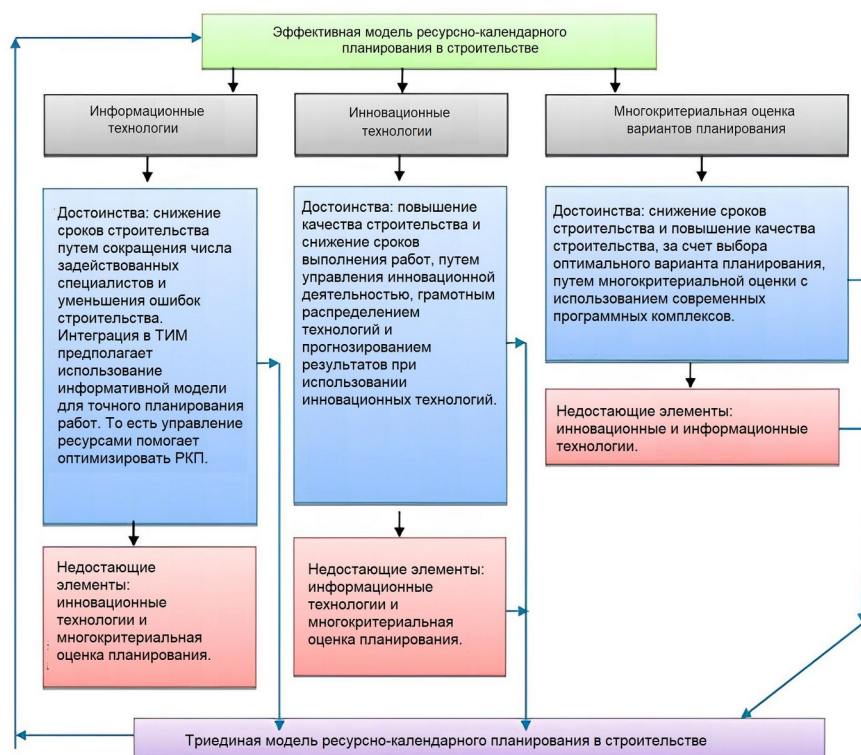


Рисунок 2 - Эффективная модель ресурсно-календарного планирования в строительстве

DOI: <https://doi.org/10.60797/mca.2025.61.1.2>

Однако, триединая модель РКП строительства имеет определенные ограничения при ее использовании которые также необходимо учитывать при оптимизации РКП:

- 1) отсутствие комплексного учета всех необходимых параметров в каждом из трех основных направлений РКП, снижает эффективность модели;
- 2) интеграция и координация между различными направлениями оптимизации может потребовать дополнительных затрат ресурсов в виде: времени и финансов;
- 3) при адаптации существующих систем и процессов управления РКП, может вызвать сопротивление со стороны сотрудников и организаций.

Заключение

Основные направления оптимизации ресурсно-календарного планирования (РКП) в строительной отрасли включают в себя применение информационных технологий, внедрение инновационных методов и использование многокритериальной оценки процессов планирования. Эти подходы позволяют осуществлять оптимизацию РКП по отдельным параметрам, что способствует повышению эффективности строительных процессов без ущерба для качества возводимых объектов. В частности, сокращение сроков строительства, уменьшение количества задействованных специалистов и снижение числа ошибок, возникающих в ходе реализации строительных проектов.

Однако для достижения максимальной эффективности ресурсно-календарного планирования необходимо учитывать все параметры оптимизации в комплексе. Такой подход реализуется в рамках триединой модели РКП строительства, которая обеспечивает сбалансированное взаимодействие различных аспектов планирования. Только при условии комплексного учета всех факторов возможно достижение оптимальных результатов, включающих как экономическую эффективность, так и высокое качество строительства. Таким образом, интеграция информационных, инновационных и многокритериальных методов в единую систему планирования позволяет минимизировать риски и повысить общую производительность строительных процессов.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Сообщество рецензентов Международного научно-исследовательского журнала
DOI: <https://doi.org/10.60797/mca.2025.61.1.3>

Conflict of Interest

None declared.

Review

International Research Journal Reviewers Community
DOI: <https://doi.org/10.60797/mca.2025.61.1.3>

Список литературы / References

1. Жигирь А.А. Повышение эффективности строительства путем использования методов ресурсно-календарного планирования / А.А. Жигирь // Города России: проблемы строительства, инженерного обеспечения, благоустройства и экологии : сборник статей XXIII Международной научно-практической конференции. — Пенза : Пензенский ГАУ, 2021.
2. Кокодеев А.В. Совершенствование методики ресурсно-календарного планирования — как способ повышения эффективности предприятия в области транспортного строительства / А.В. Кокодеев, И.Г. Овчинников // Транспортные сооружения. — 2020. — № 7.
3. Алексейцев А.В. Обзор мирового опыта учета случайных организационных ожиданий при календарном планировании строительных проектов / А.В. Алексейцев // ИВД. — 2022. — № 11. DOI: 10.15862/10SAT5120
4. Омельченко Д.Ю. Обзор задачи оптимизации планирования строительных работ на основе модели сетевого графа / Д.Ю. Омельченко // Экономика. Информатика. — 2024. — № 3.
5. Попова О.Н. Эффективность программных комплексов BIM при календарном планировании строительных работ / О.Н. Попова, А.С. Судакова // Инженерные задачи: проблемы и пути решения : материалы IV Всероссийской научно-практической конференции. — Архангельск : САФУ, 2022.
6. Зокирова Г.З. Оптимизация календарного плана в строительной площадке / Г.З. Зокирова, Ф.Н. Базарбаев // Golden Brain. — 2023. — № 1.
7. Грачева Е.М. Анализ календарного планирования ремонтно-строительных работ с применением оптимизации метода физического износа объектов / Е.М. Грачева // Инновационные методы организации строительного производства : материалы Всероссийской научно-практической конференции. — СПб. : СПбГАСУ, 2021.
8. Шпак Е.В. Оптимизация ПОС по BIM на примере общественного здания / Е.В. Шпак // Технологии информационного моделирования зданий и территорий—BIMSoft 2021. — Екатеринбург : УМЦ УПИ, 2021.
9. Кушнарёв А.А. Оптимизация календарного графика строительства высотного апарт-отеля : выпускная квалификационная работа бакалавра : направление 08.03.01 «Строительство» / А.А. Кушнарёв. — 2021.
10. Киянец А.В. Оптимизация календарных планов по критерию неравномерности трудовых ресурсов / А.В. Киянец // Вестник ЮУрГУ. Серия: Строительство и архитектура. — 2021. — № 3.
11. Кривошеев А.А. Организационно-технологические аспекты применения BIM-технологий в календарном планировании строительства / А.А. Кривошеев // Конкурс научно-исследовательских работ студентов ВолгГТУ : тезисы докладов. — Волгоград : ВолгГТУ, 2022.
12. Уткин К.Л. Применение моделирования при проектировании строительства объектов / К.Л. Уткин // Научные открытия 2024 : сборник материалов LV-ой международной очно-заочной научно-практической конференции. — Москва : НИЦ «Империя», 2024.
13. Верещагин В.В. Управление рисками в условиях применения технологий информационного моделирования строительных объектов: особенности и возможности / В.В. Верещагин // Проблемы анализа риска. — 2020. — № 3.
14. Мамиргов М.У. Инновации в строительстве как главное условие повышения эффективности штукатурных работ / М.У. Мамиргов, М.Д. Чеснокова, Т.Ф. Чередниченко // Актуальные проблемы и перспективы развития строительного комплекса : сборник трудов Международной научно-практической конференции. — Волгоград : ВолгГТУ, 2020.
15. Вартанова М.Л. Инновационные технологии в совершенствовании управления промышленными предприятиями / М.Л. Вартанова // Экономические отношения. — 2016. — № 4.
16. Оцоков К.А. Инновационные технологии в строительстве и их использование в организационно-технологических мероприятиях / К.А. Оцоков // Строительные материалы и изделия. — 2020. — № 1.
17. Арчибальд Р.Д. Управление высокотехнологичными программами и проектами / Р.Д. Арчибальд. — Гуанахуато, Мексика : Litres, 2022. — 455 с.
18. Mubarak S.A. Construction project scheduling and control / S.A. Mubarak. — New Jersey : John Wiley & Sons, 2015. — 493 p.
19. Wu I-Chen. Bridge construction schedule generation with pattern-based construction methods and constraint-based simulation / I-Chen Wu // Advanced Engineering Informatics. — 2010. — Vol. 24, № 4.
20. Пименов С.И. Анализ современных программных комплексов для виртуального строительства (4D-моделирования) / С.И. Пименов // Научный журнал строительства и архитектуры. — 2022. — № 3.
21. Галлямов Л.З. Анализ современного программного обеспечения для ресурсно-календарного планирования / Л.З. Галлямов // VIII Международный студенческий строительный форум — 2023 : сборник докладов. — Белгород : БГТУ им. В.Г. Шухова, 2023.
22. Губко С.А. Обзор программных комплексов 4D-проектирования, применяемых при календарном планировании строительства / С.А. Губко // Сборник статей магистрантов и аспирантов: в 2-х томах. Т. 2. — СПб. : СПбГАСУ, 2022.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Zhigir' A.A. Povyshenie effektivnosti stroitel'stva putem ispol'zovaniya metodov resursno-kalendarного planirovaniya [Improving construction efficiency through resource scheduling methods] / A.A. Zhigir' // Goroda Rossii: problemy stroitel'stva, inzhenernogo obespecheniya, blagoustroystva i ekologii [Cities of Russia: Construction Problems, Engineering Support, Improvement and Ecology] : proceedings of the XXIII International Scientific-Practical Conference]. — Penza : Penza SAU, 2021. [in Russian]
2. Kokodeev A.V. Sovershenstvovanie metodiki resursno-kalendarного planirovaniya — kak sposob povysheniya effektivnosti predpriyatiya v oblasti transportnogo stroitel'stva [Improving resource scheduling methodology as a way to

increase efficiency in transport construction] / A.V. Kokodeev, I.G. Ovchinnikov // *Transportnye sooruzheniya* [Transport Structures]. — 2020. — № 7. [in Russian]

3. Alekseytsev A.V. Obzor mirovogo opyta ucheta sluchaynykh organizatsionnykh ozhidaniy pri kalendarnom planirovanii stroitel'nykh projektov [Review of global experience in accounting for random organizational expectations in construction project scheduling] / A.V. Alekseytsev // *IVD*. — 2022. — № 11. DOI: 10.15862/10SATS120 [in Russian]

4. Omelchenko D.Yu. Obzor zadachi optimizatsii planirovaniya stroitel'nykh rabot na osnove modeli setevogo grafa [Review of construction planning optimization problem based on network graph model] / D.Yu. Omelchenko // *Ekonomika. Informatika* [Economics. Informatics]. — 2024. — № 3. [in Russian]

5. Popova O.N. Effektivnost' programmnykh kompleksov BIM pri kalendarnom planirovanii stroitel'nykh rabot [Effectiveness of BIM software in construction scheduling] / O.N. Popova, A.S. Sudakova // *Inzhenernye zadachi: problemy i puti resheniya* [Engineering Problems: Issues and Solutions] : proceedings of the IV All-Russian Scientific-Practical Conference]. — Arkhangel'sk : NArFU, 2022. [in Russian]

6. Zokirova G.Z., Bazarbaev F.N. Optimizatsiya kalendarnogo plana v stroitel'noy ploshchadke [Optimization of construction site schedule] / G.Z. Zokirova, F.N. Bazarbaev // *Golden Brain*. — 2023. — № 1. [in Russian]

7. Gracheva E.M. Analiz kalendarnogo planirovaniya remontno-stroitel'nykh rabot s primeneniem optimizatsii metoda fizicheskogo iznosa ob"ektov [Analysis of scheduling for construction and repair works using optimization of physical deterioration method] / E.M. Gracheva // *Innovatsionnye metody organizatsii stroitel'nogo proizvodstva* [Innovative Methods of Construction Production Organization] : Proceedings of the All-Russian Scientific-Practical Conference. — St. Petersburg : SPbGASU, 2021. [in Russian]

8. Shpak E.V. Optimizatsiya POS po BIM na primere obshchestvennogo zdaniya [Optimization of construction organization project using BIM on the example of a public building] / E.V. Shpak // *Tekhnologii informatsionnogo modelirovaniya zdaniy i territoriy—BIMSoft 2021* [Building and Territory Information Modeling Technologies—BIMSoft 2021]. — Yekaterinburg : UMC UPI, 2021. [in Russian]

9. Kushnarev A.A. Optimizatsiya kalendarnogo grafika stroitel'stva vysokotnogo apart-otelya: vypusknaya kvalifikatsionnaya rabota bakalavra: napravlenie 08.03.01 «Stroitel'stvo» [Optimization of high-rise apartment hotel construction schedule: bachelor's thesis: major 08.03.01 "Construction"] / A.A. Kushnarev. — 2021. [in Russian]

10. Kiyans A.V. Optimizatsiya kalendarnykh planov po kriteriyu neravnomernosti trudovykh resursov [Schedule optimization based on labor resource unevenness criterion] / A.V. Kiyans // *Vestnik YuUrGU. Seriya: Stroitel'stvo i arkhitektura* [Bulletin of SUSU. Series: Construction and Architecture]. — 2021. — № 3. [in Russian]

11. Krivosheev A.A. Organizatsionno-tekhnologicheskie aspekty primeneniya BIM-tekhnologiy v kalendarnom planirovanii stroitel'stva [Organizational and technological aspects of BIM technologies application in construction scheduling] / A.A. Krivosheev // *Konkurs nauchno-issledovatel'skikh rabot studentov VolgGTU* [Competition of Research Works of Volgograd State Technical University Students] : abstracts. — Volgograd : VolgGTU, 2022. [in Russian]

12. Utkin K.L. Primenenie modelirovaniya pri proektirovanii stroitel'stva ob"ektov [Application of modeling in construction project design] / K.L. Utkin // *Nauchnye otkrytiya 2024* [Scientific Discoveries 2024] : proceedings of the LV International In-Person and Distance Scientific-Practical Conference. — Moscow : NITs "Empire", 2024. [in Russian]

13. Vereshchagin V.V. Upravlenie riskami v usloviyakh primeneniya tekhnologiy informatsionnogo modelirovaniya stroitel'nykh ob"ektov: osobennosti i vozmozhnosti [Risk management in the context of building information modeling technologies: features and opportunities] / V.V. Vereshchagin // *Problemy analiza riska* [Risk Analysis Problems]. — 2020. — № 3. [in Russian]

14. Mamirgov M.U. Innovatsii v stroitel'stve kak glavnoe uslovie povysheniya effektivnosti shtukaturnykh rabot [Construction innovations as the main condition for improving plastering works efficiency] / M.U. Mamirgov, M.D. Chesnokova, T.F. Cherednichenko // *Aktual'nye problemy i perspektivy razvitiya stroitel'nogo kompleksa* [Current Problems and Prospects of Construction Complex Development] : Proceedings of the International Scientific-Practical Conference. — Volgograd : VolgGTU, 2020. [in Russian]

15. Vartanova M.L. Innovatsionnye tekhnologii v sovershenstvovanii upravleniya promyshlennymi predpriyatiyami [Innovative technologies in improving industrial enterprise management] / M.L. Vartanova // *Ekonomicheskie otnosheniya* [Economic Relations]. — 2016. — № 4. [in Russian]

16. Otsokov K.A. Innovatsionnye tekhnologii v stroitel'stve i ikh ispol'zovanie v organizatsionno-tekhnologicheskikh meropriyatiyakh [Innovative construction technologies and their use in organizational and technological measures] / K.A. Otsokov // *Stroitel'nye materialy i izdeliya* [Construction Materials and Products]. — 2020. — № 1. [in Russian]

17. Archibald R.D. Upravlenie vysokotekhnologichnymi programmami i proektami [Managing High-Technology Programs and Projects] / R.D. Archibald. — Guanajuato, Mexico : Litres, 2022. — 455 p. [in Russian]

18. Mubarak S.A. Construction project scheduling and control / S.A. Mubarak. — New Jersey : John Wiley & Sons, 2015. — 493 p.

19. Wu I-Chen. Bridge construction schedule generation with pattern-based construction methods and constraint-based simulation / I-Chen Wu // *Advanced Engineering Informatics*. — 2010. — Vol. 24, № 4.

20. Pimenov S.I. Analiz sovremennykh programmnykh kompleksov dlya virtual'nogo stroitel'stva (4D-modelirovaniya) [Analysis of modern software systems for virtual construction (4D modeling)] / S.I. Pimenov // *Nauchnyy zhurnal stroitel'stva i arkhitektury* [Scientific Journal of Construction and Architecture]. — 2022. — № 3. [in Russian]

21. Gallyamov L.Z. Analiz sovremennogo programmnoy obespecheniya dlya resursno-kalendarnogo planirovaniya [Analysis of modern software for resource scheduling] / L.Z. Gallyamov // *VIII Mezhdunarodnyy studencheskiy stroitel'nyy forum — 2023* [VIII International Student Construction Forum — 2023] : Proceedings. — Belgorod : BSTU named after V.G. Shukhov, 2023. [in Russian]

22. Gubko S.A. Obzor programmnykh kompleksov 4D-proektirovaniya, primenyaemykh pri kalendarnom planirovanii stroitel'stva [Review of 4D design software systems used in construction scheduling] / S.A. Gubko // Sbornik statey magistrantov i aspirantov: V 2-kh tomakh. T. 2 [Collection of articles by master's and postgraduate students: In 2 volumes. Vol. 2]. — St. Petersburg : SPbGASU, 2022. [in Russian]