

УДК 699.841

[https://doi.org/10.37538/2224-9494-2022-4\(35\)-149-155](https://doi.org/10.37538/2224-9494-2022-4(35)-149-155)

EDN: JYOABD

ПРИМЕНЕНИЕ МАГНИТНОГО МЕТОДА НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ВЕЛИЧИНЫ ЗАЩИТНОГО СЛОЯ БЕТОНА ОГРАЖДАЮЩИХ И НЕСУЩИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ НА АЭС

Ю.В. КРИВЦОВ, д-р техн. наук
Ю.М. ГРОШЕВ[✉], канд. техн. наук
С.А. КОМОВ
Г.П. ЕРЕМИНА

Центральный научно-исследовательский институт строительных конструкций (ЦНИИСК) им. В.А. Кучеренко
АО «НИЦ Строительство», 2-я Институтская ул., д. 6, г. Москва, 109428, Российская Федерация

Аннотация

Введение. В данной статье рассмотрены способы и средства контроля диаметра и положения арматуры, величины защитного слоя бетона, освещены современные методики и приборы, позволяющие неразрушающими методами проводить диагностику и дефектоскопию бетона. Проведен сравнительный анализ возможностей применения современных приборов.

Цель работы – применение магнитного метода контроля для оценки величины защитного слоя бетона и выявления расположения верхнего ряда стержневой арматуры и закладных. Метод основан на анализе взаимодействия электромагнитного поля датчика с электромагнитным полем вихревых токов, наводимых возбуждающей катушкой датчика в стальной арматуре, и позволяет при неизвестном защитном слое примерно оценить диаметр арматуры.

Материалы и методы. Проведены испытания по определению толщины защитного слоя бетона ограждающих конструкций (стены, перекрытия) с использованием прибора ПОИСК-2.6 на примере обследования строительных конструкций энергоблока № 1 Калининской АЭС.

Результаты. Проведен анализ рабочих чертежей проектной и исполнительной документации к зданиям и сооружениям главного корпуса энергоблока № 1 Калининской АЭС. Выполнено обследование состояния средств пассивной противопожарной защиты помещений энергоблока (противопожарные двери, огнезащитные проходки, противопожарные клапаны систем вентиляции). Осуществлен замер электромагнитным методом фактической толщины защитного слоя бетона и расположения арматуры железобетонных конструкций помещений энергоблока Калининской АЭС в соответствии с требованиями ГОСТ 22904–93. Показана применимость магнитного метода контроля для определения величины защитного слоя бетона при обследовании строительных конструкций.

Выводы. По результатам проведенного обследования помещений установлено: диапазон средних толщин защитного слоя бетона с учетом толщины арматуры составил 38–85 мм, диаметр арматуры 12–20 мм. В результате проведенных измерений показана применимость метода и подтверждено, что обследованные конструкции имеют предел огнестойкости не менее 90 мин, что соответствует требованиям нормативных документов.

Ключевые слова: величина защитного слоя бетона, метод неразрушающего контроля, предел огнестойкости

Для цитирования: Кривцов Ю.В., Groшев Ю.М., Комов С.А., Еремина Г.П. Применение магнитного метода неразрушающего контроля для оценки величины защитного слоя бетона ограждающих и несущих строительных конструкций на АЭС. *Вестник НИЦ «Строительство»*. 2022;35(4):149–155. [https://doi.org/10.37538/2224-9494-2022-4\(35\)-149-155](https://doi.org/10.37538/2224-9494-2022-4(35)-149-155)

Вклад авторов

Все авторы внесли равноценный вклад в подготовку публикации.

Финансирование

Исследование выполнялось за счет средств ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко и договора с филиалом АО «Концерн Росэнергоатом» «Калининская атомная станция» в 2021–2022 годах.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 10.11.2022

Поступила после рецензирования 01.12.2022

Принята к публикации 06.12.2022

USE OF MAGNETIC NON-DESTRUCTIVE TESTING TO EVALUATE THICKNESS OF CONCRETE PROTECTIVE LAYER FOR ENCLOSING AND BEARING STRUCTURES AT NPP

Yu.V. KRIVTSOV, Dr. Sci. (Engineering)

Yu.M. GRO SHEV✉, Cand. Sci. (Engineering)

S.A. KOMOV

G.P. EREMINA

Research Institute of Building Constructions (TSNIISK) named after V.A. Koucherenko, JSC Research Center of Construction, 2nd Institut'skaya str., 6, Moscow, 109428, Russian Federation

Abstract

Introduction. This article discusses methods and means of controlling the diameter and position of reinforcement and the thickness of the concrete protective layer, along with the contemporary techniques and devices for diagnostic and non-destructive testing of concrete. A comparative analysis of the applicability of contemporary devices was carried out.

Aim. In this work, magnetic non-destructive testing was used to assess the thickness of the concrete protective layer, along with establishing the location of the upper row of rod reinforcement and embedded parts. Based on analyzing the interaction between the electromagnetic field of the sensor and the electromagnetic field of eddy currents induced by the source coil of the sensor in rebar, this method allows the diameter of the latter to be approximately estimated at an unknown protective layer.

Materials and methods. As an example, the thickness of the concrete protective layer of enclosing structures (walls, floors) at power unit No. 1 at the Kalinin Nuclear Power Plant (NPP) was measured using the POISK-2.6 device.

Results. The analysis of design and as-built drawings for buildings and structures of the main facility of power unit No. 1 at the Kalinin NPP was carried out. The state of passive fire protection equipment at the power unit (fire doors, cable penetration seals, and ventilation fire dampers) was evaluated. The actual thickness of the concrete protective layer and the location of the reinforcement of concrete elements at the facilities of the Kalinin NPP power unit were measured as per GOST 22904-93 using electromagnetic NDT. The applicability

of the magnetic NDT for determining the thickness of the concrete protective layer was shown during the inspection of building structures.

Conclusions. During the inspection of the facilities, it was established that the average thicknesses of the concrete protective layer, including the thickness of the reinforcement, range from 38 to 85 mm, with the diameter of the reinforcement of 12–20 mm. During the measurements, the applicability of the method was shown; it was also confirmed that the examined structures exhibit fire endurance of at least 90 minutes, which meets the requirements of regulatory documents.

Keywords: thickness of concrete protective layer, non-destructive testing, fire endurance

For citation: Krivtsov Yu.V., Groshev Yu.M., Komov S.A., Eremina G.P. Use of magnetic non-destructive testing to evaluate thickness of concrete protective layer for enclosing and bearing structures at NPP. *Bulletin of Science and Research Center of Construction*. 2022;35(4):149–155. [In Russ.] [https://doi.org/10.37538/2224-9494-2022-4\(35\)-149-155](https://doi.org/10.37538/2224-9494-2022-4(35)-149-155)

Author contribution statements

All authors made equal contributions to the study and the publication.

Funding

The research was supported by TSNIISK named after V.A. Koucherenko and the contract with the branch of JSC Rosenergoatom Concern, Kalinin Nuclear Power Plant in 2021–2022.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Received 10.11.2022

Revised 01.12.2022

Accepted 06.12.2022

Введение

В данной статье рассмотрены способы и средства контроля диаметра и положения арматуры, величины защитного слоя бетона, освещены современные методики и приборы, позволяющие неразрушающими методами проводить диагностику и дефектоскопию бетона, проведен сравнительный анализ возможностей применения современных приборов.

Для определения толщины защитного слоя бетона и расположения стальной арматуры в железобетонной конструкции в настоящее время применяют магнитные, электромагнитные или вихретоковые приборы, включающие измерительный блок, измерительный преобразователь и блок питания. Применяются использующие магнитный метод измерители защитного слоя, диаметра и положения арматуры: ПОИСК-2.6, выпускаемый фирмой «Интерприбор»; ИПА-МГ4, выпускаемый «СКБ Стройприбор»; ИЗС-10 и другие, менее распространенные в России приборы: электронный томограф А1220, выпускаемый фирмой «Акустические Контрольные Системы»; георадары – ОКО-2, выпускаемый ООО «Логис», ЛОЗА, выпускаемый фирмой «Технодалс», и рядом других как отечественных, так и импортных производителей.

Аппаратура и методика измерений

Магнитный метод контроля регламентируется ГОСТ 22904–93 [1] и основан на анализе взаимодействия электромагнитного поля датчика с электромагнитным полем вихревых токов, наводимых возбуждающей катушкой датчика в стальной арматуре. Этот метод позволяет установить величину защитного слоя, выявить расположение верхнего ряда стержневой арматуры и закладных, а также при неизвестном защитном слое примерно оценить диаметр арматуры. Наиболее распространенным и надежным прибором, реализующим данный метод, считается измеритель защитного слоя, диаметра и положения арматуры ПОИСК-2.6, выпускаемый фирмой «Интерприбор».

Прибор ПОИСК-2.6, включающий электронный блок, измерительный вихретоковый преобразователь (далее – датчик) и блок питания, имеет следующие характеристики:

- измерение толщины защитного слоя при известном диаметре арматуры;
- измерение толщины защитного слоя и неизвестного диаметра арматуры;
- сканирование объектов с запоминанием результатов;
- автоматизированная настройка на любые марки сталей, в том числе на неизвестные;
- акустический поиск арматуры;
- комбинированное отображение толщины защитного слоя в цифровом виде и линейным индикатором;
- энергонезависимая память 800 результатов с возможностью просмотра результатов по номерам и датам, а также условий выполнения измерений;
- выбор вида арматуры (стержни, проволока, канаты, пряди) и вида с возможностью индивидуальной настройки;
- полноценное отображение результатов на графическом дисплее с регулируемой контрастностью и подсветкой;
- автоматическая термокомпенсация и калибровка прибора;
- инфракрасный оптоинтерфейс для связи с компьютером.

Результаты

В соответствии с п. 48 НП-087-11 [2]: «Элементы САЭ (система аварийного электропитания), относящиеся к разным каналам, следует располагать в отдельных помещениях (разных пожарных зонах). Помещения разных каналов САЭ должны быть отделены друг от друга и от помещений, не относящихся к САЭ. Ограждающие и несущие строительные конструкции помещения канала САЭ должны:

- выполняться из негорючих материалов;
- обеспечивать нераспространение пожара за пределы пожарной зоны в течение расчетного времени свободного выгорания всей пожарной нагрузки (без учета наличия средств пожаротушения);
- иметь предел огнестойкости (независимо от результатов расчета продолжительности пожара) не менее 1,5 ч».

Аналогичные требования заложены в МУ 1.2.1.16.0189–2013 [3], по которому и разрабатывается анализ влияния пожаров на безопасный останов и расхолаживание реакторной установки. Необходимые пределы огнестойкости вышеуказанных строительных конструкций

должны быть обоснованы. Проведены испытания по определению толщины защитного слоя бетона ограждающих конструкций (стены, перекрытия) по ГОСТ 22904–93 [1] с использованием прибора ПОИСК-2.6 на примере обследования строительных конструкций энергоблока № 1 Калининской АЭС.

В рамках реализации программы продления срока службы энергоблока № 1 Калининской АЭС проведено выборочное обследование строительных конструкций, ограждающих помещения как с оборудованием останова и расхолаживания РУ, так и смежных с ними категорий А, Б, В по пожарной опасности.

Целью обследования являлся сбор исходных данных для определения фактического предела огнестойкости строительных конструкций помещений энергоблока и включает в себя:

- анализ рабочих чертежей проектной и исполнительной документации к зданиям и сооружениям главного корпуса энергоблока № 1 Калининской АЭС;
- обследование и фиксация состояния средств пассивной противопожарной защиты помещений энергоблока № 1 Калининской АЭС (противопожарные двери, огнезащитные проходки, противопожарные клапаны систем вентиляции);
- замер электромагнитным методом фактической толщины защитного слоя бетона и расположения арматуры железобетонных конструкций помещений энергоблока Калининской АЭС;
- оформление полученных данных.

При проведении обследования были выполнены следующие работы:

- подбор, изучение и анализ предоставленной проектно-технической документации;
- визуальный осмотр железобетонных конструкций в помещениях каналов САЭ в помещениях энергоблока № 1 Калининской АЭС;
- определение толщины защитного слоя бетона ограждающих конструкций (стены, перекрытия) магнитным методом неразрушающего контроля в соответствии с требованиями ГОСТ 22904–93 [1].

Обследование помещений каналов САЭ энергоблока № 1 Калининской АЭС проводилось в зоне свободного доступа (в местах, доступ к которым не ограничен требованиями безопасности) поэтапно:

I этап: визуальный осмотр состояния железобетонных конструкций в помещениях каналов.

САЭ энергоблока № 1 Калининской АЭС видимых дефектов, повреждений, подтеков, следов местных увлажнений, ржавых или масляных пятен не выявил. На поверхности железобетонных конструкций нанесена штукатурка и покрывная защитная краска.

II этап: определение толщины защитного слоя бетона ограждающих конструкций (стены, перекрытия) проводилось магнитным методом неразрушающего контроля в соответствии с требованиями ГОСТ 22904–93 [1].

По результатам проведенного обследования помещений каналов САЭ энергоблока № 1 Калининской АЭС установлено:

- на железобетонных конструкциях в помещениях каналов САЭ энергоблока № 1 Калининской АЭС видимых дефектов, повреждений, подтеков, следов местных увлажнений, ржавых или масляных пятен не выявлено;
- диапазон средних толщин защитного слоя бетона с учетом толщины арматуры составил 38–85 мм, диаметр арматуры 12–20 мм.

Фактические значения толщины защитного слоя бетона и расположения стальной арматуры в конструкции по результатам измерений сравнивают со значениями, установленными

технической документацией на эти конструкции (с учетом предельных отклонений данных параметров). В случае совпадения полученных результатов с установленными документацией значениями можно считать, что огнестойкость конструкций совпадает с заданной при проектировании и составляет не менее 90 мин. По результатам выборочных измерений сделан вывод, что толщина защитного слоя бетона соответствует проектным значениям, а состояние арматуры работоспособное.

Заключение

В результате проведенных измерений показано, что выполняется п. 48 НП-087-11 [2], необходимые пределы огнестойкости вышеуказанных строительных конструкций обоснованы, и подтверждено, что обследованные конструкции имеют предел огнестойкости не менее 90 мин, что свидетельствует о том, что необходимые пределы огнестойкости вышеуказанных строительных конструкций обоснованы.

Список литературы

1. ГОСТ 22904-93. Конструкции железобетонные. Магнитный метод определения толщины защитного слоя бетона и расположения арматуры. Москва: Стандартинформ; 2010.
2. Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору. НП-087-11. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии. Требования к системам аварийного электроснабжения атомных станций. Москва: Научно-технический центр по ядерной и радиационной безопасности; 2013.
3. ОАО «Концерн Росэнергоатом». МУ 1.2.1.16.0189-2013. Методические указания. Проведение анализа влияния пожаров и их последствий на безопасный останов и расхолаживание реакторной установки. Москва; 2014.
4. МЧС России. СП 13.13130.2009. Атомные станции. Требования пожарной безопасности. Москва; 2009.
5. Об обеспечении единства измерений: Федеральный закон № 102-ФЗ от 26.06.2008 [интернет]. Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_77904
6. Федеральная служба по экологическому, техническому и атомному надзору. ФНП ПБ. Основные требования к проведению неразрушающего контроля технических устройств, зданий и сооружений на опасных производственных объектах: приказ № 490 от 21.11.2016 [интернет]. Режим доступа: <https://clck.ru/32nL7J>
7. СП 468.1325800.2019. Бетонные и железобетонные конструкции. Правила обеспечения огнестойкости и огнесохранности. Москва: Стандартинформ; 2020.
8. Чихунов Д.А. Методика и техника дефектоскопии бетонов и других искусственных каменных материалов [интернет]. Геостройизыскания. Режим доступа: <https://www.gsi.ru/art.php?id=88>

References

1. State Standard 22904-93. Reinforced concrete structures. Magnetic method for determining the thickness of the protective layer of concrete and the location of reinforcement. Moscow: Standartinform Publ; 2010 [in Russian].
2. Federal Service for Environmental, Technological and Nuclear Supervision. NP-087-11. Federal norms and rules in the field of the use of atomic energy Requirements for emergency power supply systems of nuclear power plants. Moscow: Scientific and Technical Center for Nuclear and Radiation Safety; 2013 [in Russian].
3. JSC Concern Rosenergoatom. MU 1.2.1.16.0189-2013. Methodological guidelines. Analysis of the impact of fires and their consequences on the safe shutdown and cooling of the reactor plant. Moscow; 2014 [in Russian].

4. EMERCOM of Russia. SP 13.13130.2009. Nuclear power plants. Fire safety requirements. Moscow; 2009 (in Russian).
5. On ensuring the uniformity of measurements. Federal Law No. 102-FZ of 26.06.2008 [internet]. Available at: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_77904/ (in Russian).
6. Federal Service for Environmental, Technical and Nuclear Supervision. FNP PB. Basic requirements for non-destructive testing of technical devices, buildings and structures at hazardous production facilities: approved by the order of the dated 11.21.2016 No. 490. Available at: <https://clck.ru/32nL7J> (in Russian).
7. SP 468.1325800.2019. Concrete and reinforced concrete structures. Rules for ensuring fire resistance and fire safety. Moscow: Standartinform Publ; 2020 (in Russian).
8. Chikhunov D.A. Methods and techniques of flaw detection of concrete and other artificial stone materials [internet]. Geostroiziskaniya. Available at: <https://www.gsi.ru/art.php?id=88> (in Russian).

Информация об авторах / Information about the authors

Юрий Владимирович Кривцов, д-р техн. наук, руководитель научного экспертного бюро пожарной, экологической безопасности в строительстве ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство», Москва
e-mail: krivtsov.cniisk@mail.ru

Yuri V. Krivtsov, Dr. Sci. (Engineering), Head of Scientific Expert Bureau of Fire and Environmental Safety in Construction of TSNIISK named after V.A. Koucherenko, JSC Research Center of Construction, Moscow
e-mail: krivtsov.cniisk@mail.ru

Юрий Михайлович Грошев [✉], канд. техн. наук, ведущий специалист научного экспертного бюро пожарной, экологической безопасности в строительстве ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство», Москва

e-mail: groshev52@gmail.com

Yuri M. Groshev [✉], Cand. Sci. (Engineering), Leading specialist, Scientific Expert Bureau of Fire and Environmental Safety in Construction of TSNIISK named after V.A. Koucherenko, JSC Research Center of Construction, Moscow

e-mail: groshev52@gmail.com

Сергей Алексеевич Комов, заведующий лабораторией научного экспертного бюро пожарной, экологической безопасности в строительстве ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство», Москва
e-mail: sergei.a.komov@gmail.com

Sergey A. Komov, Head of Laboratory, Scientific Expert Bureau of Fire and Environmental Safety in Construction of TSNIISK named after V.A. Koucherenko, JSC Research Center of Construction, Moscow
e-mail: sergei.a.komov@gmail.com

Галина Петровна Еремина, заведующий лабораторией научного экспертного бюро пожарной, экологической безопасности в строительстве ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство», Москва
e-mail: Erem-galina@yandex.ru

Galina P. Eremina, Head of Laboratory, Scientific Expert Bureau of Fire and Environmental Safety in Construction of TSNIISK named after V.A. Koucherenko, JSC Research Center of Construction, Moscow
e-mail: Erem-galina@yandex.ru

[✉] Автор, ответственный за переписку / Corresponding author