

РАЗРАБОТКА МЕТОДА АНАЛИЗА И ГИБРИДНОГО ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПЕРЕМЕННОЙ СТРУКТУРЫ

И.И. БОСИКОВ^{1,2}

¹Северо-Кавказский горно-металлургический институт
(государственный технологический университет)
362021, Россия, Владикавказ, ул. Николаева, 44

²Астраханский государственный технический университет
414056, Россия, Астрахань, ул. Татищева, 16

Аннотация. В статье описан метод анализа и гибридного имитационного моделирования сложных технических систем переменной структуры (СТС ПС), включающий в себя: сбор и обобщение информации о СТС ПС; выделение кластеров и элементов СТС ПС и выявление их значимых показателей; создание логической модели СТС ПС; обоснование и выбор математических моделей для построения имитационной гибридной модели СТС ПС; построение математических моделей различных типов для описания всех компонентов СТС ПС и оценку достоверности моделирования кластеров и элементов СТС ПС с использованием построенных математических моделей; формирование структуры имитационной гибридной модели СТС ПС на основе объединения построенных математических моделей и структурно-параметрическую настройку взаимосвязей между математическими моделями в имитационной гибридной модели СТС ПС; мониторинг состояния кластеров и элементов СТС ПС, структурно-параметрическую настройку и изменение типов математических моделей.

Целью работы является разработка **метода** анализа и гибридного имитационного моделирования СТС ПС.

Новизна заключается в том, что предложенный метод ориентирован на особенности СТС ПС рассматриваемого класса в условиях неполноты информации, разнокачественных данных о состоянии и функционировании СТС ПС, отличается от известных сочетанием возможностей аналитического, аналитическо-статистического и имитационного подходов к построению имитационных гибридных моделей СТС ПС, позволяет осуществлять адаптацию к изменениям системных и внешних факторов, повысить точность моделирования, а также типизировать представление характерных ситуационных признаков для эффективного управления СТС.

Ключевые слова: сложная техническая система переменной структуры, имитационная гибридная модель, системные и внешние факторы, кластеры, математические модели, ситуационные признаки, вентиляционная система угольных шахт

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пучков Л.А., Каледина Н.О., Кобылкин С.С. Системные решения обеспечения метанобезопасности угольных шахт // Горный журнал. 2014. № 5. С. 12–14.
2. Semin M.A., Levin L.Yu. Stability of air flows in mine ventilation networks // Process Safety and Environmental Protection, 2019. Vol. 124. Pp. 167–171. DOI: 10.1016/j.psep.2019.02.006.
3. Thakur P. 1 - Underground Coal Mine Atmosphere. Advanced Mine Ventilation // Respirable Coal Dust, Combustible Gas and Mine Fire Control, 2019. Pp. 3–16. DOI: 10.1016/B978-0-08-100457-9.00001-8.
4. Cheng L., Guo H., Lin H. Evolutionary model of coal mine safety system based on multi-agent modeling // Process Safety and Environmental Protection, 2021. Vol. 147. Pp. 1193–1200. DOI: 10.1016/j.psep.2021.01.046.

5. Esterhuizen G.S., Gearhart D.F., Klemetti T. et al. Analysis of gateroad stability at two longwall mines based on field monitoring results and numerical model analysis // International Journal of Mining Science and Technology, 2019, Vol. 29, No. 1. Pp. 35–43. DOI: 10.1016/j.ijmst.2018.11.021.

6. Wang K., Jiang Sh., Wu Zh. et al. Intelligent safety adjustment of branch airflow volume during ventilation-on-demand changes in coal mines // Process Safety and Environmental Protection, 2017, Vol. 111, Pp. 491–506. DOI: 10.1016/j.psep.2017.08.024.

7. Qiao W. Analysis and measurement of multifactor risk in underground coal mine accidents based on coupling theory // Reliability Engineering & System Safety, 2021, Vol. 208, No. 107433. DOI: 10.1016/j.res.s.2021.107433.

8. Zhang L., Zhou G., Ma Yu et al. Numerical analysis on spatial distribution for concentration and particle size of particulate pollutants in dust environment at fully mechanized coal mining face // Powder Technology, 2021, Vol. 383, Pp. 143–158. DOI: 10.1016/j.powtec.2021.01.039.

9. Клюев Р.В., Босиков И.И., Майер А.В. и др. Комплексный анализ применения эффективных технологий для повышения устойчивого развития природно-технической системы // Устойчивое развитие горных территорий. 2020. № 2. С. 283–290.

10. Жилов Р.А. Применение нейронных сетей при кластеризации данных // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2021. № 1 (99). С. 15–19. DOI: 10.35330/1991-6639-2021-1-99-15-19.

11. Босиков И.И. Разработка универсальной аналитико-статистической модели расчета показателей надежности и комплексной оценки сложных технических систем переменной структуры // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2021. № 4 (102). С. 17–27. DOI: 10.35330/1991-6639-2021-4-102-17-27.

12. Машиинцов Е.А., Котлеревская Л.В., Криничная Н.А. Управление вентиляцией в угольной шахте // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2014. № 7. С. 188–195.

13. Kozhiev H.H., Klyuev R.V., Bosikov I.I. et al. Analysis of management of mine ventilation networks using simulation models // Sustainable Development of Mountain Territories. 2017, Vol. 9, No. 4 (34), Pp. 414–418.

14. Скопничева О.В., Баловцев С.В. Управление аэрологическими рисками угольных шахт на основе статистических данных системы аэрогазового контроля // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2021. № 1. С. 78–89. DOI: 10.25018/0236-1493-2021-1-0-78-89.

15. Каледина Н.О. Обоснование параметров систем вентиляции высокопроизводительных угольных шахт // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2011. № 7. С. 261–271.

16. Бахвалов Л.А., Баранникова И.В., Агабубаев А.Т. Анализ современных систем автоматического управления проветриванием // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2017. № 7. С. 22–28.

17. Босиков И.И., Клюев Р.В., Хетагуров В.Н. и др. Разработка методов и средств управления аэрогазодинамическими процессами на добычных участках // Устойчивое развитие горных территорий. 2021. № 1. С. 77–83. DOI: 10.21177/1998-4502-2021-13-1-77-83.

18. Борисов В.В., Авраменко Д.Ю. Нечеткое ситуационное управление сложными системами на основе их композиционного гибридного моделирования // Системы управления, связи и безопасности. 2021. № 3. С. 207–237. DOI: 10.24412/2410-9916-2021-3-207-237.

19. Васенин И.М., Шрагер Э.Р., Крайнов А.Ю. и др. Математическое моделирование нестационарных процессов вентиляции сети выработок угольной шахты // Компьютерные исследования и моделирование. 2011. Т. 3, № 2. С. 155–163.

20. *Маши́нцов Е.А., Котлеревская Л.В., Криничная Н.А. Управление вентиляцией в угольной шахте // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2014. № 7. С. 188–195.*

21. *Харик Е.К., Астанин А.В. Численное исследование вентиляции горной выработки угольной шахты в трехмерной постановке // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. 2011. № 4–5. С. 2567–2569.*

22. *Рычковский В.М., Сергеев О.А., Тюрин В.П. Об управлении вентиляцией на угольных шахтах Кузбасса // Безопасность труда в промышленности. 2004. № 11. С. 8–9.*

23. *Sjöström S., Klintenäs E., Johansson P. et al. Optimized model-based control of main mine ventilation air flows with minimized energy consumption // International Journal of Mining Science and Technology, 2020. Vol. 30. Issue 4. Pp. 533–539. DOI: 10.1016/j.ijmst.2020.05.016.*

24. *Гурин А.А., Шаповалов В.А., Ляшенко В.И. Повышение безопасности работы систем аспирации и вентиляции путем очистки воздухопроводов // Безопасность труда в промышленности. 2021. № 1. С. 40–45.*

Информация об авторе

Босиков Игорь Иванович, канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой «Нефтегазовое дело», Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет);

362021, Россия, Владикавказ, ул. Николаева, 44;

докторант Астраханского государственного технического университета;

414056, Россия, Астрахань, ул. Татищева, 16;

igor.boss.777@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8930-4112>