

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕРМОГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПОЖАРА

С.А. Сазонова¹, В.Ф. Асминин², Е.В. Дружинина²

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»

²ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация. Рассматриваются особенности моделирования термогазодинамических параметров пожара на основе математических моделей пожара. Описано применяемое программное обеспечение. Рассчитаны показатели опасных факторов пожара в расчетных точках.

Ключевые слова: моделирование, термодинамические параметры пожара, место возникновения пожара, пешеходный переход, модели пожара, программное обеспечение.

MODELING OF THERMOGASODYNAMIC FIRE PARAMETERS

S.A. Sazonova¹, V.F. Asminin², E.V. Druzhinina²

¹Voronezh State Technical University

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

Abstract. The features of modeling the thermogasodynamic parameters of a fire based on mathematical models of fire are considered. The software used is described. The indicators of fire hazards at the calculated points are calculated.

Keywords: modeling, thermodynamic parameters of a fire, place of occurrence of a fire, pedestrian crossing, fire models, software.

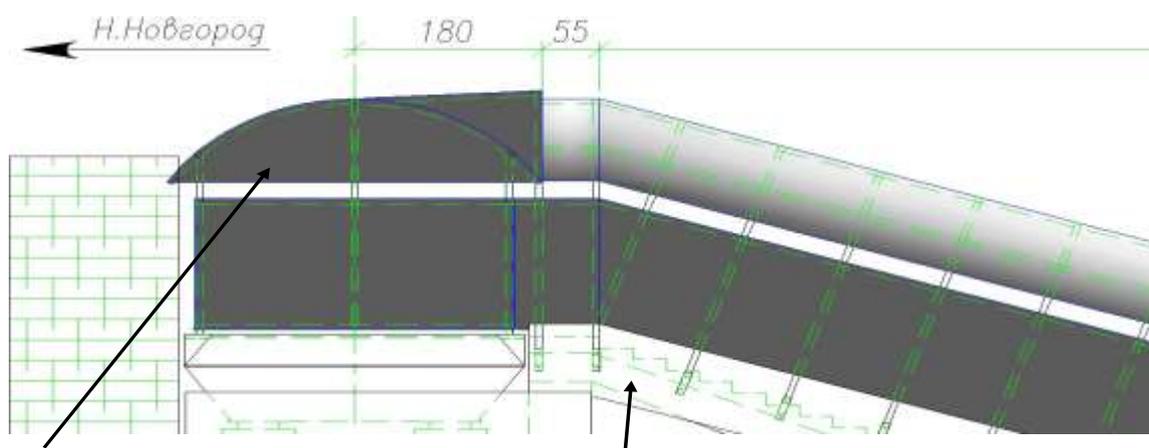
Для описания термогазодинамических параметров пожара применяются три основных группы детерминистических моделей: интегральные, зонные(зональные) и полевые.

Для проведения расчетов рисков использовалось программное обеспечение Национального института стандартов и технологии Министерства торговли

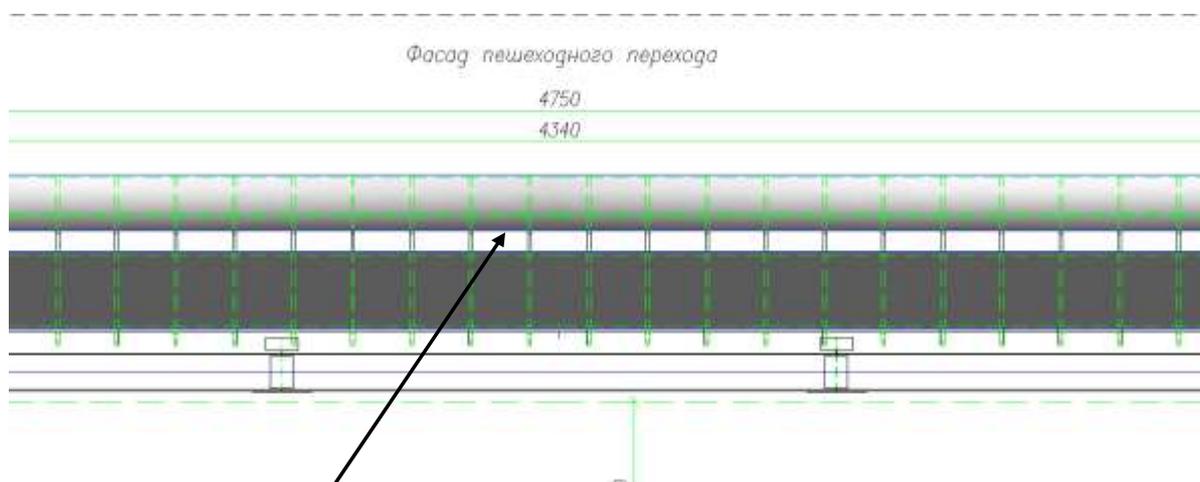
США «FDS (Fire Dynamics Simulator)» реализующая вычислительную модель (CFD)тепломассопереноса при горении.

Построение полей опасных факторов пожара выполнено с применением прикладной программы PyroSim.

Объемно-планировочные решения проектируемого перехода обеспечивают постоянное естественное проветривание перехода через предусмотренные проемы, которые расположены в верхней части по периметру пролетного строения и лестничных сходов рис. 1. Место возникновения пожара показано на рис. 2.



а) Проем в верхней части по периметру перехода / Проем снизу лестничных сходов



б) Проем в верхней части по периметру перехода

Рисунок 1 - Проемы для естественного проветривания пешеходного перехода:

а) вид с боку; б) фасад перехода

Такое расположение источника пожара обеспечивает наихудший сценарий по следующим причинам: источники возгорания имитируют закрытые конструкции из поликарбоната в местах наибольшей пожарной нагрузки; по сценарию эвакуации на данном очаге возгорания перекрыт эвакуационный канал.

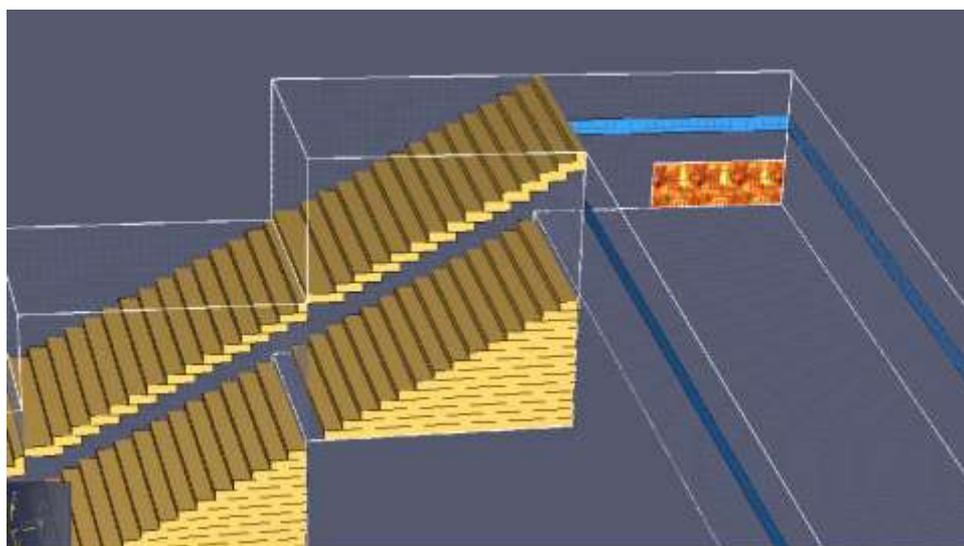


Рисунок 2 – Место возникновения пожара

Таблица 1 - Сводная таблица показателей ОФП в расчетных точках

A861		f _x 1027,2198						
	A	B	C	D	E	F	G	H
1	s	kg/m ³	kg/m ³	kW/m ²	kg/m ³	kg/m ³	C	m
2		1,16E-03	1,10E-04	1,40	2,30E-05	0,23	70,00	20,00
3	FDS Tim	1-co	1-co2	1-H	1-hcl	1-o2	1-T	1-vis
855	1020,0038	4,529E-06	3,201E-05	0,4196991	2,132E-06	0,27327	24,402	29,9723
856	1021,2282	4,172E-06	3,201E-05	0,4196694	1,964E-06	0,2737121	24,0295	30
857	1022,4318	4,24E-06	9,023E-05	0,4195605	1,996E-06	0,2734921	24,2474	30
858	1023,6077	2,768E-06	8,29E-05	0,4194382	1,303E-06	0,2753499	22,6819	30
859	1024,8064	2,778E-06	9,107E-05	0,419511	1,308E-06	0,2753888	22,6373	30
860	1026,0108	6,102E-06	7,649E-05	0,4197553	2,872E-06	0,271339	26,0443	23,3071
861	1027,2198	7,745E-06	8,234E-05	0,4200358	3,646E-06	0,269243	27,8513	17,9489
862	1028,4036	5,205E-06	8,621E-05	0,4199541	2,45E-06	0,2724757	25,0646	26,754
863	1029,6119	4,613E-06	6,19E-05	0,4198876	2,172E-06	0,2731639	24,4921	29,5525
864	1030,8015	5,276E-06	3,66E-05	0,4199158	2,484E-06	0,2722069	25,3352	26,1835
865	1032,0202	6,248E-06	6,86E-05	0,4200384	2,941E-06	0,2708513	26,5279	22,1368
866	1033,233	6,896E-06	8,591E-05	0,4201459	3,246E-06	0,2699099	27,3694	20,0038
867	1034,4173	6,634E-06	9,937E-05	0,4201408	3,123E-06	0,2702791	27,0413	20,823
868	1035,6097	5,982E-06	0,0001054	0,4200543	2,816E-06	0,2712227	26,1998	23,0756
869	1036,8012	6,363E-06	0,0001092	0,4200873	2,995E-06	0,2707482	26,6063	21,699
870	1038,0107	7,489E-06	3,201E-05	0,4201039	3,526E-06	0,2691039	28,0826	18,4388
871	1039,2248	8,136E-06	3,201E-05	0,4201953	3,83E-06	0,2683035	28,776	16,9647
872	1040,421	7,687E-06	3,201E-05	0,4201365	3,619E-06	0,2690987	28,0278	17,9705
873	1041,6127	7,707E-06	9,023E-05	0,4202299	3,628E-06	0,2689856	28,1483	17,9992
874	1042,8153	6,003E-06	8,29E-05	0,4201331	2,826E-06	0,2711993	26,2193	23,0076
875	1044,0211	6,511E-06	9,107E-05	0,4201307	3,065E-06	0,2705318	26,7999	21,2232
876	1045,2051	6,294E-06	7,649E-05	0,4201411	2,963E-06	0,2708419	26,5239	21,9486
877	1046,4059	6,661E-06	8,234E-05	0,4201712	3,136E-06	0,270402	26,898	20,7997
878	1047,6146	6,178E-06	0,0001094	0,4201687	2,908E-06	0,2709321	26,4678	22,9373

Таблица 1 является сводной таблицей показателей опасных факторов пожара (ОФП) в расчетных точках. Размещение расчетных точек показано на рис.3.

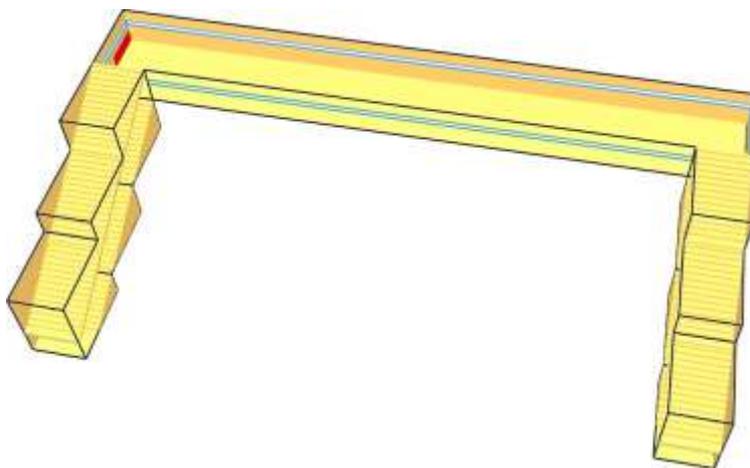


Рисунок 3 – Расположение расчетных точек

На рис. 4 показаны вентилируемые проемы, на рис. 5 показана ситуация блокировки по потере видимости. ОФП достигло предельных значений в Рт1 за 1027 сек. по потере видимости.

Сравним время прибытия пожарно-спасательного подразделения и начало проведения им спасательных работ с временем начала воздействия ОФП на М4 находящегося у лестничного схода.

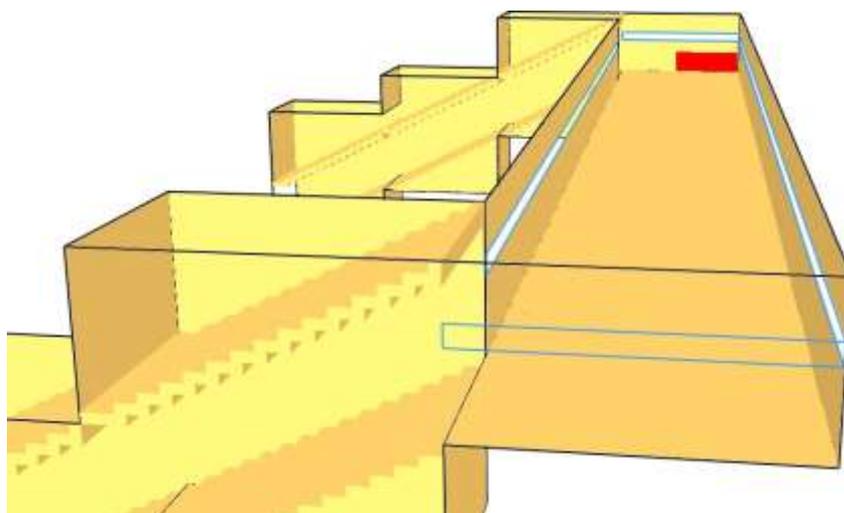


Рисунок 4 - Вентилируемые проемы

$1027/60=17,11$ мин, следовательно, человек группы мобильности (далее МГН) М4 будет спасен пожарными до момента начала воздействия на него ОФП.

Также возможно спасение МГН М4 с помощью людей, находящихся в переходе вовремя начала пожара, по запроектированным на лестничных сходах металлическим конструкциям (швеллерам) обеспечивающим возможность движения вверх или вниз лестничных сходов МГН М4 (рис. 6 «Схема расположения лестничных сходов ЛС1 и ЛС2», 87-219-ТКР, ИС 1.4.) на инвалидном кресле-коляске – рис. 7.



Рисунок 7. Параметры кресла-коляски для передвижения МГН М4, см

Принятые при проектировании пешеходного перехода объемно-планировочные и конструктивные решения, обеспечивают безопасность МГН М4 при возникновении пожара в соответствии с требованиями п. 5.2.23 и п. 5.2.27 СП 59.13330.2012. В работе использовались материалы исследований [1-19].

Список литературы

1. Николенко, С.Д. Исследование причин аварий грузоподъемных кранов / С.Д. Николенко, С.А. Сазонова, В.Ф. Асмнин // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. - 2021. - № 3-4 (25-26). - С. 107-111.
2. Сазонова, С.А. Формирование транспортного резерва в теплоэнергетических системах / С.А. Сазонова, В.Ф. Асмнин, 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. 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 // В сборнике: Journal of Physics: Conference Series. ICMSIT-III 2022: Metrological Support of Innovative Technologies. - 2022. - С. 022006.

6. Епифанов, Е.Н. Математическое моделирование процессов в звуковом поле помещений при речевом оповещении / Е.Н. Епифанов, 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.

References

1. 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.

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 // In the collection: 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.