

Автоматизация процесса управления дорожно-строительными работами на основе проектно-ориентированного подхода

А.А. Евстратов¹, Н.П. Ганюкова², В.Ю. Ганюков², А.А. Ханова²

¹Астраханский государственный университет им. В.Н. Татищева

²Астраханский государственный технический университет

Аннотация: Статья посвящена процессу управления дорожно-строительными работами производственного предприятия. Среди путей сообщения в России по протяженности на первом месте находятся автомобильные дороги. Строительство новых, ремонт и приведение к нормативным требованиям имеющихся автомобильных дорог представляют собой сложный процесс, который можно охарактеризовать как проект. Формализован процесс проектно-ориентированного управления дорожно-строительными работами, определены ограничения проекта. Выделены укрупненные этапы проектно-ориентированного управления дорожно-строительными работами, включая укрупненные этапы инициализации и реализации. Разработан и детально описан алгоритм работы автоматизированной системы управления дорожно-строительными работами на основе проектно-ориентированного подхода. Приведена диаграмма классов информационной системы управления дорожно-строительными работами. Проведена формализация расчета процента готовности проекта на основе коэффициента значимости. Приведены примеры реализации этапов алгоритма и построения аналитических отчетов в системе. Обоснована экономическая эффективность предложенной системы автоматизации.

Ключевые слова: дорожно-строительные работы, проектно-ориентированное управление, автомобильная дорога, автоматизация, формирование отчетности, коэффициент значимости, проект, ресурсы проекта, показатель эффективности, строительство, ремонт.

Обеспечение территориальной связанности является значимым фактором роста экономического развития России и основано на совершенствовании транспортной сети, большую часть которой по протяженности занимают автомобильные дороги (рис. 1, а) [1]. За последние 15-20 лет протяженность автомобильных дорог России выросла вдвое (рис. 1, б) [2], при этом, к 2030 году нормативным требованиям должны соответствовать до 85% федеральных, опорных дорог и дорог крупных городов и 60% дорог региональных и межмуниципального сообщения (Указ Президента Российской Федерации от 07.05.2024 № 309 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года»). Качество дорожного полотна автомобильных

дорог – величина не постоянная и может ухудшаться вне связи с качеством материалов или работ, например, в случае неблагоприятных погодных условий или аварийных ситуаций [3]. Незначительные ухудшения могут быть подвергнуты ремонту (ямочный ремонт), а значительные повреждения дорожного полотна, такие как поперечные глубокие трещины, разрывы и провалы в результате грунтовых преобразований, требуют кардинального решения проблемы, то есть нового строительства. Строительство и ремонт в сфере дорожного хозяйства процесс длительный, многоступенчатый и предполагающий интеграцию большого количества трудовых, материальных ресурсов и согласований с заинтересованными организациями [4]. Поэтому разработка инструментария управления дорожно-строительными работами производственного предприятия для обеспечения и сохранения целостности пространства является актуальной задачей.

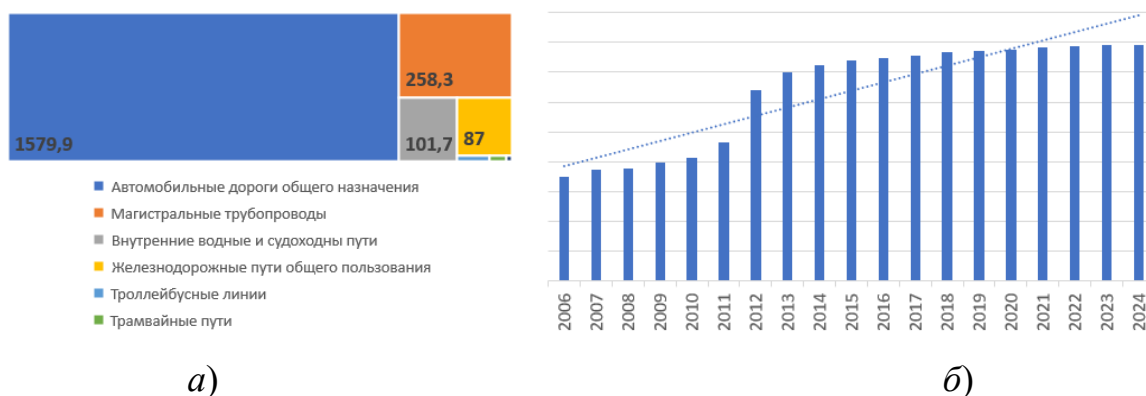


Рис. 1 – Протяженность путей сообщения России

Согласно современным исследованиям [5, 6] процесс строительства дорожного полотна обладает всеми признаками проектной деятельности: четкие сроки начала и конца работ; ограниченность трудовых и производственных ресурсов; минимизация затрат. Но специфика государственного заказа и регулирования дорожного строительства на территории России накладывает ограничения на использование проектного управления в чистом виде, в связи с чем управление можно считать проектно-ориентированным [7]. Поэтому актуальной задачей является

повышение эффективности дорожно-строительных работ на основе проектно-ориентированного подхода [8].

Опишем формально процесс проектно-ориентированного управления дорожно-строительными работами производственного предприятия:

$$PDS = \langle D, T, W, R \rangle, \quad (1)$$

где $D = \{D_s, D_f\}$ – временные ограничения проекта определяются датой начала D_s и окончания D_f выполнения проекта; $T = \{S_i, Vd_i, J_i, M_i\}$ – автомобильная трасса каждый сегмент S_i которой определяется видом дорожного покрытия Vd_i , пересечениями J_i с другими дорогами и типом местности M_i ($i = \overline{1, n}$, n – количество сегментов трассы); $W_j = \{t_j, K_j\}$ – этапы работы характеризуется нормативной длительностью этапа t_j и K_j – процентом завершенности ($j = \overline{1, m}$, m – количество этапов проекта); $R = \{C, P, Z\}$ – перечень ресурсов, которые могут быть задействованы в ходе выполнения этапов работ, включая единицы дорожной техники C (катки, экскаваторы и пр.), рабочие единицы P , которые участвуют в работе данной технической единицы (например, водитель определенного типа техники) и стоимостью использования Z .

Детальный алгоритм автоматизации процесса проектно-ориентированного управления дорожно-строительными работами представлен в виде блок-схемы алгоритма (рис. 2). Процесс принятия решений распределён по двум укрупненным этапам работы над проектом «Этап инициации» и «Этап реализации» [9]. Все последовательности операций, входящие в алгоритм реализованы в информационной системе основной деятельности дорожно-строительной службы на технологической платформе «1С: Предприятие 8.3». На диаграмме классов представлены заявленные классы и объекты, которые наследуют свойства классов (рис. 3). В системе присутствует 3 категории пользователей: администратор – имеет полные права; руководитель – может

изменять справочную информацию, управлять проектом на любом этапе, закрывать проект и просматривать отчеты; сотрудник – может внести информацию о трассах и сегментах, создавать проект и вносить информацию по проекту (рис. 2).

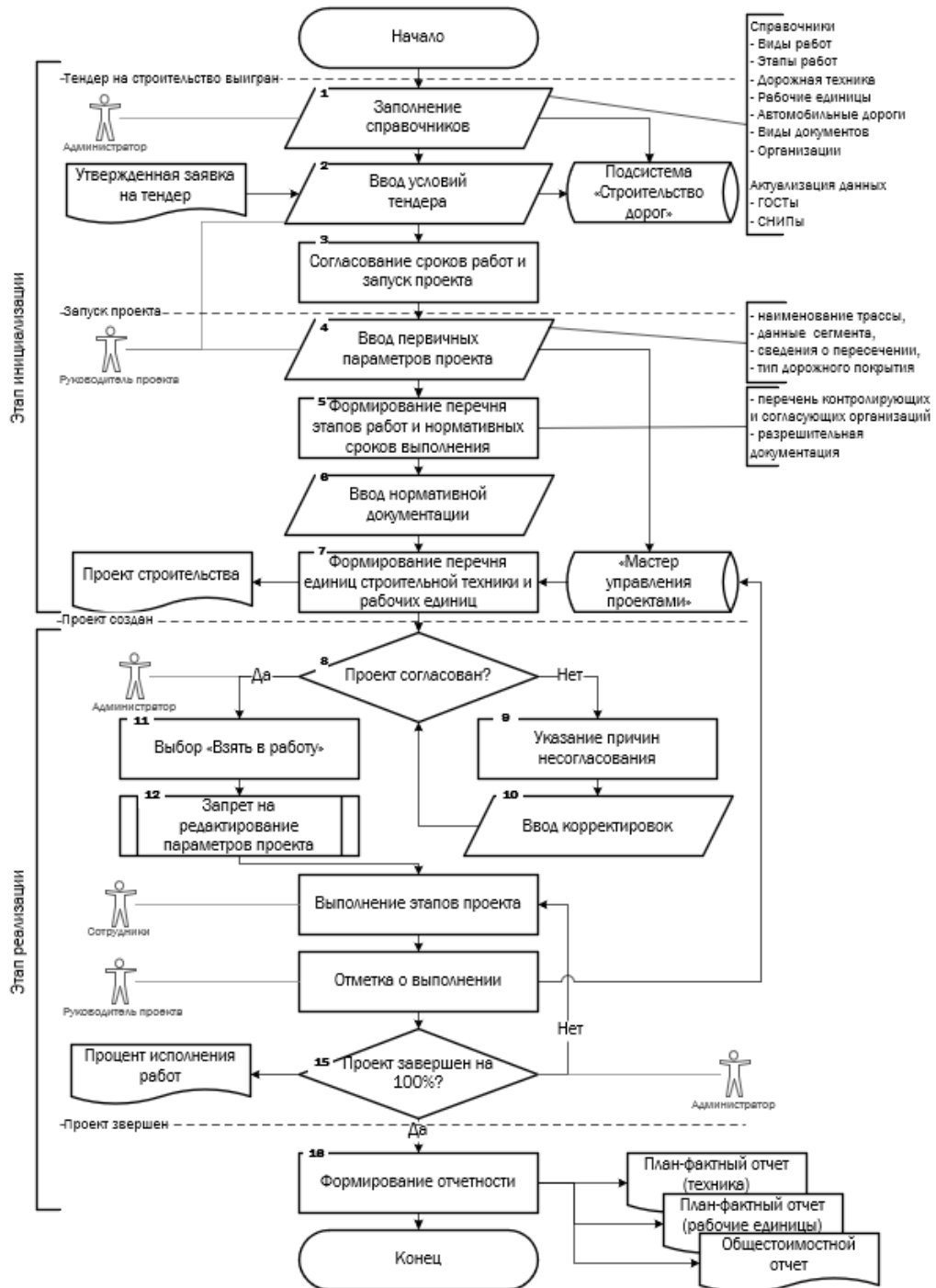


Рис. 2. – Блок-схема алгоритма проектно-ориентированного управления дорожно-строительными работами

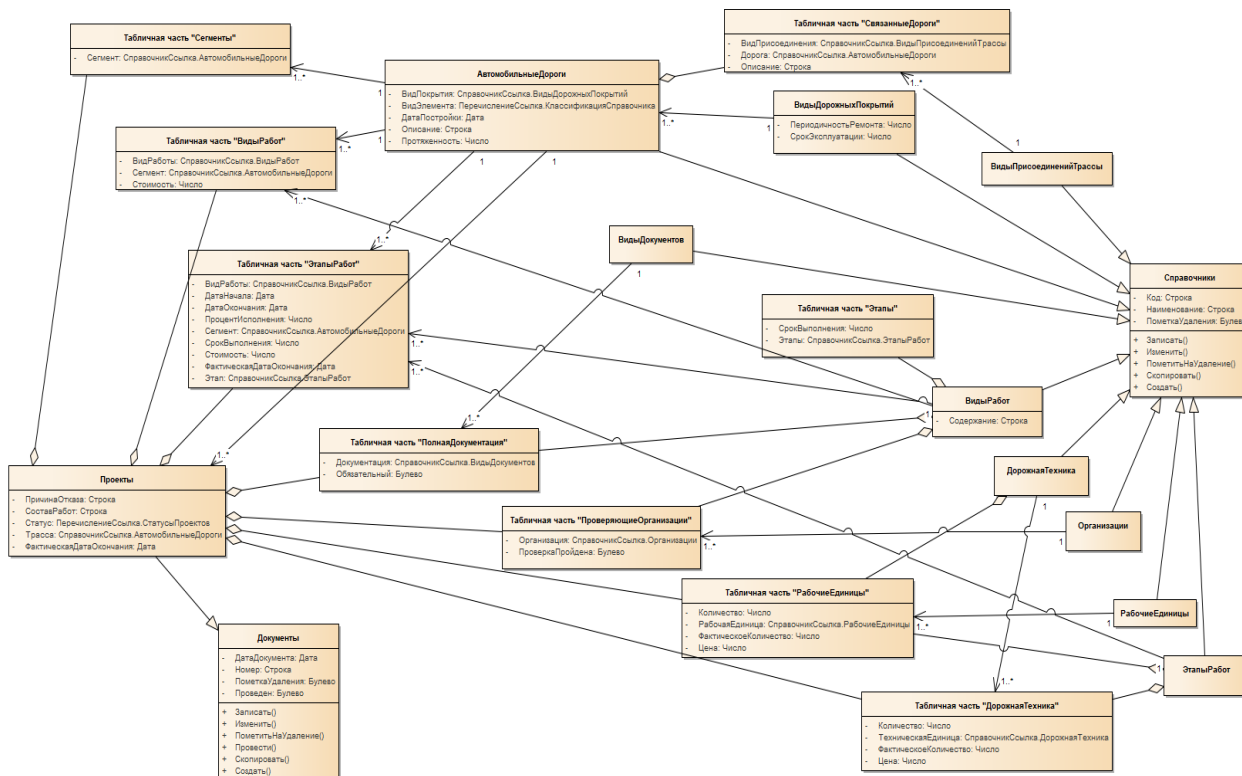


Рис. 3. – Диаграмма классов

На этапе инициации, после того, как тендер на строительство выигран, заполняются справочники системы, а также осуществляется ввод условий и ограничений тендера (блоки 1 и 2, рис. 2). Например, справочник «Автомобильные дороги» содержит в себе информацию об автомобильных трассах и сегментах. В процессе разработки проекта необходимо создать трассу, а также ее сегменты, которые будут задействованы в проекте (рис. 4).

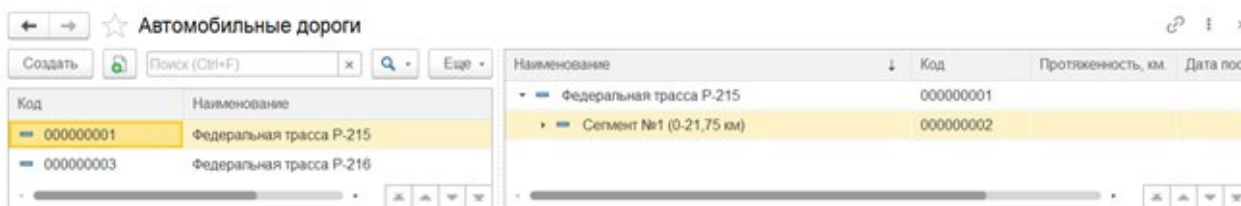
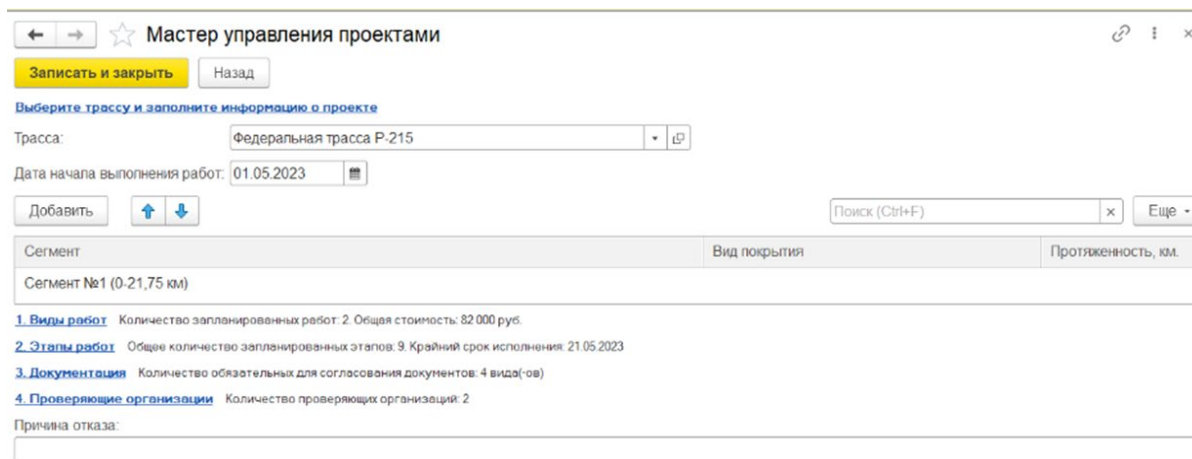


Рис. 4. – Справочник "Автомобильные дороги"

Введенные данные выгружаются в подсистему «Строительство дорог». Руководитель проекта осуществляет согласование сроков работ с региональным заказчиком (блок 3, рис. 2). После запуска проекта осуществляется детализация проекта и ввод первичных параметров проекта:

наименование трассы, данные сегмента, сведения о пересечении, тип дорожного покрытия и т.д. (блок 4, рис. 2). Эта информация заносится в «Мастер управление проектами» (Рис. 5).



Мастер управления проектами

Записать и закрыть Назад

Выберите трассу и заполните информацию о проекте

Трасса: Федеральная трасса Р-215

Дата начала выполнения работ: 01.05.2023

Добавить ↑ ↓ Поиск (Ctrl+F) Еще -

Сегмент	Вид покрытия	Протяженность, км.
Сегмент №1 (0-21,75 км)		

1. **Виды работ** Количество запланированных работ: 2. Общая стоимость: 82 000 руб.

2. **Этапы работ** Общее количество запланированных этапов: 9. Крайний срок исполнения: 21.05.2023

3. **Документация** Количество обязательных для согласования документов: 4 вида(ов)

4. **Проверяющие организации** Количество проверяющих организаций: 2

Причина отказа:

Рис. 5. – Мастер управления проектами

Далее необходимо сформировать перечень этапов работ и нормативных сроков выполнения (блок 5, рис. 2). Этапам работ необходимо присвоить коэффициент значимости q_j . Пример распределения значимости этапов работ представлен в столбце (3) таблицы № 1. Поскольку этапы выполняются в разное время и с разной частотой, то и процент завершенности рассчитывается в зависимости от выполнения этапов работ: $K = \sum_{j=1}^m q_j v_j$.

Таблица № 1

Пример расчета процента завершенности проекта

№ п/п	Наименование этапа	Коэффициент значимости этапа (q_j)	Процент выполнения этапа (v_j), %	Процент исполнения этапа проекта (K_j), %
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	Этап №1	0,30	50	15
2	Этап №2	0,35	100	35
3	Этап №3	0,35	0	0
Процент завершенности проекта (K) %				50

Ввод нормативной документации включает в себя списки регламентной документации по проекту (план подземных строителей, разрешения мэрии,

разрешение службы охраны природы, разрешение транспортной службы и т.п.), контролирующих и согласующих организаций (дорожная служба, служб охраны природы) (блок 6, рис. 2). Формирование перечня единиц строительной техники и рабочих, задействованной на каждом из этапов, определяемых списком техники и объемом работ, осуществляется на основе информации из «Мастера управления проектами» (блок 7, рис. 2). Для каждого ресурса дорожной техники и рабочей единиц нужно указать стоимость. Стоимость может быть изменена. После ввода этой информации проекту присваивается статус «Создан».

На этапе реализации администратор должен войти в проект согласовать проект (блок 8, рис. 2). Если Администратор не согласовывает проект, он должен указать причину. Далее Руководитель проекта должен исправить замечания и снова отправить на согласование (блоки 9-10, рис. 2). После утверждения проекта Администратором данный проект будет согласован и ему будет присвоен статус «Взят в работу» (блок 11, рис. 2). После присвоения проекту статуса «Взят в работу» в мастере управления проектами исчезнет возможность редактирования данных проекта, останется возможность просмотра сохраненных данных (блок 12, рис. 2). Этап «Выполнение этапов проекта» является цикличным и повторяется пока не достигается 100% завершенность проекта (блок 13, рис. 2). На каждой итерации рассчитывается процент исполнения этапа y_j . На каждой итерации необходимо проставить отметку о выполнении этапа в Мастере управления проектами (блок 14, рис. 2), проверить коэффициент завершенности проекта и сформировать отчет «Процент исполнения работ» (Рис. 6) (блок 15, рис. 2).

Процент исполнения работ: 25%

1. Виды работ Количество запланированных работ: 2. Общая стоимость: 82 000 руб.

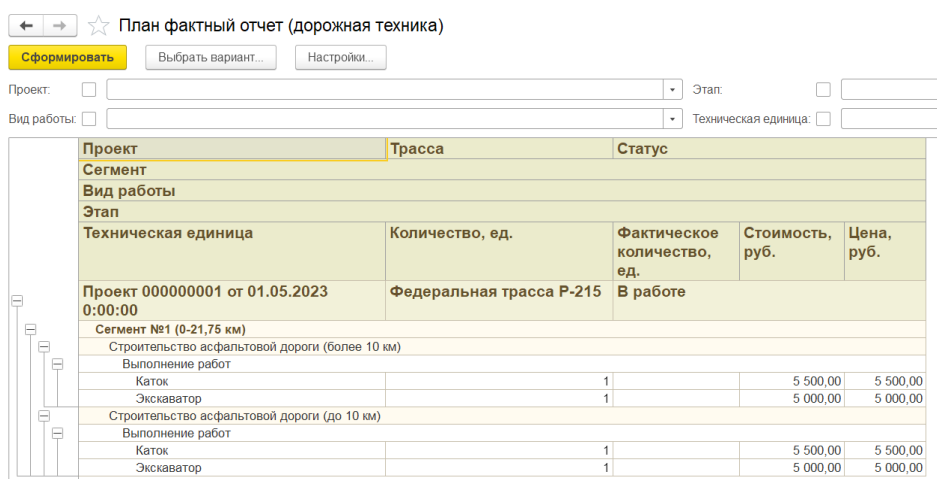
2. Этапы работ (выполнено 1 этапов) Общее количество запланированных этапов: 9. Крайний срок исполнения: 21.05.2023

3. Документация (прикреплено 28%, из них обязательных 28%) Количество обязательных для согласования документов: 4 вида(-ов)

4. Проверяющие организации Количество проверяющих организаций: 2

Рис. 6. – Мастер управления проектами. Отчет «Процент исполнения работ»

Далее формируются отчетность (блок 16, рис. 2): «План фактный отчет (дорожная техника)» отражает различие плановых и фактических ресурсов дорожной техники (рис. 7); «План фактный отчет (рабочие единицы)» отражает различие плановых и фактических ресурсов рабочих единицы; «Процент исполнения работ» отражает текущее положение по проекту (процент исполнения этапов) [10].



Проект	Трасса	Статус		
Проект				
Сегмент				
Вид работы				
Этап				
Техническая единица	Количество, ед.	Фактическое количество, ед.	Стоимость, руб.	Цена, руб.
Проект 000000001 от 01.05.2023				
0:00:00				
Сегмент №1 (0-21,75 км)				
Строительство асфальтовой дороги (более 10 км)				
Выполнение работ				
Каток	1		5 500,00	5 500,00
Экскаватор	1		5 000,00	5 000,00
Строительство асфальтовой дороги (до 10 км)				
Выполнение работ				
Каток	1		5 500,00	5 500,00
Экскаватор	1		5 000,00	5 000,00

Рис. 7. – Отчет «План фактный отчет (дорожная техника)»

Разработанная информационная система автоматизации дорожно-строительных работ реализует полный комплекс инструментария для повышения эффективности осуществления основной деятельности дорожно-строительной службы производственного предприятия. Расчеты показывают, что разработанная информационная система имеет запас прочности более 32%, это означает что ставка дисконтирования может вырасти на более чем 32%, чтобы проект все еще оставался прибыльным.

Литература

1. Россия 2024: Стат.справочник/ Росстат-М., 2024. 66 с.
2. Протяженность и характеристики автомобильных дорог общего пользования (с 2006 г.) URL: rosstat.gov.ru/storage/mediabank/prot_avtodor_obsch_2023.xlsx (дата обращения: 12.12.2024).

3. Игнатушин В.К. Качество дорог как фактор эффективного повышения качества услуг на автомобильном транспорте // Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2011. Т. 17. № 1. С. 147-152.

4. Панасенко С.С., Старков К.Н., Скоробогатченко Д.Д. Разработка автоматизированной системы планирования работ по обслуживанию покрытия автомобильных дорог // Инженерный вестник Дона, 2024, №6. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n6y2024/9295.

5. Колбасин А.М., Гумеров А.Р. Автоматизация дорожного строительства // Интернет-журнал «Отходы и ресурсы», 2020, №1. URL: resources.today/PDF/12INOR120.pdf

6. Спиридонов Э.С., Гордов А.Н. Проектно-ориентированное управление в строительстве и путевом хозяйстве // Путь и путевое хозяйство. 2011. № 6. С. 17-19.

7. Романенко И.И. Автоматизация дорожно-строительных работ при применении информационных систем и 3D моделей // Инженерный вестник Дона, 2019, №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2019/5620.

8. Protalinskiy O., Andryushin A., Shcherbatov I., Khanova A., Urazaliev N. Strategic decision support in the process of manufacturing systems management // Proceedings of 2018 11th International Conference "Management of Large-Scale System Development", MLSD 2018 2018. p. 8551760.

9. Novy, M., Novakova, J., Waldhans, M.: Project management in building industry management. Acta univ. agric. et silvic. Mendel. Brun., 2012, LX, No. 7, pp. 189–198.

10. Бухалков М. И. Планирование на предприятии: Учебник. М.И. Бухалков. М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. 411 с.

References

1. Rossiya 2024: Stat.spravochnik [Russia 2024: Statistical Handbook]. Rosstat-M., 2024. 66 p.



2. Protyazhennost' i kharakteristiki avtomobil'nykh dorog obshchego pol'zovaniya (s 2006 g.) [Length and characteristics of public roads (since 2006)] URL: rosstat.gov.ru/storage/mediabank/prot_avtodor_obsch_2023.xlsx (accessed 12.12.2024).

3. Ignatushin V.K. Vestnik Tambovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. 2011. T. 17. № 1. pp. 147-152.

4. Panasenko S.S., Starkov K.N., Skorobogatchenko D.D. Inzhenernyj vestnik Dona, 2024, №6. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n6y2024/9295.

5. Kolbasin A.M., Gumerov A.R. Internet magazine "Waste and Resources", 2020, No. 1. URL: resources.today/PDF/12INOR120.pdf.

6. Spiridonov E.S., Gordov A.N. Put' i putevoye khozyaystvo. 2011. № 6. pp. 17-19.

7. Romanenko I.I. Inzhenernyj vestnik Dona, 2019, №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2019/5620.

8. Protalinskiy O., Andryushin A., Shcherbatov I., Khanova A., Urazaliev N. Strategic decision support in the process of manufacturing systems management. Proceedings of 2018 11th International Conference "Management of Large-Scale System Development", MLSD 2018 2018. p. 8551760.

9. Novy, M., Novakova, J., Waldhans, M.: Project management in building industry management. Acta univ. agric. et silvic. Mendel. Brun., 2012, LX, № 7, pp. 189-98.

10. Bukhalkov M. I. Planirovanie na predpriyatii [Planning at the enterprise]: Textbook. M.: NIT INFRA-M, 2015. 411 p.

Дата поступления: 4.12.2024

Дата публикации: 27.01.2025