

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ ИНТЕНСИВНОСТИ НАГРУЗКИ СЕГМЕНТОВ В КОРПОРАТИВНЫХ СЕТЯХ СВЯЗИ

Н.И. Золотухина¹, В.К. Зольников¹, С.А. Сазонова¹, А.М. Плотников¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация. В статье рассматриваются результаты исследований моделирования распределения канального ресурса в корпоративных сетях связи. Приведены схема организации связи и топологическая схема узловых районов. С помощью рассмотренного расчета определен доступный канальный ресурс альтернативных маршрутов планируемой сети связи. Результаты исследований рекомендовано применять для минимизирования блокировки, задержки и потери в сетях за счет пропорционального распределения входящего трафика по совокупности направлений.

Ключевые слова: имитационные модели, корпоративные сети связи, коммутационная система, трафик, схема организации связи.

SIMULATION OF QUANTITATIVE PARAMETERS OF SEGMENT LOAD INTENSITY IN CORPORATE COMMUNICATION NETWORKS

N.I. Zolotukhina¹, V.K. Zolnikov¹, S.A. Sazonova¹, A.M. Plotnikov¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Abstract. The article discusses the results of modeling the distribution of channel resources in corporate communication networks. The scheme of communication organization and the topological scheme of nodal areas are given. Using the considered calculation, the available channel resource of alternative routes of the planned communication network is determined. It is recommended to apply the research results to minimize blocking, delays and losses in networks due to the proportional distribution of incoming traffic in a set of directions.

Key words: simulation models, corporate communication networks, switching system, traffic, communication scheme.

Произведем расчет параметров нагрузки, поступающей на вход коммутационной системы (КС) корпоративных сетей связи (КСС). Схема организации связи является вымышленной, однако построена на основе реальной структуры сети передачи данных (рисунок 1).

Рассчитав аналогичным образом параметры интенсивности нагрузки для всех узлов рассматриваемой КСС, а также с учетом результатов, полученных посредством применения симулятора системы передачи данных (СПД) «NetCracker Professional», составим матрицу потоков нагрузки (таблица 1).

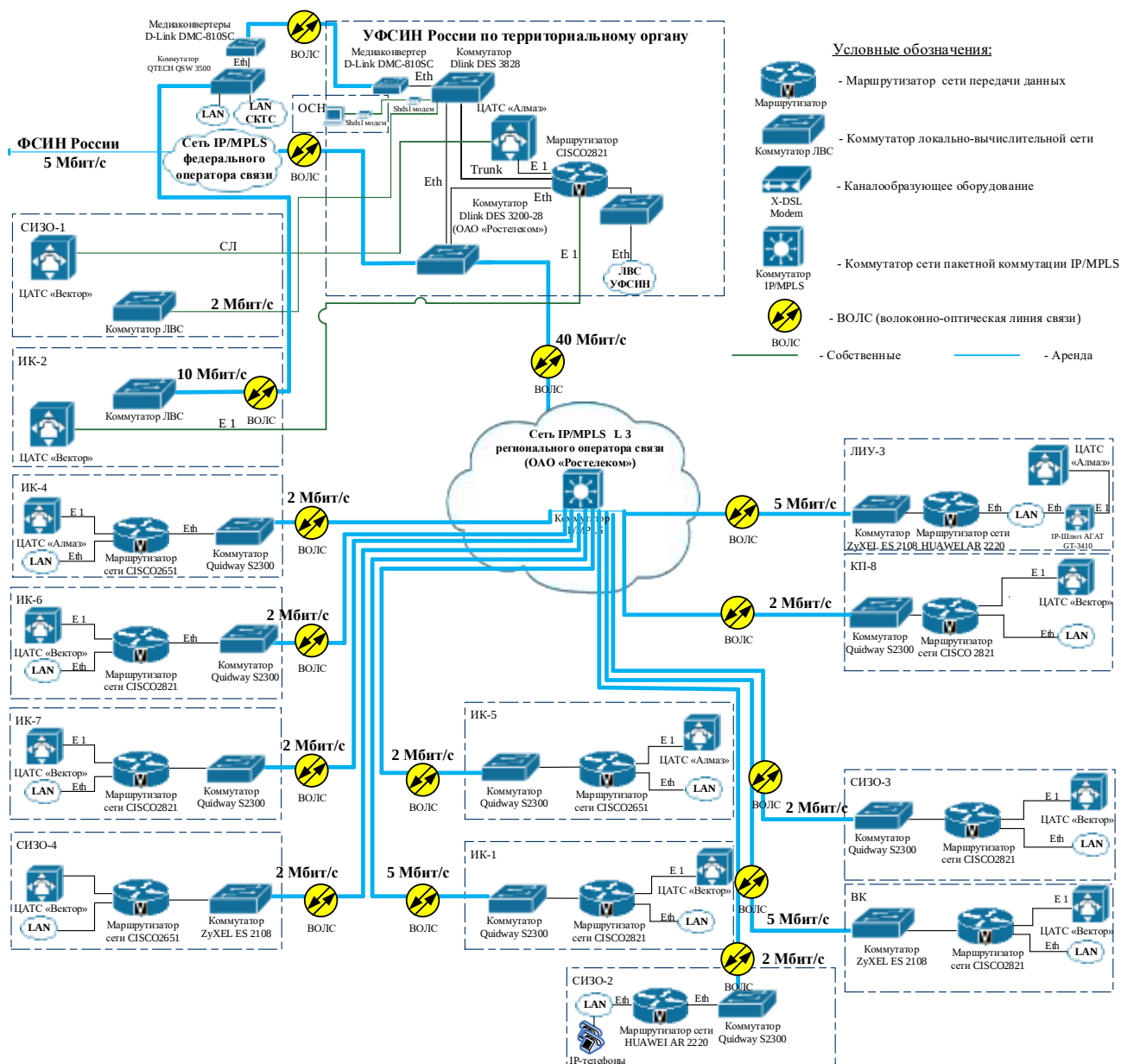


Рисунок 1 – Структурная схема корпоративной сети связи

С целью параметрической оценки планируемой наложенной балансировочной сети (НБС) КСС введем совокупность, так называемых, узловых районов

СПД – транзитных узлов сети для организации альтернативной маршрутизации в НБС (рисунок 2).

Рассчитаем нагрузку «у» на узловые АТС узловых районов №№ 2, 3, 4, 5. Узловая станция 1-го узлового района – сегмента №1 КСС; 2-го узлового района – ЦАТС сегмента №6 КСС; 3-го узлового района – ЦАТС сегмента №2 КСС; 4-го узлового района – ЦАТС сегмента №12 КСС; 5-го узлового района – ЦАТС сегмента №7 КСС. Для расчета потребуется суммировать элементы матрицы потоков нагрузки, приходящейся на узловую АТС. Такими элементами станут строки и столбцы матрицы, соответствующие АТС, входящим в узловой район.

Таблица 1 – Матрица потоков нагрузки КСС

Сегменты КСС	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	0,7	1,2	0,2	1,5	1,1	0,1	0,4	1,3	0,6	0,9	0,2	0,3	0,5	1,6
2	1,1	0,2	0,8	1	0,1	1,2	0,3	1	0,5	1	0,4	0,2	0,6	1,2
3	0,2	0,6	0,5	0,9	1	0,3	0,1	0,4	0,8	1,2	0,7	0,5	0,1	0,8
4	0,4	1	0,3	0,8	0,6	0,1	0,5	0,9	1,1	0,1	0,7	0,4	0,2	1
5	0,2	0,8	0,5	0,1	0,3	0,7	0,4	1	0,2	0,6	0,1	0,9	0,3	1,5
6	0,7	1,6	0,5	1,2	1	0,8	1,1	0,6	1,1	1,3	0,7	0,6	1,4	0,7
7	0,4	0,2	0,5	0,7	0,3	0,9	0,5	0,1	0,8	0,1	0,7	0,2	0,9	0,9
8	0,8	0,4	0,1	0,3	1	0,6	0,5	0,9	1,2	0,2	0,1	0,4	0,5	1,4
9	1,2	0,3	0,1	0,6	0,4	0,2	0,5	0,6	0,4	0,5	0,7	0,3	0,1	0,6
10	0,8	0,2	0,5	0,1	0,3	0,9	1	0,4	0,3	0,1	0,8	0,6	0,2	1,1
11	0,3	0,7	0,2	0,6	0,4	0,3	0,6	0,1	0,7	0,2	0,4	0,1	0,5	0,8
12	1,1	0,1	0,5	0,4	0,2	0,7	0,1	0,6	1,1	0,5	0,2	0,1	0,9	1,1
13	0,3	0,7	0,2	1,2	0,1	0,4	0,2	0,6	0,1	0,4	1,1	0,5	0,3	1,3
14	0,5	0,1	0,7	0,4	0,6	0,1	1,2	0,2	0,9	0,6	0,1	1	0,4	1,1

Для узловой АТС района №2 (сегмент №7 КСС) получим $y_2 = 44,8$ Эрл. Для расчета данной нагрузки были просуммированы элементы матрицы потоков нагрузки: строки и столбцы №7 (сегмент №7 КСС) и №14 (сегмент №14 КСС) за исключением внутренних нагрузок, рассмотренных АТС.

Исходя из параметров цифрового потока, строят график зависимости $F(v)$ для рассчитанного ранее значения интенсивности нагрузки сегмента сети в соответствии с формулой Эрланга (1).

$$F(v) = E_v(y) = \frac{y^v / v!}{\sum_{j=0}^v (y^j / j!)} \quad (1)$$

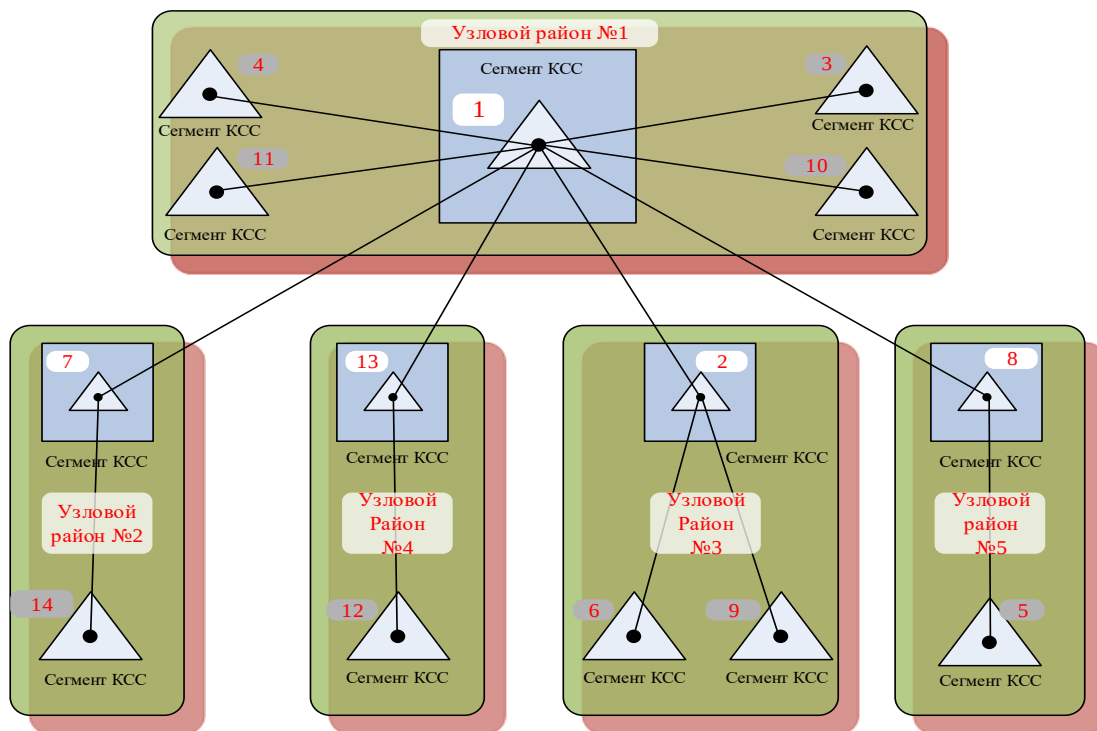


Рисунок 2 – Топологическая схема узловых районов НБС КСС

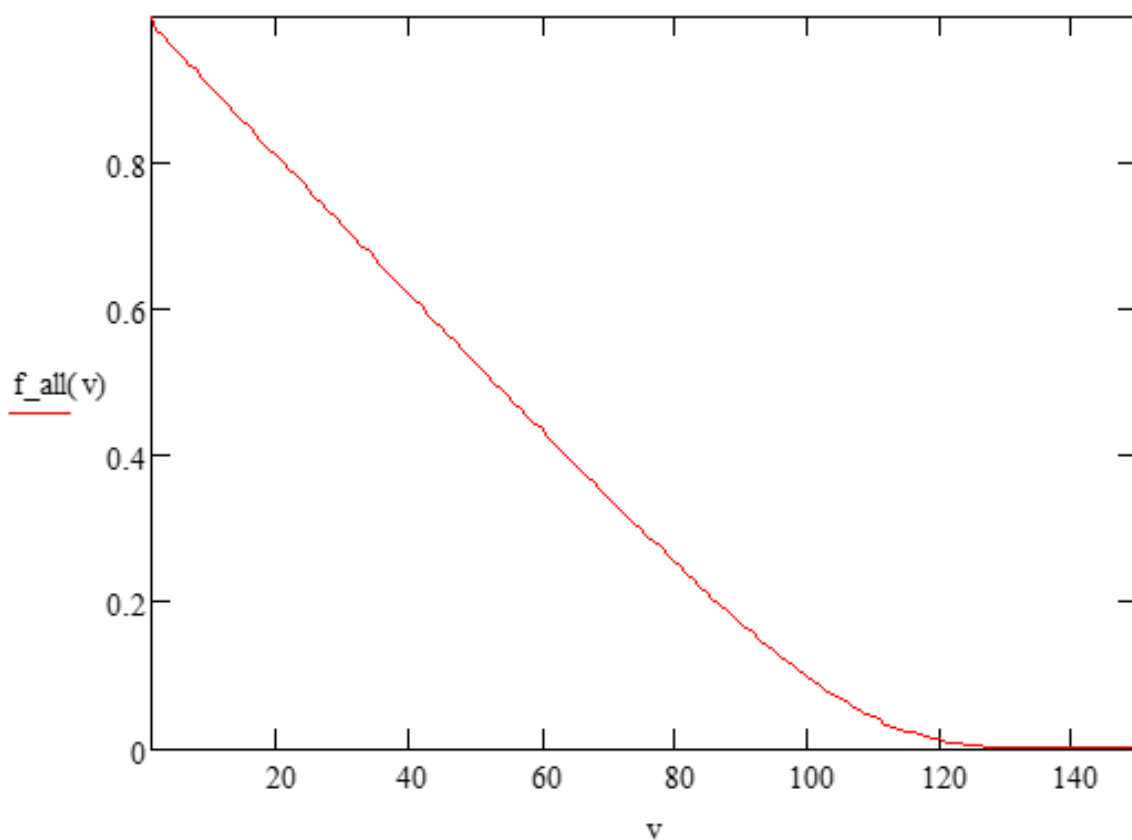


Рисунок 3 – График зависимости вероятности потерь от количества одновременно устанавливаемых соединений при $y_1 = 103,9$ Эрл

В соответствии с формулой Эрланга (1) рассмотрим зависимость вероятности потерь от количества каналов связи v при условии, что $y = \text{const}$.

Рассчитаем суммарную нагрузку на узловую АТС узлового района №1 – сегмент №1 КСС (2).

Она формируется путем суммирования всех элементов матрицы потоков нагрузки, за исключением нагрузки внутри узловых районов (рисунок 3).

$$y_1 = 117,3 - (3,7 + 5,2 + 2,2 + 2,3) = 103,9 \text{ (Эрл)}. \quad (2)$$

$$F(121) = 9,97 \times 10^{-3}, \quad F(125) = 4,86 \times 10^{-3}.$$

При 121 одновременно устанавливаемом соединении, величина $F(v)$ не превышает своего порогового значения, следовательно, обеспечивается дисциплина обслуживания без потерь.

Рассчитаем суммарную скорость цифрового потока (V): $V(121) = 7744$ кбит/с, $V(125) = 8000$ кбит/с. Полученные значения не превышают общей пропускной способности цифрового потока передачи данных Е2 (8448 кбит/с).

Представленный расчет позволил определить доступный каналный ресурс альтернативных маршрутов планируемой НБС КСС, что позволяет в конечном итоге посредством изменения плана маршрутизации каналообразующей аппаратуры добиться оптимальной загрузки имеющихся каналов связи с дисциплиной обслуживания без потерь.

Реализация указанных мероприятий позволит минимизировать блокировки, задержки и потери в сетях, пропорционально распределив входящий трафик по совокупности направлений. При разработке данной работы использовались материалы исследований [1-18].

Список литературы

1. Компьютерное моделирование работоспособности электрической схемы в системах автоматизации проектирования / В. К. Зольников, С. В. Стоянов, Е. В. Шмаков, Н. Н. Литвинов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 26-36. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-24-34. – EDN EJJKJP.
2. Елифанов, Е. Н. Системный анализ акустических свойств речевых оповещателей / Е. Н. Елифанов, В. Ф. Асминин, С. А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 4. – С. 42-53. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-42-53. – EDN BMZBYL.

3. Создание средств проверки электрической схемы с использованием схемы тестовых внешних воздействий / К. В. Зольников, Д. В. Шеховцов, К. В. Литвинов, М. А. Солодилов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 36-44. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-34-42. – EDN EAGOOO.

4. Формализация верификации топологии и электрической схемы для систем автоматизированного проектирования / Т. В. Скворцова, К. В. Зольников, А. М. Плотников, И. В. Скоркин // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 61-70. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-59-68. – EDN DUYQNH.

5. Зольников, К. В. Моделирование и оптимизация конструкции полосового фильтра на основе коаксиального резонатора / К. В. Зольников, Д. А. Ачкасов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 43-50. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-43-50. – EDN POHLTW.

6. Николенко, С. Д. Моделирование возникновения внутренних напряжений в сложной структуре материала / С. Д. Николенко, С. П. Козодаев, С. А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 50-61. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-50-61. – EDN DIXFNH.

7. Алгоритм диагностики утечек целевого продукта в условиях неопределенности для гидравлической системы / С. А. Сазонова, А. Н. Кошель, И. Н. Пантелеев [и др.] // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 71-82. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-71-82. – EDN HDRQPC.

8. Повышение формализации задач верификации топологии и электрической схемы для систем автоматизированного проектирования / А. В. Полуэктов, К. В. Зольников, А. В. Ачкасов, Ю. А. Чевычелов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 102-111. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-102-111. – EDN QIKKRO.

9. Сазонова, С. А. Моделирование процесса диагностики утечек на основе двухальтернативной гипотезы с учетом помех от стохастичности потребления в гидравлической системе / С. А. Сазонова, И. В. Щербакова, Г. И. Сметанкина // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 111-120. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-111-120. – EDN CSKRIZ.

10. Полуэктов, А. В. Моделирование влияния электромагнитных полей на микросхемы / А. В. Полуэктов, Р. Ю. Медведев, К. В. Зольников // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 129-136. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-129-136. – EDN HWPUXU.

11. Полуэктов, А. В. Моделирование ослабления ионизирующего излучения за счет защитного корпуса микросхем / А. В. Полуэктов, Р. Ю. Медведев, А.

И. Заревич // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 93-100. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-93-100. – EDN QQRQXE.

12. Diagnostics of leaks with unknown amplitudes against the background of interference caused by accidental consumption in the hydraulic system for the forest complex / S. Sazonova, K. Zolnikov, T. Skvortsova [et al.] // BIO Web of Conferences. – 2024. – Т. 145. – С. 04016. – DOI: 10.1051/bioconf/202414504016. – EDN: SQXQKY.

13. Асминин, В.Ф. Экспериментальные исследования вибровозбужденных тонкостенных элементов конструкций станков дискретными вибродемпфирующими вставками / В.Ф. Асминин, С.А. Сазонова, А.С. Самофалова // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2024. – № 3. – С. 525-529. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-3-525-526. – EDN: CBJRSA.

14. Николенко, С.Д. Улучшение качества материала промышленных полов для повышения ударной стойкости при воздействии машиностроительного оборудования / С.Д. Николенко, С.А. Сазонова, В.Ф. Асминин // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2024. – № 3. – С. 495-498. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-3-495-496. – EDN: SBVFRO.

15. Перцев, В.Т. Повышение качества бетона путем применения металлических фибр / В.Т. Перцев, С.Д. Николенко, С.А. Сазонова // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2024. – № 3. – С. 480-484. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-3-480-481. – EDN: TJXBCE.

16. Samofalova, A.S. Damping of vibration-damping thin-walled steel structures with discrete rubber inserts / A.S. Samofalova, V.F. Asminin, S.A. Sazonova // Noise Theory and Practice. – 2024. – Т. 10. – № 1 (36). – С. 69-81. – EDN: FLGZTH.

17. 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. – DOI: 10.24412/2071-6168-2023-12-161-162. – EDN: XBSGJY.

References

1. Computer simulation of the operability of an electrical circuit in design automation systems / V. K. Zolnikov, S. V. Stoyanov, E. V. Shmakov, N. N. Litvinov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – pp. 26-36. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-24-34. – EDN EJJKJP.

2. Epifanov, E. N. System analysis of acoustic properties of speech annunciators / E. N. Epifanov, V. F. Asminin, S. A. Sazonova // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 4. – pp. 42-53. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-42-53. – EDN BMZBYL.

3. Creation of means of checking an electrical circuit using a circuit of test external influences / K. V. Zolnikov, D. V. Shekhovtsov, K. V. Litvinov, M. A. Solodilov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – pp. 36-44. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-34-42. – EDN EAGOOO.

4. Formalization of topology verification and electrical circuit for computer-aided design systems / T. V. Skvortsova, K. V. Solnikov, A.M. Plotnikov, I. V. Skorkin // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – pp. 61-70. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-59-68. – EDN DUYQHJ.

5. Zolnikov, K. V. Modeling and optimization of the design of a polar filter based on a coaxial resonator / K. V. Zolnikov, D. A. Achkasov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – pp. 43-50. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-43-50. – EDN POHLTW.

6. Nikolenko, S. D. Modeling of the occurrence of internal stresses in a complex material structure / S. D. Nikolenko, S. P. Kozodaev, S. A. Sazonova // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – pp. 50-61. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-50-61. – EDN DIXFHX.

7. The algorithm for diagnosing leaks of the target product in uncertain conditions for the hydraulic system / S. A. Sazonova, A. N. Koshel, I. N. Panteleev [et al.] // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – pp. 71-82. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-71-82. – EDN HDRQPC.

8. Increasing the formalization of topology and electrical circuit verification tasks for computer-aided design systems / A.V. Poluektov, K. V. Zolnikov, A.V. Achkasov, Yu.A. Chevychelov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – pp. 102-111. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-102-111. – EDN QIKKRO.

9. Sazonova, S. A. Modeling of the leak diagnosis process based on a two-alternative hypothesis, taking into account interference from stochastic consumption in the hydraulic system / S. A. Sazonova, I. V. Shcherbakova, G. I. Smetankina // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – pp. 111-120. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-111-120. – EDN CSKRIZ.

10. Poluektov, A.V. Modeling the influence of electromagnetic fields on micro-circuits / A.V. Poluektov, R. Y. Medvedev, K. V. Zolnikov // Modeling of systems and

processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – pp. 129-136. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-129-136. – EDN HWPUXU.

11. Poluektov, A.V. Modeling the attenuation of ionizing radiation due to the protective housing of microcircuits / A.V. Poluektov, R. Y. Medvedev, A. I. Zarevich // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – pp. 93-100. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-93-100. – EDN QQRQXE.

12. Diagnostics of leaks with unknown amplitudes against the background of interference caused by accidental consumption in the hydraulic system for the forest complex / S. Sazonova, K. Zolnikov, T. Skvortsova [et al.] // BIO Web of Conferences. – 2024. – Vol. 145. – p. 04016. – DOI: 10.1051/bioconf/202414504016. – EDN: SQXQKY.

13. Asminin, V.F. Experimental studies of vibro-excited thin-walled structural elements of machine tools with discrete vibration damping inserts / V.F. Asminin, S.A. Sazonova, A.S. Samofalova // Extracts from Tula State University. Technical sciences. – 2024. – No. 3. – pp. 525-529. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-3-525-526. – EDN: CBJRSA.

14. Nikolenko, S.D. Improving the quality of the material of industrial floors to increase impact resistance when exposed to machine-building equipment / S.D. Nikolenko, S.A. Sazonova, V.F. Asminin // Proceedings of Tula State University. Technical sciences. – 2024. – No. 3. – pp. 495-498. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-3-495-496. – EDN: SBVFRO.

15. Pertsev, V.T. Improving the quality of concrete by using metallic fibers / V.T. Pertsev, S.D. Nikolenko, S.A. Sazonova // Proceedings of Tula State University. Technical sciences. – 2024. – No. 3. – pp. 480-484. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-3-480-481. – EDN: TJXBCE.

16. Samofalova, A.S. Damping of vibration-damping thin-walled steel structures with discrete rubber inserts / A.S. Samofalova, V.F. Asminin, S.A. Sazonova // Noise Theory and Practice. – 2024. – Vol. 10. – № 1 (36). – Pp. 69-81. – EDN: FLGZTH.

17. Asminin V.F., Sazonova S.A., Samofalova A.S. Protection from noise of vibrationally excited thin-walled structural elements of machine tools with discrete vibration damping inserts // Proceedings of Tula State University. Technical sciences. – 2023. No. 12. – pp. 161-169. – DOI: 10.24412/2071-6168-2023-12-161-162. – EDN: XBSGJY.