

22. Kuz'min O.V., Seryogina M.V. Verkhnie otsecheniya obobshchennoi piramidy Paskalya i ikh interpretatsii [Upper unit of the generalized Pascal pyramid and their interpretations]. *Zhurn. Sib. feder. un-ta. Matematika i fizika [Journal of Siberian Federal University. Mathematics & Physics]*, 2010. Vol. 3. No. 4. Pp. 533–543.

23. Kuz'min O.V. and Seryogina M.V. Plane sections of the generalized Pascal pyramid and their interpretations. *Discrete Math.*, 2010. Appl. 20(4). Pp. 377–389 (Russ. ed.: Kuz'min O.V., Seregina M.V. Ploskie secheniya obobshchennoi piramidy Paskalya i ikh interpretatsii. *Diskret. Matematika*, 2010. T. 22, vyp. 3. S. 83–93).

24. Kuz'min O.V., Seregina M.V. Voskhodyashchie secheniya obobshchennoi piramidy Paskalya i modeli razvitiya populyatsii [Ascending sections of the generalized Pascal pyramid and population development models]. *Obozrenie prikladnoi i promyshlennoi matematiki [Surveys on applied and industrial mathematics]*, 2010. Vol. 17. No. 3. Pp. 430–432.

25. Kuz'min O.V., Khomenko A.P., Artyunin A.I. Discrete model of static loads distribution management on lattice structures. *Advances and Applications in Discrete Mathematics*, 2018. No. 19(3). Pp. 183–193.

26. Kuz'min O.V., Khomenko A.P., Artyunin A.I., Development of special mathematical software using combinatorial numbers and lattice structure analysis. *Advances and Applications in Discrete Mathematics*, 2018. No. 19(3). Pp. 229–242.

27. Christofides N. Graph theory: An algorithmic approach. Academic Press, London. 1975. 400 p. (Russ. ed.: Kristofides N. Teoriya grafov. Algoritmicheskii podkhod. Moscow: Mir Publ., 1978. 432 s.)

28. Kuzmin O.V., Atalyan A.V. Derev'ya prinyatiya reshenii v zadachakh diagnostiki i prognozirovaniya [Decision trees in the problems of diagnostics and forecasting]. *Prikladnye zadachi diskretnogo analiza [Applied problems of discrete analysis]*. Irkutsk, ISU Publ., 2019. Pp. 64–79.

### Информация об авторах

**Кузьмин Олег Викторович** – д-р физ.-мат. наук, профессор, заведующий кафедрой теории вероятностей и дискретной математики, Иркутский государственный университет, г. Иркутск, e-mail: quzminov@mail.ru

**Голиков Вадим Александрович** – магистрант, кафедра теории вероятностей и дискретной математики, Иркутский государственный университет, г. Иркутск, e-mail: captain.mekker@gmail.com

### Information about the authors

**Oleg V. Kuzmin** – Dr. Sci. in Physics and Mathematics, Prof., Head of the Subdepartment of Probability Theory and Discrete Mathematics, Irkutsk State University, Irkutsk, e-mail: quzminov@mail.ru

**Vadim A. Golikov** – Master's degree student, the Subdepartment of Probability Theory and Discrete Mathematics, Irkutsk State University, Irkutsk, e-mail: captain.mekker@gmail.com

DOI 10.26731/1813-9108.2021.2(70).120-128

УДК 624.21/8

## Совершенствование научно-технического сопровождения, мониторинга и контроля производства работ по устройству линейного транспортного сооружения

**Е. В. Каимов**✉

*Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Российская Федерация*

✉ Eugen-Kaimov@yandex.ru

### Резюме

Под функциональным качеством строительной продукции, включая объекты инфраструктуры линейных транспортных сооружений, подразумевается пригодность объектов к использованию по установленному (функционально-технологическому) назначению с обязательным соблюдением показателей эксплуатационной эффективности, надежности и безопасности. Обеспечение показателей функционального качества объектов транспортной инфраструктуры является постоянно актуальной задачей и требует привлечения различных методических приемов. Формирование функционального качества сопровождается образованием и функционированием многочисленных структурных элементов, входящих в состав сложной, комплексной и динамически изменяемой системы строительного производства. Как следствие этих особенностей, остаются актуальными инструменты методического совершенствования подходов по управлению функциональным качеством транспортных сооружений. В статье предлагается методическая основа для применения системного подхода к формированию и управлению показателями функционального качества в контексте научно-технического сопровождения. Процесс научно-технического сопровождения основных этапов жизненного цикла рассматриваемой строительной продукции представляется в виде укрупненного алгоритма осуществления контроля данных и разработки управляющих воздействий при выявлении недопустимых отклонений от установленного (нормируемого) уровня функционального качества строительной продукции. Методическую и практическую основу управления функциональным качеством составляют системотехнический подход к контролю процессов формирования и поддержания качества строительных объектов транспортной инфраструктуры и реализации алгоритма целенаправленного воздействия на неблагоприятные факторы, способные привести к отклонениям от установленных показателей. Основным результатом исследований является концепция системного и непрерывного выявления условий соответствия показателей функционального качества первоначальным значениям и предложение перехода на превентивное информационное моделирование особенностей свойств и возможных отклонений от проектируемых показателей функционального качества линейных транспортных сооружений, реализуемых в составе соответствующей программы научно-технического сопровождения. Область применения результатов исследований может быть распространена на процедуры и мероприятия по формирова-

нию и актуализации показателей функционального качества в составах информационных моделей функционального качества объектов транспортной инфраструктуры.

### Ключевые слова

транспорт, линейные сооружения, научно-техническое сопровождение строительства, функциональное качество, система строительного производства, систематический контроль, управление качеством строительных объектов

### Для цитирования

Каимов Е. В. Совершенствование научно-технического сопровождения, мониторинга и контроля производства работ по устройству линейного транспортного сооружения / Е. В. Каимов // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2021. – № 2 (70). – С. 120–128. – DOI: 10.26731/1813-9108.2021.2(70).120-128

### Информация о статье

поступила в редакцию: 18.03.2021, поступила после рецензирования: 05.04.2021, принята к публикации: 15.04.2021

## Development of scientific and technical support, monitoring and work production control on the arrangement of a linear transportation construction

E. V. Kaimov✉

Irkutsk State Transport University, Irkutsk, the Russian Federation

✉ Eugen-Kaimov@yandex.ru

### Abstract

The functional quality of construction products, including linear transport structures, implies the suitability of these facilities for use at the established (functional and technological) purpose, with the obligatory observance of the current industry indicators of operational efficiency, reliability and safety. Ensuring efficiency, reliability and safety indicators is a constantly urgent task for the functioning transport infrastructure facilities. The formation of functional quality is accompanied by the synthesis and functioning of numerous structural elements that are part of a multi-component, complex and dynamically variable system of construction production. As a result of these features, tools for the methodological improvement of approaches for managing the functional quality of transport facilities remain relevant. This article proposes a methodological basis for applying a systematic approach to the formation and control of functional quality indicators in the context of a scientific and technical support. The process of a scientific and technical support at the main stages of the life cycle of the construction products under consideration is presented as an enlarged algorithm of data control and the development of management actions when unacceptable deviations from the established (normalized) level of functional quality of the construction products are identified. The methodological and practical basis of functional quality management is a systematic approach to the control of the processes of the formation and maintenance of the quality of construction objects of transport infrastructure and the implementation of an algorithm of a targeted impact on adverse factors that can result in deviations from the established indicators. The main result of the research is the concept of systematic and continuous detection of conditions of the compliance of functional quality indicators with initial values and the proposal to switch to preventive information modeling of the features of properties and possible deviations from the designed functional quality indicators of linear transport facilities, implemented as part of the corresponding scientific and technical support program. The scope of the research results can be extended to procedures and measures on the formation and updating of functional quality indicators within the information models of the functional quality of transport infrastructure facilities.

### Keywords

transport, linear structures, scientific and technical support of construction, functional quality, system of construction operation, systematic control, quality management of construction projects

### For citation

Kaimov E. V. Sovershenstvovanie nauchno-tekhnicheskogo soprovozhdeniya, monitoringa i kontrolya proizvodstva rabot po ustroystvu lineynogo transportnogo sooruzheniya [Development of scientific and technical support, monitoring and work production control on the arrangement of a linear transportation construction]. *Sovremennye tekhnologii. Sistemyi analiz. Modelirovanie [Modern Technologies. System Analysis. Modeling]*, 2021, No. 2 (70), pp. 120–128. – DOI: 10.26731/1813-9108.2021.2(70).120-128

### Article Info

Received: 18.03.2021, Revised: 05.04.2021, Accepted: 15.04.2021

### Введение

В самом общем случае под научно-техническим сопровождением процессов формирования функци-

онального качества строительной продукции различной отраслевой принадлежности (включая объекты транспортной инфраструктуры) подразумева-

ется совокупность способов и методов решения задач и проблемных ситуаций, которые не отображены в действующих положениях нормативных документов. Проявления таких проблемных ситуаций возможны на любом из этапов жизненного цикла [1] формирования строительной продукции любого функционального назначения (рис. 1).

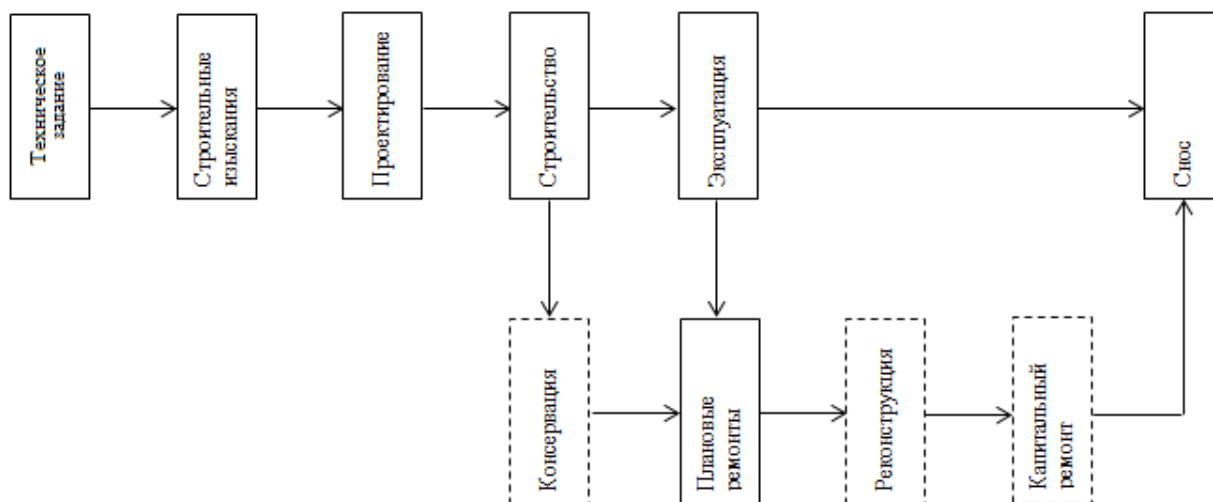
Методическую основу научно-технического сопровождения составляет системный подход как прогрессивное направление методологии научного познания, в основе которого лежит анализ свойств, состояний и поведения объекта исследований как системы или целостного комплекса взаимосвязанных структурных элементов. Важным аспектом системного подхода [2, 3] является создание единого и рационального алгоритма к изучению особенностей и закономерностей с целью получения наиболее полного и целостного представления о принятом объекте исследований (рис. 2).

Системный (системотехнический) подход в со-

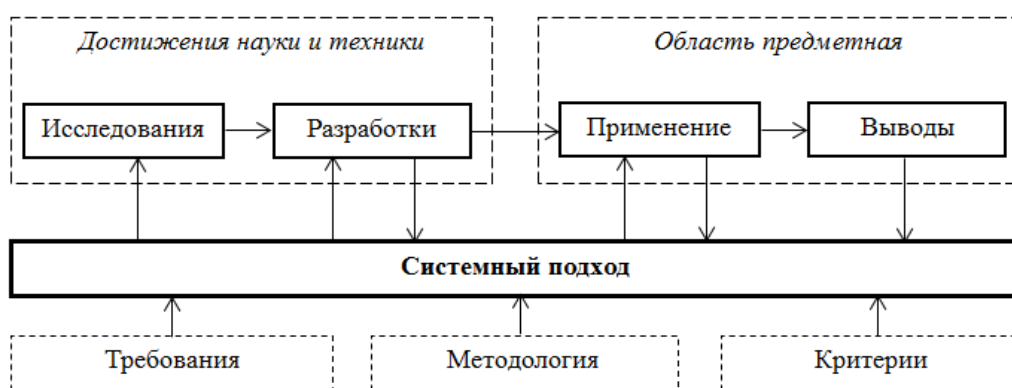
ставе научно-технического сопровождения рассматривается как один из наиболее прогрессивных и эффективных методов управления процессами формирования функционального качества строительной продукции, включая инженерные сооружения в форматах линейных объектов транспортной инфраструктуры [4, 5].

Научно-техническая деятельность в отношении устройства линейных объектов транспортной инфраструктуры может включать:

- информационное обеспечение процессов формирования функционального качества строительной продукции;
- производство вариантного проектирования, проверочных или экспертных расчетов;
- разработку или имплементацию инновационных (не имеющих отечественного опыта применения) конструктивных, организационно-технологических решений;
- мониторинг и диагностику свойств и состояний



**Рис. 1.** Жизненный цикл формирования функционального качества строительной продукции  
**Fig. 1.** The life cycle of the formation of the functional quality of construction products



**Рис. 2.** Сущность и структура системного подхода к решению задач и проблемных ситуаций в строительстве

**Fig. 2.** The essence and structure of a systematic approach to solving problems and problematic situations in construction

объектов на различных этапах жизненного цикла;

– разработка рекомендаций по парированию проявлений возможных неблагоприятных факторов строительного производства;

– оценка пригодности к эксплуатации отдельных конструктивных элементов или завершенных строительством объектов, характеризующихся присутствием отклонений от установленных показателей функционального качества.

Расширение области применения научно-технического сопровождения в формате прогноза возможных изменений свойств и состояний позволит значительно повысить эффективность производства мониторинга, осуществляемого при устройстве линейных транспортных сооружений и пригодного для оценки последующей, эксплуатационной пригодности инфраструктурных объектов [6, 7].

Прогноз возможных особенностей состояния и свойств линейных сооружений транспортной инфраструктуры (и связанной с ним системы строительного производства) на этапе «строительство» жизненного цикла становится значительным фактором и условием, характеризующим принятие успешных управленческих решений по обеспечению функционального качества строительной продукции.

### Особенности строительных процессов при устройстве (возведении) линейных сооружений транспортной инфраструктуры

Период устройства (возведения) является ключевым этапом жизненного цикла для обеспечения показателей функционального качества линейных транспортных сооружений различной технологической сложности и уровня ответственности [8, 9].

Далее представлена классификация строительных процессов, применяемых для формирования функционального качества при устройстве (возведении) линейных сооружений транспортной инфраструктуры (рис. 3).

Можно отметить, что структура и свойства строительных процессов при устройстве линейных сооружений характеризуются различными по значимости показателями технологичности и организационно-технологической надежности производства. Системный подход позволяет организовать согласование и взаимодействие разнообразных структурных элементов [3–5] в составе единой и целостной системы строительного производства для обеспечения установленных показателей функционального качества (рис. 4).

Система строительного производства линейных сооружений железнодорожного транспорта обеспечивает показатели функционального качества вы-

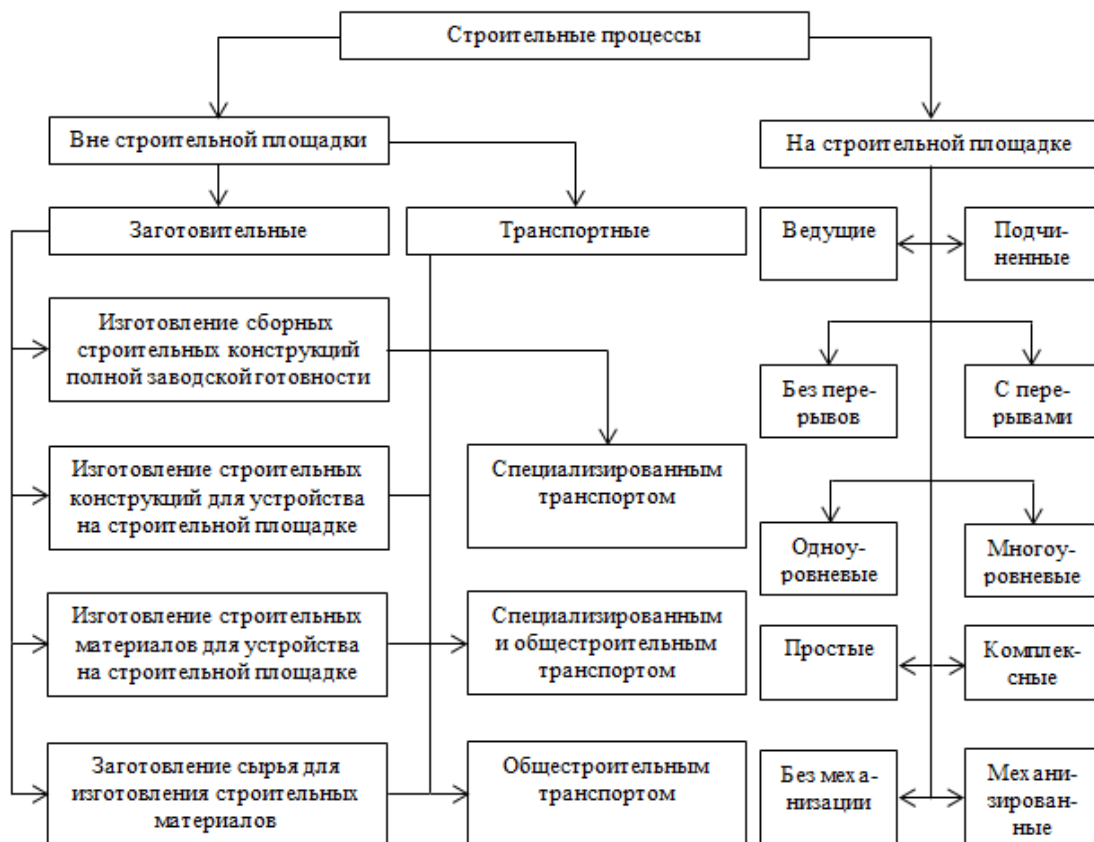


Рис. 3. Классификация строительных процессов по укрупненным, характерным признакам  
Fig. 3. Classification of construction processes according to enlarged, characteristic features

полнения строительных процессов по возведению железнодорожного пути (включая устройство земляного полотна, верхнего строения пути, водопропускных сооружений), технологических сооружений, транспортных зданий.

Каждый из комплексов работ требует оптимизации индивидуальных особенностей выполнения отдельных строительных процессов, показателей организационно-технологической надежности и обязательного соответствия проектному уровню функционального качества конечной строительной продукции [9, 10].

Разработка мероприятий по формированию функционального качества строительной продукции посредством научно-технического сопровождения строительных процессов может осуществляться по следующим основным направлениям:

- своевременного внесения изменений и дополнений в состав первоначальной проектной документации;
- имплементации положений нормативных и законодательных актов в соответствующие разделы проектно-технологической документации (технологических карт, проектов производства работ);
- разработки отдельных (специальных) решений, отображающих реальные особенности производства работ, природно-климатические и инженерно-геологические условия, виды и способы обеспечения материально-техническими ресурсами;
- контроля качества материалов, изделий и конструкций;
- мониторинга состояния строительных объектов и окружающей среды.

Производство научно-технического сопровождения строительных процессов при устройстве линейных сооружений целесообразно осуществлять на основании предварительно разработанной и согласованной программы (программы научно-технического сопровождения), дополненной условиями проведения необходимых оперативных мероприятий, вызванных внезапными проблемными ситуациями.

### Контроль параметров функционального качества

По отношению к устройству линейных сооружений строительные процессы, осуществляемые на строительной площадке (см. рис. 3), можно рассматривать и как способ формирования основной или промежуточной строительной продукции, и как метод устранения выявляемых отклонений функционального качества.

Разработка программы контроля показателей качества выполняемых операций (простых и комплексных строительных процессов) позволяет снизить трудозатраты на восстановление функционального качества линейных сооружений как на этапе возведения, так и на этапе эксплуатации завершённых строительством.

Далее представлен укрупненный алгоритм анализа контролируемых данных и разработки управляющих воздействий при выявлении недопустимых отклонений от установленного (нормируемого) уровня функционального качества строительной продукции (рис. 5).

Условие соответствия параметров простых или

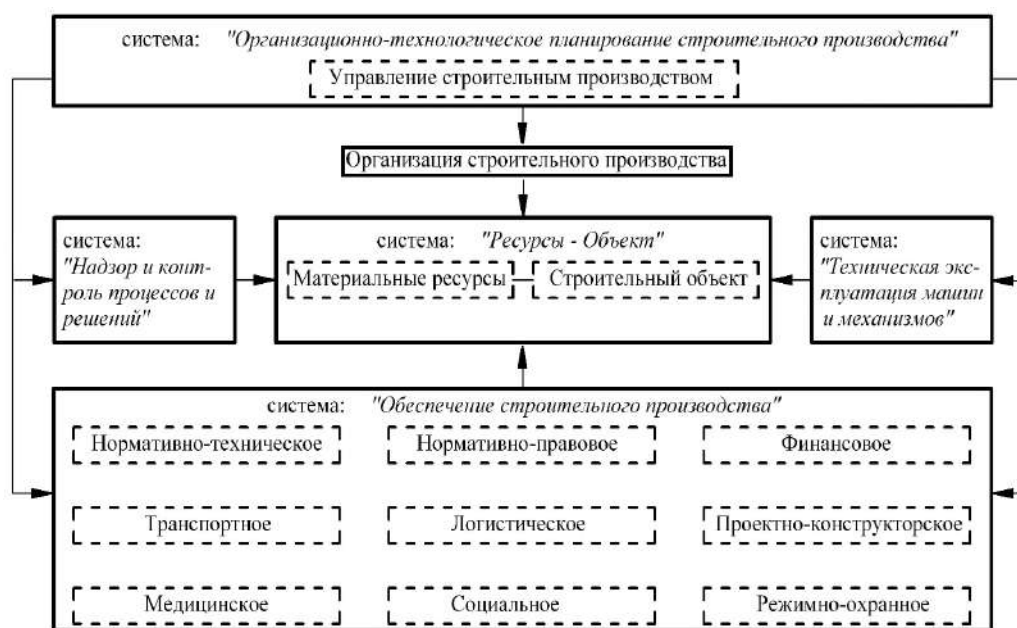


Рис. 4. Схема взаимодействия структурных элементов системы строительного производства

Fig. 4. Scheme of interaction of structural elements of the construction production system

комплексных строительных процессов установленным контрольным значениям, отображается обобщенными функциональными зависимостями:

$$\left. \begin{aligned} Q_i(t) < Q_{i\text{пр}} (i = 1..I); \\ M_j(t) < M_{j\text{пр}} (j = 1..J); \\ W_k(t) < W_{k\text{пр}} (k = 1..K). \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Здесь  $Q_{i\text{пр}}$  – предельное значение параметров свойств и состояния конструктивных элементов (геометрические характеристики, напряженно-деформированное состояние оснований);  $M_{j\text{пр}}$  – предельное значение параметров свойств и состояния внутренней среды (физико-механические характеристики строительных материалов, производительность дорожно-строительной техники);  $W_{k\text{пр}}$  – предельное значение параметров свойств и состояния внешней среды (величина температуры, количество осадков);  $Q_i(t)$ ,  $M_j(t)$ ,  $W_k(t)$  – значения контролируемых параметров свойств и состояний строительного процесса в момент времени  $t$ ;  $I$ ,  $J$ ,  $K$  – количество контролируемых параметров свойств и состояний строительного процесса;  $t < T$ , где  $T$  – продолжительность простого или комплексного

строительного процесса.

Контроль соответствия параметров функционального качества строительной продукции первоначальным проектным значениям целесообразно осуществлять в автоматизированных, постоянных или периодических режимах в зависимости от установленного уровня требований организационно-технологической надежности строительного производства.

### Информационное моделирование организационно-технологической последовательности строительного производства

Значительная продолжительность производственно-технологического цикла (возведения), высокая стоимость строительной продукции, материалоемкость строительного производства, зависимость от местных природно-климатических условий, характеризующихся соотношением (1), определяют необходимость применения адаптивных организационно-технологических и управленческих решений на этапе устройства линейных объектов транспортной инфраструктуры.

Прогнозную оценку функционального качества

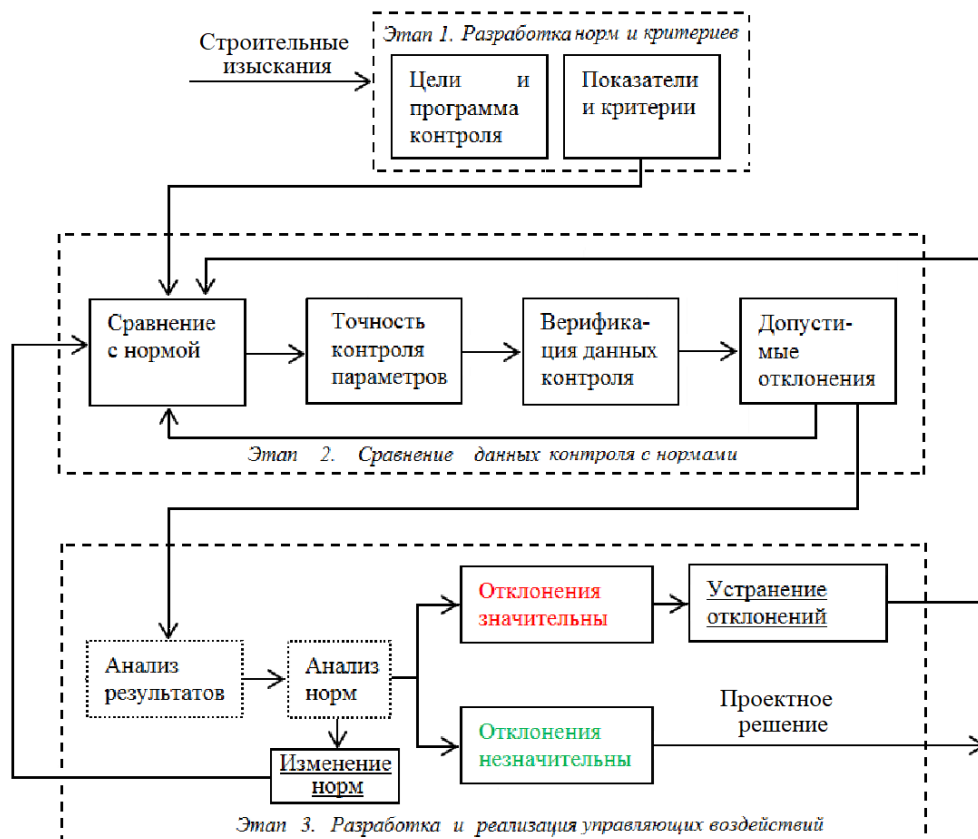


Рис. 5. Алгоритм производства процедуры контроля параметров отклонений и управляющих воздействий

Fig. 5. Algorithm for the production of the procedure of controlling the parameters of deviations and management actions

строительной продукции (линейных объектов транспортной инфраструктуры) предлагается осуществлять с использованием соответствующей математической модели, составленной с учетом особенностей основных, обязательных этапов жизненного цикла (см. рис. 1):

$$\begin{aligned} ИМ &= G_{ТЗ} \cdot ИМ_{ТЗ} + G_{СИ} \cdot ИМ_{СИ} + \\ &+ G_{ПР} \cdot ИМ_{ПР} + G_{СП} \cdot ИМ_{СП} = \\ &= \sum_{i=1}^4 G_i \cdot ИМ_i, \quad \sum_{i=1}^4 G_i = 1, \end{aligned} \quad (2)$$

где  $ИМ$  – значение комплексного показателя функционального качества, отображаемого структурными этапами жизненного цикла;  $ИМ_{ТЗ}$  – значение показателя качества, формируемого в период разработки технического задания (ТЗ);  $G_{ТЗ}$  – значимость показателя качества в период разработки ТЗ;  $ИМ_{СИ}$  – значение показателя качества, формируемого в период проведения строительных изысканий (СИ) жизненного цикла;  $G_{СИ}$  – значимость показателя качества периода СИ;  $ИМ_{ПР}$  – значение показателя качества, формируемого в период разработки проектных решений (ПР) жизненного цикла;  $G_{ПР}$  – значимость показателя качества периода ПР;  $ИМ_{СП}$  – значение показателя качества, формируемого в период строительства (СП);  $G_{СП}$  – значимость показателя качества СП.

Организационно-технологическую модель последовательности устройства линейного сооружения можно рассматривать как составную часть его информационной модели и виртуальный образ отображения свойств и состояний строительного объекта на этапе строительства [1, 11].

Моделирование является одним из наиболее эффективных методов анализа возможных свойств и состояний функционального качества объекта строительства по ключевым особенностям.

Современный уровень состояния информационных технологий позволяет с достаточной степенью подобия и достоверности отобразить предполагаемые особенности устройства линейных сооружений:

– обеспечения надежности организационно-технологической последовательности производства строительных процессов;

– осуществления программ и мероприятий в рамках производственного и технического контроля, авторского и государственного надзора;

– материально-технического и ресурсного обеспечения строительного производства;

– экспертизы качества и условий допуска законченного объекта к эксплуатации;

– прогноза показателей эффективности, надежности и безопасности эксплуатации [12–18].

## Заключение

Очевидным преимуществом применения информационного моделирования является то обстоятельство, что анализ поведения и возможных состояний объекта строительства может осуществляться на основании неполной и/или не полностью формализованных данных о состоянии параметров внешней и внутренней среды, отображаемых аналитической зависимостью вида (2).

Информационное моделирование продолжительности и материальных затрат характеризует современный, инновационный подход к осуществлению процедур планирования, организации и управления параметрами состояний строительного производства и функционального качества строительной продукции при устройстве линейных сооружений транспортной инфраструктуры.

Применение прогнозных моделей в составе программы научно-технического сопровождения позволяет осуществить осмысленную и целенаправленную трансформацию анализа особенностей строительного производства от способа накопления и апостериорного анализа многочисленных, но разрозненных данных к формату априорной оценки результатов эффективности принятого варианта организационно-технологической последовательности строительных процессов для обеспечения функционального качества строительной продукции.

## Список литературы

1. Абакумов Р.Г., Наумов А.Е., Зобова А.Г. Преимущества, инструменты и эффективность внедрения технологий информационного моделирования в строительстве // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 5. С. 171–181.
2. Семечкин А.Е. Системный анализ и системотехника. М. : SvS-Аргус, 2005. 536 с.
3. Неумолотов О.Б. Системный подход при решении задач в области капитального строительства. Воронеж : ВГТУ, 2002. 332 с.
4. Кузахметова Э.К., Григоренко Н.И. Поднятие научного уровня технического сопровождения проектирования, строительства и реконструкции инженерных сооружений // Евразийский союз учёных. 2016. № 2-4(23). С. 64–65.
5. Морозов Д.В. Методы определения надежности организационно-технологических решений при строительстве и реконструкции железных дорог с позиций системотехники : дис. канд. техн. наук. М. : 2004. 176 с.
6. Абакумов Р.Г., Грищенко Е.Н., Стрекозова Л.В. Теоретические аспекты анализа и оценки организационно-технологических рисков в строительстве // Инновационная наука. 2016. № 5. С. 10–12.
7. Гинис Л.А. Обзор методов научного прогнозирования // Изв. Южн. федер. ун-та. Технические науки. 2009. Тем. вып. С. 231–236.

8. Бадиева В.В. Устройство железнодорожного пути: учебное пособие. М. : УМЦ по образованию на ж.-д. трансп., 2019. 240 с.
9. Шабалина Л.Н. Организация и технология строительства железных дорог. М. : Маршрут, 2006. 255 с.
10. Тарасова Е.Н. Анализ взаимодействия комплексов работ по возведению линейной основы железной дороги с целью повышения результативности строительства : дис. канд. техн. наук. М. : 1995. 162 с.
11. Скворцов А.В., Сарычев Д.С. Жизненный цикл проектов автомобильных дорог в контексте информационного моделирования // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 1(4). С. 4–14.
12. Куприяновский В.П. и др. Цифровая железная дорога – ertms, bim, GIS, PLM и цифровые двойники // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2017. Т. 13. № 3. С. 129–166.
13. Баранник С.В. Применимость BIM-технологий в дорожной отрасли // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 1(4). С. 24–28.
14. СП 333.1325800.2017. Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла. М. : М-во строительства и жилищно-коммунал. хозяйства Рос. Федерации. 2017. 40 с.
15. Быкова Н.М., Баранов Т.М., Толстиков Е.О. Развитие методики оценки грузоподъемности мостов с использованием мобильных автоматизированных систем мониторинга // Транспортные сооружения. 2015. № 4. URL: <https://ts.today/PDF/01TS415.pdf> (дата обращения 18.04.2021).
16. Веревкина О.И. О гибридном методе прогнозирования рисков на железнодорожном транспорте на основании общего логико-вероятностного метода // Изв. Петерб. ун-та путей сообщ. 2017. Т. 14. № 4. С. 615–627.
17. Веревкина О.И. Результаты применения гибридного метода оценки функциональных рисков нарушения безопасности движения на региональном и линейном уровнях в хозяйстве пути // Надежность и качество сложных систем. 2019. № 1 (25). С. 106–117.
18. Веревкина О.И. О системе оценки рисков в области функциональной безопасности движения поездов // Мир транспорта. 2017. Т. 15. № 6 (73). С. 206–221.

### References

1. Abakumov R.G., Naumov A.E., Zobova A.G. Preimushchestva, instrumenty i effektivnost' vnedreniya tekhnologii informatsionnogo modelirovaniya v stroitel'stve [The benefits, the tools and the effectiveness of the implementation of information modeling in building construction]. *Vestnik BGTU im. V.G. Shukhova [Bulletin of BSTU named after V. G. Shukhov]*, 2017. No. 5. Pp. 171–181.
2. Semechkin A.E. Sistemyi analiz i sistemotekhnika [System analysis and system engineering]. Moscow: SvS-Argus Publ., 2005, 536 p.
3. Neumolotova O.B. Sistemyi podkhod pri reshenii zadach v oblasti kapital'nogo stroitel'stva [A systematic approach to solving problems in the field of capital construction]. Voronezh: VSTU Publ., 2002. 332 p.
4. Kuzakhmetova E.K., Grigorenko N.I. Podnyatie nauchnogo urovnya tekhnicheskogo soprovozhdeniya proektirovaniya, stroitel'stva i rekonstruktsii inzhenernykh sooruzhenii [Raising the scientific level of technical support of the design, construction and reconstruction of engineering structures]. *Evraziiskii soyuz uchyonykh [The Eurasian Union of scientists]*, 2016. No 2-4(23). Pp. 64–65.
5. Morozov D.V. Metody opredeleniya nadyozhnosti organizatsionno-tekhnologicheskikh reshenii pri stroitel'stve i rekonstruktsii zheleznykh dorog s pozitsii sistemotekhniki: dissertatsiya na soiskanie uchyonoi stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk: 05.23.11 [Methods for determining the reliability of organizational and technological solutions in the construction and reconstruction of railways from the standpoint of system engineering: a Ph.D. (Engineering) diss.: 05.23.11]. Moscow, 2004. 176 p.
6. Abakumov R.G., Grischenko E.N., Strekozova L.V. Teoreticheskie aspekty analiza i otsenki organizatsionno-tekhnologicheskikh riskov v stroitel'stve [Theoretical aspects of the analysis and assessment of organizational and technological risks in building]. *Innovatsionnaya nauka [Innovative science]*, 2016. No. 5. Pp. 10–12.
7. Ginis L.A. Obzor metodov nauchnogo prognozirovaniya [An overview of the methods of scientific forecasting]. *Izvestiya Yuzhnogo federal'nogo universiteta [Proceedings of Southern Federal University. Technical sciences]*, 2009, Thematic issue. Pp. 231–236.
8. Badieva V.V. Ustroistvo zheleznodorozhnogo puti [Railway track arrangement]. Moscow: FSBO APE «Training and Methodological Center for Education in Railway Transport» Publ., 2019. 240 p.
9. Shabalina L.N. Organizatsiya i tekhnologiya stroitel'stva zheleznykh dorog [Organization and technology of railway construction]. Moscow: Marshrut Publ., 2006. 255 p.
10. Tarasova E.N. Analiz vzaimodeistviya kompleksov rabot po vozvedeniyu lineinoy osnovy zheleznoi dorogi s tsel'yu povysheniya rezul'tativnosti stroitel'stva: dissertatsiya na soiskanie uchyonoi stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk [Analysis of the interaction of the complexes of works on the construction of the linear basis of the railway in order to increase the effectiveness of building: a Ph.D. (Engineering) diss.: 05.23.13]. Moscow, 1995. 162 p.
11. Skvortsov A.V., Sarychev D.S. Zhiznennyi tsykl proektov avtomobil'nykh dorog v kontekste informatsionnogo modelirovaniya [The life cycle of road projects in the context of information modeling]. *SAPR I GIS avtomobil'nykh dorog [CAD and GIS for roads]*, 2015. No. 1(4). Pp. 4–14.
12. Kupriyanovskii V.P., Alen'kov V.V., Klimov A.A., Sokolov I.A., Zazhigalkin A.V. et al. Tsifrovaya zheleznyaya doroga – ERTMS, BIM, GIS, PLM i tsifrovye dvoyniki [Digital Railway – ERTMS, BIM, GIS, PLM and digital doubles]. *Sovremennye informatsionnye tekhnologii i IT-obrazovanie [Modern information technologies and IT education]*, 2017. Vol. 13. No. 3. Pp. 129–166.



13. Baranik S.V. Primenimost' BIM-tekhnologii v dorozhnoy otrasli [The applicability of BIM technologies in the road industry]. *SAPR i GIS avtomobil'nykh dorog [CAD and GIS for roads]*, 2015. No. 1(4). Pp. 24–28.

14. Informatsionnoe modelirovanie v stroitel'stve. Pravila formirovaniya informatsionnoi modeli ob'ektov na razlichnykh stadiyakh zhyznennogo tsykla [Information modeling in construction. Rules for forming an information model of objects at various stages of the life cycle]: SR 333.1325800.2017: approved by the Ministry of Construction and Housing and Communal Services of the Russian Federation on September 18, 2017; effective from March 19, 2018. Moscow: Standartinform Publ., 2017. 40 p.

15. Bykova N.M., Baranov T.M., Tolstikov E.O. Razvitie metodiki otsenki gruzopod'yomnosti mostov s ispol'zovaniem mobil'nykh avtomatizirovannykh sistem monitoringa [Development of methods for assessing the load capacity of bridges using mobile automated monitoring systems]. *Transportnye sooruzheniya [Transport facilities]*, 2015. Vol. 2. No. 4(8). URL: <https://ts.today/PDF/01TS415.pdf>. DOI: 10.15862/01TS415.

16. Vervovkina O.I. O gibridnom metode prognozirovaniya riskov na zheleznodorozhnom transporte na osnovanii obschego logiko-veroyatnostnogo metoda [On the hybrid method of forecasting risks in railway transport based on the general logical-probabilistic method]. *Izvestiya Peterburgskogo universiteta putei soobscheniya [Proceedings of Petersburg Transport University]*, 2017. Vol. 14. No. 4. Pp. 82–89.

17. Vervovkina O.I. Rezul'taty primeneniya gibridnogo metoda otsenki funktsional'nykh riskov narusheniya bezopasnosti dvizheniya na regional'nom i lineynom urovnyakh v khozyaystve puti [Results of the hybrid method of assessing functional risks of traffic safety violations at the regional and linear levels in the economy of the road]. *Nadyozhnost' i kachestvo slozhnykh sistem [Reliability and quality of complex systems]*, 2019. No. 1 (25). Pp. 106–117.

18. Vervovkina O.I. O sisteme otsenki riskov v oblasti funktsional'noi bezopasnosti dvizheniya poezdov [About the risk assessment system in the field of functional safety of train traffic]. *Mir transporta [World of transport]*, 2017. Vol. 15. No. 6 (73). Pp. 206–221.

### Информация об авторах

**Каимов Евгений Витальевич** – канд. техн. наук, доцент кафедры строительства железных дорог, мостов и тоннелей, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: Eugen-Kaimov@yandex.ru

### Information about the authors

**Evgenii V. Kaimov** – Ph.D. in Engineering Science, Associate Professor, the Subdepartment of Building of Railways, Bridges and Tunnels, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: Eugen-Kaimov@yandex.ru

DOI 10.26731/1813-9108.2021.2(70).128-138

УДК 625.151, 625.171

## Инновации в сфере контроля состояния стрелочных переводов

**В. В. Атапин<sup>1,2</sup>**, **А. А. Чекин<sup>1,2</sup>**, **А. В. Баширов<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Самарский государственный университет путей сообщения, г. Самара, Российская Федерация

<sup>2</sup>Научно-производственный центр информационных и транспортных систем, г. Самара, Российская Федерация

✉ vitap88@rambler.ru; atapin@infotrans-logistic.ru

### Резюме

В статье рассматриваются вопросы контроля и оценки состояния стрелочных переводов. Показана значимость стрелочного перевода как одного из основных объектов инфраструктурного комплекса с широким перечнем контролируемых параметров с указанием их наименования, раздела в форме ПУ-29 и применяемого средства контроля. Представлена существующая технология контроля состояния стрелочных переводов, описан порядок и измерительные устройства, применяемые в процессе контроля состояния стрелочных переводов. Приведена основная форма отчетности по состоянию стрелочных переводов ПУ-29 «Книга записи результатов проверки стрелочных переводов и глухих пересечений» с подробным описанием способа ее заполнения. Указаны предпосылки и важность перехода на использование электронных путевых шаблонов, описаны их отличительные особенности от обычных ручных механических средств диагностики, приведены технические характеристики и рассмотрен принцип работы каждого из устройств. В работе представлена новая технология контроля состояния стрелочных переводов, дана схема взаимодействия автоматизированных путевых шаблонов с программным обеспечением мобильного рабочего места Единой корпоративной автоматизированной системой управления инфраструктурой, которое предназначено для проведения объективного контроля за нормируемыми техническими параметрами стрелочных переводов в эксплуатации. Благодаря использованию данного программного обеспечения исключается влияние человеческого фактора на процессы записи измерений и формирование отклонений в содержании путем управления процессом записи и передачи измеряемых параметров. Приведены примеры измерений отдельных параметров стрелочного перевода автоматизированным путевым шаблоном АПСИ-03МС. Представлены достоинства и недостатки внедрения новых средств диагностики. Предлагаются технические решения, позволяющие оптимизировать и улучшить процесс контроля состояния стрелочных переводов.

### Ключевые слова

стрелочный перевод, электронный шаблон, Единая корпоративная автоматизированная система управления инфраструктурой, форма ПУ-29, синхронизация, комплексная оценка, матрица рисков, неисправность, схема измерения, время промера