

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРУДОВОГО И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ**

С.А. Сазонова<sup>1</sup>, В.Ф. Асминин<sup>2</sup>, Е.А. Бормотина<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет  
имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация. Рассматриваются особенности моделирования возможных рисков на строительных предприятиях, на которых имеют место вредные и опасные условия труда. Показано, что анализ рисков может способствовать предотвращению несчастных случаев в строительной отрасли и обеспечению безопасности труда.

Ключевые слова: моделирование, условия труда, оценка профессиональных рисков, производственные риски, строительные профессии.

## **MODELING OF LABOR AND TECHNOLOGICAL PROCESSES DURING CONSTRUCTION WORKS**

S.A. Sazonova<sup>1</sup>, V.F. Asminin<sup>2</sup>, E.A. Bormotina<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Voronezh State Technical University

<sup>2</sup>Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozova

Abstract. The features of modeling possible risks in construction enterprises where harmful and dangerous working conditions take place are considered. It is shown that risk analysis can help prevent accidents in the construction industry and ensure occupational safety.

Keywords: modeling, working conditions, assessment of occupational risks, production risks, construction professions.

Моделирование возникновения рисков на строительных предприятиях во вредных условиях труда может стать важным инструментом предотвращения несчастных случаев и обеспечения безопасности строительных площадок. Для этого могут быть использованы различные методы.

Для обеспечения необходимого уровня безопасности труда необходимо выявить потенциально опасные условия на строительной площадке и оценить возможность и тяжесть возможных последствий.

Моделирование опасных условий и оценка возможности неблагоприятных событий на рабочем месте позволят разработать стратегии их предотвращения. Эффективное моделирование и управление рисками на строительной площадке способствуют снижению риска несчастных случаев, повышению безопасности сотрудников и экономии корпоративных ресурсов. Оценка условий труда и их влияния на покупателей является важной задачей в обеспечении безопасности и здоровья работников строительной отрасли.

На основе проведенного исследования планируется сформулировать ряд профилактических мер, направленных на улучшение условий труда строителей и предотвращение развития профессиональных заболеваний. Рекомендуется использовать план охраны труда для оценки рисков и разработки мер безопасности.

Функциональное состояние организма и степень зависимости трудоспособности строителя от элементов производства и характера рабочего процесса являются важными аспектами при оценке рисков и разработке мер по улучшению условий труда. Эти результаты могут послужить основой для дальнейшего улучшения и оптимизации условий труда на строительных площадках с целью снижения негативного воздействия на здоровье строителей и повышения их эффективности.

Вероятность поступления рассматриваемых событий находим из соотношения [1].

$$P(S_f \cdot S_w \cdot S_h) = P(S_f) \cdot P(S_w / S_h) \cdot P(S_h / (S_f \cdot S_w)), \quad (1)$$

где  $f$  - фактор риска;  $P(S_f)$  – вероятность появления первого события  $S_f$ ;  $P(S_w / S_h)$  – условная вероятность появления второго события  $S_w$  при условии появления  $S_f$ ;  $P(S_h / (S_f \cdot S_w))$  – условная вероятность появления третьего события  $S_h$  в случае появления  $S_f$  и  $S_w$ .

С целью оценки вероятностей возникновения факторов риска, иными словами «рисков»  $P(r)$  за время  $T$ , будем использовать распределение Пуассона:

$$P(r) = \frac{(p_0 N)^r}{r!} \cdot e^{-p_0 N}, \quad (2)$$

где  $N$  – общее число реализованных операций за промежуток времени  $T$ ;  $p_0$  – экспертная оценка.

На рис. 1 продемонстрирован схематический пример использования дерева событий для логического анализа возможности наступления ущерба здоровью работающих в производственных условиях.

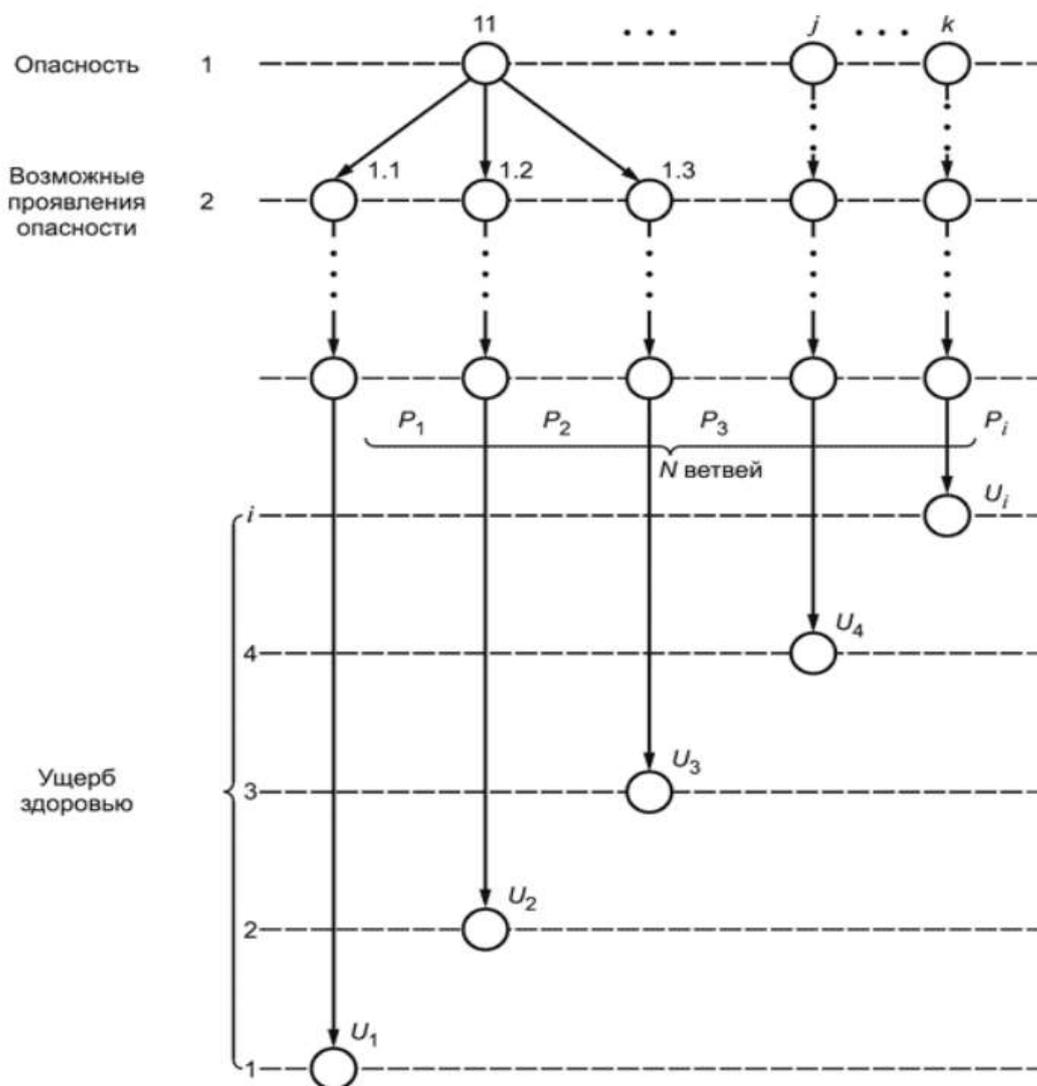


Рисунок 1. Схематический пример применения дерева событий при расчете вероятности наступления ущерба здоровью работающих

При оценке условий труда работающих в строительной отрасли подразделяют разнообразные виды работ и последовательность выполнения таких работ. Вредность или опасность таких работ может существенно отличаться. По времени выполнения работы подразделяют на работы нулевого цикла, включающие в себя подготовительные и земляные работы на строительной площадке, на работы по монтажу основных конструкций зданий и на отделочные работы.

Условия труда могут различаться по сезонности выполнения работ. При работе в условиях воздействия внешней среды могут различаться существенно работы в летнее или в зимнее время. Здесь потребуется учитывать температуру,

влажность воздуха и другие внешние факторы, которые могут существенно ухудшать условия труда и увеличивать риски получения травм и смертности при проведении строительных работ.

Неблагоприятно влияет на условия труда так же монотонность и однообразность выполнения работ, вызывающие повышенную утомляемость и понижение эффективности проведения работ в силу появления усталости и уменьшения внимания.

Дополнительные исследования проводились с учетом работы в условиях холодного и жаркого климата. Исследовались тяжесть и напряженность работ арматурщиков, маляров, штукатуров, машинистов башенных кранов, монтажников, машинистов башенных кранов, электросварщиков, кровельщиков и др.

Анализировались особенности функционального состояния строителей, такие как состояние сердечно-сосудистой системы, артериальное давление, ударный и минутный объем сердца, показатели зрительно-моторной реакции у рабочих строителей и другие. На основании данной статистической информации проводится моделирование рисков от опасных условий труда строителей.

Важно проанализировать и изучить актуальность условий труда в современной строительной отрасли, поскольку эта отрасль включает в себя все этапы строительных работ, и каждый этап имеет свои специфические обстоятельства, которые представляют определенную опасность для работников.

Начиная с работы "нулевого цикла", работники должны уделять внимание безопасности, предотвращению несчастных случаев и охране здоровья при выполнении земляных работ и эксплуатации тяжелой строительной техники.

Изучение условий труда и их внедрение в современной строительной отрасли является неотъемлемой частью обеспечения безопасности и эффективности работников и повышения качества строительства. Это требует постоянного обновления норм и стандартов, а также обучения и передачи знаний, необходимых сотрудникам для успешного выполнения своих обязанностей.

В работе использовались материалы исследований [2-20].

### **Список литературы**

1. Математические модели производственных рисков и систем защиты: монография / А. В. Горяга [и др.]; Минобрнауки России, ОмГТУ. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2014. – 104 с.

2. Сазонова, С.А. Формирование транспортного резерва в теплоэнергетических системах / С.А. Сазонова, В.Ф. Асминин, С.Н. Кораблин, Д.А. Володкин

// Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. - 2022. - № 1 (27). - С. 28-34.

3. Sazonova, S. Condition monitoring of multi-apartment buildings / S. Sazonova, S. Nikolenko, E. Chernikov, S. Dyakonova, D. Sysoev, A. Lemeshkin, A. Minakov // AIP Conference Proceedings. – 2022. – V. 2647. - P. 030018.

4. Sazonova, S. Inspection of project documentation during the construction of an apartment building / S. Sazonova, S. Nikolenko, A. Meshcheryakova, L. Stenyukhin, D. Sysoev, A. Lemeshkin, A. Osipov // AIP Conference Proceedings. - 2022. – V. 2647. - P. 030019.

5. Nikolenko, S.D. Behavior of dispersion-reinforced concrete under dynamic action / S.D. Nikolenko, S.A. Sazonova, V.F. Asminin, N.V. Mozgovoi, L.N. Zvyagina // В сборнике: Journal of Physics: Conference Series. ICMSIT-III 2022: Metrological Support of Innovative Technologies. - 2022. - С. 022006.

6. Елифанов, Е.Н. Математическое моделирование процессов в звуковом поле помещений при речевом оповещении / Е.Н. Елифанов, В.Ф. Асминин, С.А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. - 2023. - Т. 16. - № 3. - С. 21-30.

7. Асминин, В.Ф. Моделирование и компьютерная визуализация процесса прохождения звуковых волн и их рассеивания в облегченной звукоизолирующей панели с гофрированной ромбовидной структурой / В.Ф. Асминин, Е.В. Дружинина, С.А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. - 2023. - Т. 16. - № 3. - С. 7-20.

8. Козюков, А.Е. Методы обеспечения стойкости электронной компонентной базы к одиночным событиям путем резервирования / А.Е. Козюков, В.К. Зольников, С.А. Евдокимова, О.Н. Квасов, К.А. Яковлев, А.Д. Платонов // Моделирование систем и процессов. - 2021. - Т. 14. - № 1. - С. 10-16.

9. Зольников, В.К. Состояние разработок элементной базы для систем связи и управления / В.К. Зольников, А.Ю. Кулай, В.П. Крюков, С.А. Евдокимова // Моделирование систем и процессов. - 2016. - Т. 9. - № 4. - С. 11-13.

10. Зольников, В.К. Анализ проектирования блоков RISC-процессора с учетом сбоеустойчивости / В.К. Зольников, А.С. Ягодкин, В.И. Анциферова, С.А. Евдокимова, Т.В. Скворцова, А.И. Яньков // Моделирование систем и процессов. - 2019. - Т. 12. - № 4. - С. 56-65.

11. Асминин, В.Ф. Защита от шума вибровозбужденных тонкостенных элементов конструкций станков дискретными вибродемпфирующими вставками

/ В.Ф. Асминин, С.А. Сазонова, А.С. Самофалова // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. - 2023. - № 12. - С. 161-169.

12. Сазонова, С.А. Разработка программных продуктов с использованием символьных и строковых переменных в объектно-ориентированной среде / С.А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. - 2022. - Т. 15. - № 3. - С. 44-54.

13. Asminin, V.F. Reducing the vibration excitability of a metal plate by applying variable vibrodamping inserts / V.F. Asminin, S.A. Sazonova, A.S. Samofalova // В сборнике: IX International Conference on Advanced Agritechnologies, Environmental Engineering and Sustainable Development. Namangan, Uzbekistan, 2024. - С. 03003.

14. Зольников, В.К. Экспериментальные исследования радиационного воздействия на микросхемы FRAM / В.К. Зольников, Н.Г. Гамзатов, В.И. Анциферова, А.В. Полуэктов, В.А. Фиронов // Моделирование систем и процессов. - 2022. - Т. 15. - № 3. - С. 16-24.

15. Ачкасов, А.В. Особенности проектирования микросхем, выполненных по глубоко-субмикронным технологиям / А.В. Ачкасов, М.В. Солодилов, Н.Н. Литвинов, П.А. Чубунов, В.К. Зольников, Д.В. Шеховцов, О.Л. Бордюжа // Моделирование систем и процессов. - 2022. - Т. 15. - № 4. - С. 7-17.

16. Ягодкин, А.С. Разработка алгоритмов и программ анализа электрических характеристик БИС / А.С. Ягодкин, В.К. Зольников, Т.В. Скворцова, А.В. Ачкасов, С.А. Кузнецов, Ф.В. Макаренко // Моделирование систем и процессов. - 2022. - Т. 15. - № 4. - С. 136-148.

17. Полуэктов, А.В. Моделирование работы диода и оценка параметров его работы / А.В. Полуэктов, Р.Ю. Медведев, В.К. Зольников // Моделирование систем и процессов. - 2023. - Т. 16. - № 1. - С. 85-93.

18. Sazonova, S.A. Environmental impact consideration in the measures to improve the builders of different specialties working conditions / S.A. Sazonova, V.K. Zolnikov, K.V. Zolnikov, E.A. Anikeev, S.A. Evdokimova, A. Groshev, E. Grosheva // E3S Web of Conferences. Ural Environmental Science Forum "Sustainable Development of Industrial Region" (UESF-2023). Chelyabinsk, 2023. - С. 02007.

19. Зольников, В.К. Разработка тестового кристалла при проектировании микросхем технологии КМОП / В.К. Зольников, О.В. Оксюта, К.А. Чубур, О.Н. Квасов // Моделирование систем и процессов. - 2020. - Т. 13. - № 3. - С. 58-65.

20. Николенко, С.Д. Исследование причин аварий грузоподъемных кранов / С.Д. Николенко, С.А. Сазонова, В.Ф. Асминин // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. - 2021. - № 3-4 (25-26). - С. 107-111.

### References

1. Matematicheskie modeli proizvodstvennyh riskov i sistem zashchity: monografiya [Mathematical models of industrial risks and protection systems: monograph] / A. V. Goryaga [i dr.]; Minobrnauki Rossii, OmGTU. – Omsk: Izd-vo OmGTU, 2014. – 104 s.

2. Sazonova, S.A. Formation of transport reserve in thermal power systems / S.A. Sazonova, V.F. Asminin, S.N. Korablin, D.A. Volodkin // Information technologies in construction, social and economic systems. - 2022. - № 1 (27). - Pp. 28-34.

3. Sazonova, S. Condition monitoring of multi-apartment buildings / S. Sazonova, S. Nikolenko, E. Chernikov, S. Dyakonova, D. Sysoev, A. Lemeshkin, A. Minaikov // AIP Conference Proceedings. – 2022. – V. 2647. - P. 030018.

4. Sazonova, S. Inspection of project documentation during the construction of an apartment building / S. Sazonova, S. Nikolenko, A. Meshcheryakova, L. Stenyukhin, D. Sysoev, A. Lemeshkin, A. Osipov // AIP Conference Proceedings. - 2022. – V. 2647. - P. 030019.

5. Nikolenko, S.D. Behavior of dispersion-reinforced concrete under dynamic action / S.D. Nikolenko, S.A. Sazonova, V.F. Asminin, N.V. Mozgovoi, L.N. Zvyagina // In the collection: Journal of Physics: Conference Series. ICMSIT-III 2022: Metrological Support of Innovative Technologies. - 2022. - p. 022006.

6. Epifanov, E.N. Mathematical modeling of processes in the sound field of rooms with speech notification / E.N. Epifanov, V.F. Asminin, S.A. Sazonova // Modeling of systems and processes. - 2023. - Vol. 16. - No. 3. - Pp. 21-30.

7. Asminin, V.F. Modeling and computer visualization of the process of sound waves passing and scattering in a lightweight soundproof panel with a corrugated diamond-shaped structure / V.F. Asminin, E.V. Druzhinina, S.A. Sazonova // Modeling of systems and processes. - 2023. - Vol. 16. - No. 3. - Pp. 7-20.

8. Kozyukov, A.E. Methods of ensuring the stability of the electronic component base to single events by redundancy / A.E. Kozyukov, V.K. Zolnikov, S.A. Evdokimova, O.N. Kvasov, K.A. Yakovlev, A.D. Platonov // Modeling of systems and processes. - 2021. - Vol. 14. - No. 1. - pp. 10-16.

9. Zolnikov, V.K. The state of development of the element base for communication and control systems / V.K. Zolnikov, A.Y. Kulai, V.P. Kryukov, S.A. Evdokimova // Modeling of systems and processes. - 2016. - Vol. 9. - No. 4. - pp. 11-13.

10. Zolnikov, V.K. Analysis of the design of RISC processor blocks taking into account fault tolerance / V.K. Zolnikov, A.S. Yagodkin, V.I. Antsiferova, S.A. Evdokimova, T.V. Skvortsova, A.I. Yankov // Modeling of systems and processes. - 2019. - Vol. 12. - No. 4. - pp. 56-65.

11. Asminin, V.F. Protection from noise of vibro-excited thin-walled structural elements of machine tools with discrete vibration damping inserts / V.F. Asminin, S.A. Sazonova, A.S. Samofalova // Proceedings of Tula State University. Technical sciences. - 2023. - No. 12. - Pp. 161-169.

12. Sazonova, S.A. Development of software products using symbolic and string variables in an object-oriented environment / S.A. Sazonova // Modeling of systems and processes. - 2022. - Vol. 15. - No. 3. - Pp. 44-54.

13. Asminin, V.F. Reducing the vibration excitability of a metal plate by using variable vibration damping inserts / V.F. Asminin, S.A. Sazonova, A.S. Samofalova // In the collection: IX International Conference on Advanced Agricultural Technologies, Environmental Engineering and Sustainable Development. Namangan, Uzbekistan, 2024. - P. 03003.

14. Zolnikov, V.K. Experimental studies of radiation effects on FRAM chips / V.K. Zolnikov, N.G. Gamzatov, V.I. Antsiferova, A.V. Poluektov, V.A. Fironov // Modeling of systems and processes. - 2022. - Vol. 15. - No. 3. - pp. 16-24.

15. Achkasov, A.V. Features of designing microcircuits made using deep-sub-micron technologies / A.V. Achkasov, M.V. Solodilov, N.N. Litvinov, P.A. Chubunov, V.K. Zolnikov, D.V. Shekhovtsov, O.L. Bordyuzha // Modeling of systems and processes. - 2022. - Vol. 15. - No. 4. - pp. 7-17.

16. Yagodkin, A.S. Development of algorithms and programs for analysis of electrical characteristics of BIS / A.S. Yagodkin, V.K. Zolnikov, T.V. Skvortsova, A.V. Achkasov, S.A. Kuznetsov, F.V. Makarenko // Modeling of systems and processes. - 2022. - Vol. 15. - No. 4. - pp. 136-148.

17. Poluektov, A.V. Modeling of diode operation and evaluation of parameters of its operation / A.V. Poluektov, R.Y. Medvedev, V.K. Zolnikov // Modeling of systems and processes. - 2023. - Vol. 16. - No. 1. - pp. 85-93.

18. Sazonova, S.A. Environmental impact consideration in the measures to improve the builders of different specialties working conditions / S.A. Sazonova,

V.K. Zolnikov, K.V. Zolnikov, E.A. Anikeev, S.A. Evdokimova, A. Groshev, E. Grosheva // E3S Web of Conferences. Ural Environmental Science Forum “Sustainable Development of Industrial Region” (UESF-2023). Chelyabinsk, 2023. - p. 02007.

19. Zolnikov, V.K. Development of a test crystal in the design of CMOS technology chips / V.K. Zolnikov, O.V. Oxyuta, K.A. Chubur, O.N. Kvasov // Modeling of systems and processes. - 2020. - Vol. 13. - No. 3. - pp. 58-65.

20. Nikolenko, S.D. Investigation of the causes of accidents of lifting cranes / S.D. Nikolenko, S.A. Sazonova, V.F. Asminin // Information technologies in construction, social and economic systems. - 2021. - № 3-4 (25-26). - Pp. 107-111.