

Научная статья
УДК 621.039

РОЛЬ ВИРТУАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОПТИМИЗАЦИИ РАДИАЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ ПЕРСОНАЛА (НА ПРИМЕРЕ ЭНЕРГОБЛОКА АЭС БН-600)

Даниил Игоревич Завадский¹, Олег Леонидович Ташлыков

Уральский федеральный университет имени первого Президента
России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

¹danilezavadsky@gmail.com

Аннотация. В данной работе представлены результаты использования виртуальных технологий объемного моделирования для оптимизации радиационной защиты персонала и производственных процессов. В качестве примера рассматривается энергоблок с реактором БН-600 Белоярской АЭС.

Ключевые слова: оптимизация радиационной защиты, 3D-моделирование, дозовая нагрузка, виртуальные технологии, эффективная доза, коллективная доза, маршрутная оптимизация, виртуальный обход

Для цитирования: Завадский Д. И., Ташлыков О. Л. Роль виртуальных технологий в оптимизации радиационной защиты персонала (на примере энергоблока АЭС БН-600) // Энерго- и ресурсосбережение. Энергообеспечение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. Атомная энергетика. Даниловские чтения — 2021 = Energy and Resource Saving. Power Supply. Non-traditional and Renewable Energy Sources. Nuclear Energy. Danilov Readings — 2021 : сборник научных трудов. Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2023. С. 498–503.

Original article

THE ROLE OF VIRTUAL TECHNOLOGIES IN THE OPTIMIZATION OF RADIATION PROTECTION OF PERSONNEL (BY THE EXAMPLE OF NPP UNIT WITH BN-600)

Daniil I. Zavadskii¹, Oleg L. Tashlykov

Ural Federal University named after the First President of Russia B. N. Yeltsin,
Ekaterinburg, Russia

¹danilezavadsky@gmail.com

Abstract. This article presents the results of using virtual volumetric modeling technologies to optimize radiation protection of personnel and technological processes. The power unit with BN-600 reactor of Beloyarsk NPP is considered as an example.

Keywords: radiation protection optimization, 3D modeling, dose, virtual technologies, effective dose, collective dose, route optimization, virtual bypass

For citation: Zavadskii D. I., Tashlykov O. L. (2023). Rol' virtual'nyh tekhnologij v optimizacii radiacionnoj zashchity personala (na primere energobloka AES BN-600) [The role of virtual technologies in the optimization of radiation protection of personnel (by the example of NPP unit with BN-600)]. *Ehnergo- i resursosberezhenie. Ehnergoobespechenie. Netradicionnyye i vozobnovlyaemye istochniki ehnergii. Atomnaya ehnergetika. Danilovskie chteniya — 2021* [Energy and Resource Saving. Power Supply. Non-traditional and Renewable Energy Sources. Nuclear Energy. Danilov Readings — 2021]. Ekaterinburg: Ural University Publishing House, 2023. P. 498–503. (In Russ).

Принцип оптимизации, являющийся одним из основных в обеспечении радиационной безопасности, может быть реализован различными путями [1, с. 393]. Среди них можно выделить те, которые приводят к сокращению времени пребывания персонала в радиационных полях. Например, проведение тренировок на тренажерах и в виртуальной реальности, создание виртуальных моделей и обучающих материалов на их основе, а также размещение различных таблиц, указателей и т. д. непосредственно на объекте. В статье рассматривается создание виртуальных моделей помещений применительно к атомной энергетике, в том числе радиационно-опасных, насыщен-

ных сложным технологическим оборудованием, ориентация в которых затруднена.

Перспективным направлением оптимизации радиационной защиты персонала является использование виртуальных моделей радиационно-опасных объектов для решения задач маршрутизации радиационно-опасных работ. Основной целью решения задач маршрутной оптимизации является нахождение минимума функционала качества — суммарной дозы облучения при выполнении комплекса работ в нестационарных радиационных полях [2, с. 58]:

$$\sum_{i=1}^n \dot{H}_i \times t_i \rightarrow \min$$

где \dot{H}_i — мощность дозы в i -ой изодозной области, t_i — время нахождения человека в i -ой изодозной области.

Виртуальная модель атомной станции может сократить время строительства и позволить эффективно проводить работы по ремонту и демонтажу оборудования, особенно радиоактивного, а также повысить эффективность оптимизации радиационной защиты персонала АЭС [3, с. 45; 4, р. 123]. В статье представлены результаты начального этапа работ по разработке виртуальных технологий для подготовки эксплуатационного и ремонтного персонала с целью сокращения времени перемещений в зоне контролируемого доступа (ЗКД) и выполнения работ на примере реакторной установки (РУ) БН-600. Эксперимент проходил на оборудовании зоны свободного доступа (ЗСД), чтобы исключить внеплановое облучение персонала. В ходе эксперимента проводились измерения времени выполнения ремонтных работ оперативно-ремонтным персоналом.

Результаты проведенных в течение среднего ремонта энергоблока БН-600 (2021 г.) экспериментов по замеру времени, затрачиваемого работниками на перемещение к месту выполнения работ, в том числе продолжительности регламентных обходов «неопытного» эксплуатационного персонала, показали значительное превышение темпов сокращения этого времени за счет тренировок с использованием разработанных виртуальных моделей помещений по сравнению с темпами сокращения времени без тренировок такого рода. Из данных, представленных в таблице, следует, что в среднем удалось добиться сокращения времени выполнения работ примерно на 30 %, в основном за счет уменьшения продолжительности поиска оборудования.

Следовательно, эффективная и коллективная дозы, полученные персоналом при радиационно-опасных работах, также покажут тенденцию к снижению.

Таблица

Время выполнения ремонтных работ

Показатели	Значения								
	1	2	3	4	5	6	7	8	~
Номер замера	1	2	3	4	5	6	7	8	~
Время фактическое, мин	120	40	25	40	35	55	70	35	55
Время оптимизированное, мин	110	40	10	25	15	40	60	25	40

Создание виртуальных моделей с указанием координат расположения оборудования (рисунок) позволяет минимизировать время поиска необходимого оборудования, что особенно важно для ремонтного персонала, который перемещается к месту выполнения работ [5, с. 847].

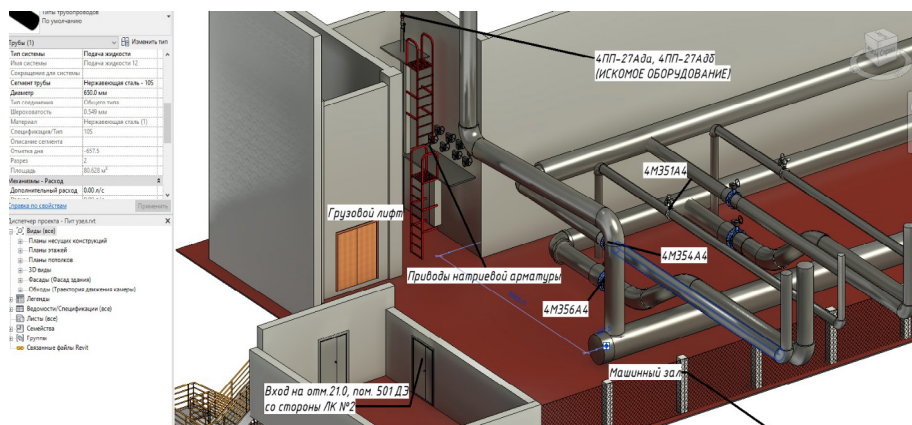


Рис. Пример виртуальной модели помещений АЭС

Таким образом, важность внедрения виртуальных технологий обусловлена необходимостью сокращения сроков планово-предупредительных ремонтов, а также снижения эффективной и коллективной доз, получаемых оперативно-ремонтным персоналом.

Список источников

1. Михайлова А. Ф., Ташлыков О. Л. Пути реализации принципа оптимизации в радиологической защите персонала // Ядерная физика и инжиниринг. 2018. Т. 9, № 4. С. 393–401. DOI: 10.1134/s2079562918040140.

2. Возможности математических методов моделирования в решении проблемы снижения облучаемости персонала / О.Л. Ташлыков, А. Н. Сесекин, С.Е. Шеклеин [и др.] // Вопросы радиационной безопасности. 2009. № 4 (56). С. 47–57.

3. Завадский Д. И., Ташлыков О.Л. Использование BIM-проектирования при планировании радиационно-опасных работ // Ядерные технологии: от исследований к внедрению — 2019 : сборник материалов научно-практической конференции (Нижний Новгород, 17–18 октября 2019 г.). Нижний Новгород : НГТУ, 2019. С. 44–45.

4. Zavadskii D. I., Tashlykov O. L. Optimization of radiation protection of staff using BIM-designing // AIP Conference Proceedings. 2020. Vol. 2313, 070017. P. 117–127. DOI:10.1063/5.0032419.

5. Завадский Д. И., Ташлыков О.Л. Использование 3D-моделирования при оптимизации радиационной защиты персонала // Инновации в атомной энергетике : сб. докладов конференции молодых специалистов (23–24 октября 2019 г., Москва). М. : Изд-во АО «НИКИЭТ», 2019. С. 844–850.

References

1. Mihailova A. F., Tashlykov O. L. Puti realizacii principa optimizacii v radiologicheskoj zashchite personala // Yadernaya fizika i inzhiniring. 2018. Vol. 9, No. 4. P. 393–401.

2. Vozmozhnosti matematicheskikh metodov modelirovaniya v reshenii problemy snizheniya obluchaemosti personala / O. L. Tashlykov, A. N. Seseekin , S. E. Shcheklein [et al.] // Voprosy radiacionnoj bezopasnosti. 2009. No. 4. P. 47–57.

3. Zavadskii D. I., Tashlykov O. L. Ispol'zovanie BIM-proektirovaniya pri planirovanii radiacionno-opasnyh rabot / Yadernye tekhnologii: ot issledovanij k vnedreniyu — 2019: Sbornik materialov nauchno-prakticheskoy konferencii. Nizhnij Novgorod : NGTU, 2019. P. 44–45.

4. Zavadskii D. I. and Tashlykov O. L. Optimization of radiation protection of staff using BIM-designing // AIP Conference Proceedings. 2020. Vol. 2313, 070017. P. 117–127. DOI:10.1063/5.0032419.

5. Zavadskii D. I., Tashlykov O. L. Ispol'zovanie 3D-modelirovaniya pri optimizacii radiacionnoj zashchity personala / Innovacii v atomnoj energietike: sb. докладов konferencii molodyh specialistov (23–24 oktyabrya 2019, Moskva). М. : Izd-vo АО “НИКИЭТ”, 2019. P. 844–850.

Информация об авторах

Даниил Игоревич Завадский — аспирант Уральского энергетического института Уральского федерального университета (Екатеринбург, Россия), сотрудник реакторного цеха № 2 Белоярской АЭС (Заречный, Свердловская область, Россия), danilezavadsky@gmail.com

Олег Леонидович Ташлыков — кандидат технических наук, доцент кафедры «Атомные станции и возобновляемые источники энергии» Уральского энергетического института Уральского федерального университета (Екатеринбург, Россия), otashlykov@list.ru

Information about the authors

Daniil I. Zavadskii — Post-Graduate Student of the Ural Power Engineering Institute of the Ural Federal University (Ekaterinburg, Russia), Employee of Beloyarsk NPP Reactor Unit № 2 (Zarechny, Sverdlovsk Region, Russia), danilezavadsky@gmail.com

Oleg L. Tashlykov — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Nuclear Power Plants and Renewable Energy Sources of the Ural Energy Institute of the Ural Federal University (Ekaterinburg, Russia), otashlykov@list.ru