

# ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА



ISSN 2409-5516

ОБЩЕСТВЕННО-ДЕЛОВОЙ  
НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

№8(187), август 2023

РГАСНТИ 44.09.29



Российская  
Энергетическая  
Неделя 2023

 **РОСКОНГРЕСС**  
Пространство доверия



Тема номера

**НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И РЕШЕНИЯ  
ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ СОВРЕМЕННОЙ ЭНЕРГОБЕЗОПАСНОСТИ**



# Содержание



# Contents

## Слово редакторов

- 7 **В. Бушуев, А. Горшкова.** Фундаментальные вопросы

## Энергопереход

- 8 **Ю. Плакиткин.** Глобальный энергетический переход и современные мировые трансформации в прогнозах развития энергетики

## Технологии

- 26 **Д. Холкин, И. Чаусов, А. Шуранова.**  
Энергетика беспилотных авиационных систем  
38 **А. Арифиллин, Е. Заруба.** Российский рассольный литий: проблемы и возможности

## Регионы

- 48 **А. Мастепанов, А. Сумин, Б. Чигарев.** ЮАР: проблемы энергетического перехода и энергетической безопасности

## Атом

- 70 **А. Пустовгар, В. Потапов, А. Адамцевич, В. Ильин, Л. Адамцевич.** Управление старением бетонных конструкций АЭС

## Энергетика

- 82 **Д. Крупенёв, Н. Беляев, В. Локтионов.** Обоснование нормативов показателей балансовой надёжности на современном этапе развития электроэнергетических систем России



## Editor's Column

- 7 **V. Bushuev, A. Gorshkova.** Fundamental issues

## Energy transition

- 8 **Y. Plakitkin.** Global Energy Transition and Modern World Transformations in Energy Development Forecasts

## Technologies

- 26 **D. Kholkin, I. Chausov, A. Shuranova.**  
Power engineering of unmanned aircraft systems  
38 **A. Arifullin, E. Zaruba.** Russian brine lithium: problems and opportunities

## Regions

- 48 **A. Mastepanov, A. Sumin, B. Chigarev.** South Africa: problems of energy transition and energy security

## Nuclear Energy

- 70 **A. Pustovgar, V. Potapov, A. Adamtsevich, V. Ilyin, L. Adamtsevich.** Control of aging of concrete structures of nuclear power plants

## Energy

- 82 **D. Krupenev, N. Belyaev, V. Loktionov.** Substantiation of standards for adequacy indicators at the present stage of development of electric power systems in Russia

### УЧРЕДИТЕЛЬ

Министерство энергетики Российской Федерации, 107996, ГСП-6, г. Москва, ул. Щепкина, д. 42

### УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ

ФГБУ «РЭА» Министерства энергетики Российской Федерации

### НАУЧНО-РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

**В. В. Бушуев** – д. т. н., проф., г. н. с. ОИВТ РАН  
**Е. О. Адамов** – д. т. н., науч. рук. АО «НИКИЭТ»  
**В. М. Батенин** – член-корр. РАН, д. т. н., проф.  
**П. П. Безруких** – д. т. н., проф. НИУ МЭИ  
**В. И. Богоявленский** – член-корр. РАН, д. т. н., проф., г. н. с. ИПНГ РАН  
**А. И. Громов** – к. г. н., гл. директор по энергетическому направлению Фонда «ИЭФ»  
**А. Н. Дмитриевский** – акад. РАН, д. г.-м. н., научный руководитель ИПНГ РАН  
**С. А. Добролюбов** – акад. РАН, д. г. н., проф., декан географического факультета МГУ

**О. В. Жданев** – д. т. н., ЦКТР ТЭК  
**В. М. Зайченко** – д. т. н., проф., г. н. с. ОИВТ РАН  
**М. Ч. Залиханов** – акад. РАН, д. г. н., проф., зав. ЦГИЧС КБГУ  
**В. М. Капустин** – д. т. н., проф., зав. кафедрой РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина  
**В. А. Крюков** – акад. РАН, д. э. н., директор ИЭОПП СО РАН  
**А. И. Кулапин** – д. х. н., ген. директор ФГБУ «РЭА» Минэнерго России  
**В. Г. Мартынов** – к. г.-м. н., д. э. н., проф., ректор РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина  
**А. М. Мастепанов** – акад. РАН, д. э. н., г. н. с. АЦЭПБ ИПНГ РАН

**Н. Л. Новиков** – д. т. н., проф., зам. науч. рук. АО «НТЦ ФСК ЕЭС»  
**В. И. Рачков** – член-корр. РАН, д. т. н., проф.  
**П. Ю. Сорокин** – первый зам. министра энергетики РФ  
**Д. А. Соловьев** – к. ф.-м. н., научный сотрудник Института океанологии РАН  
**В. А. Стенников** – акад. РАН, д. т. н., проф., директор ИСЭ им. Мелентьева СО РАН  
**Е. А. Телегина** – член-корр. РАН, д. э. н., проф., декан фак-та РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина  
**С. П. Филиппов** – акад. РАН, д. т. н., директор ИНЭИ РАН  
**А. Б. Яновский** – д. э. н., к. т. н.

**Главный редактор**  
Анна Горшкова

**Научный редактор**  
Виталий Бушуев

**Зам. главного редактора по продвижению**  
Виолетта Локтева

**Корректор**  
Роман Павловский

**Фотограф**  
Иван Федоренко

**Дизайн и верстка**  
Роман Павловский

**Адрес редакции:**  
129085, г. Москва, проспект Мира, д. 105, стр. 1  
+79104635357  
anna.gorshik@yandex.ru

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций

Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № 77–75080 от 07.03.2019

Журнал «Энергетическая политика» входит в Перечень рецензируемых научных изданий ВАК

При перепечатке ссылка на издание обязательна

Перепечатка материалов и использование их в любой форме, в том числе в электронных СМИ, возможны только с письменного разрешения редакции

Редакция не несет ответственности за содержание рекламных материалов

Редакция не имеет возможности вступать в переписку, рецензировать и возвращать не заказанные ею рукописи и иллюстрации

Тираж 1000 экземпляров  
Периодичность выхода 12 раз в год  
Цена свободная

Отпечатано в ООО «КОНСТАНТА», 308519, Белгородская область, Белгородский р-н, п. Северный, ул. Березовая, 1/12  
E-mail: info@konstanta-print.ru

Подписано в печать: 05.08.2023

16+

# Управление старением бетонных конструкций АЭС

## Control of aging of concrete structures of nuclear power plants

Андрей ПУСТОВГАР

Научный руководитель НИИ строительных материалов и технологий, НИУ МГСУ; с. н. с. ИМАШ РАН, к. т. н.

E-mail: PustovgarAP@mgsu.ru

Andrey PUSTOVGAR

Ph.D., Scientific Supervisor of the Research Institute of Building Materials and Technologies, NRU MGSU; IMASH RAN

E-mail: PustovgarAP@mgsu.ru

Владимир ПОТАПОВ

Заместитель директора ВНИИАЭС-НТП, директор отделения управления ресурсом АЭС, АО «ВНИИАЭС»

E-mail: vvpotapov@vniiaes.ru

Vladimir POTAPOV

Deputy Director of VNIIAES-NTP, Director of the NPP Resource Management Department, JSC «VNIIAES»

E-mail: vvpotapov@vniiaes.ru

Алексей АДАМЦЕВИЧ

Старший научный сотрудник НИИ строительных материалов и технологий, НИУ МГСУ, к. т. н.

E-mail: AdamtsevichAO@mgsu.ru

Aleksey ADAMTSEVICH

Ph.D., Senior Researcher, Research Institute of Building Materials and Technologies, NRU MGSU

E-mail: AdamtsevichAO@mgsu.ru

Владимир ИЛЬИН

Заместитель руководителя департамента – начальник отдела, АО «ВНИИАЭС»

E-mail: vailin@vniiaes.ru

Vladimir ILYIN

Deputy Head of Department – Head of Department, JSC «VNIIAES»

E-mail: vailin@vniiaes.ru

Любовь АДАМЦЕВИЧ

Доцент кафедры ИСТАС, НИУ МГСУ, к. т. н.

E-mail: AdamtsevichLA@mgsu.ru

Lyubov ADAMTSEVICH

Ph.D., Associate Professor of the Department of ISTAS, NRU MGSU

E-mail: AdamtsevichLA@mgsu.ru

Аннотация. Объектом исследования являются образцы бетона, используемые при возведении ж/б конструкций ядерного острова АЭС с ВВЭР-1000, а основная цель работы заключается в исследовании свойств бетонов для формирования прогноза ресурса, оценки изменения прочностных, физических и структурных характеристик бетона ж/б конструкций, при воздействии различных сочетаний эксплуатационных факторов. Статья посвящена вопросам формирования научно-технического обоснования разработки моделей прогнозирования старения бетона на проектный и запроектный сроки эксплуатации железобетонных конструкций ядерного острова АЭС с ВВЭР 1000.

*Ключевые слова:* атомная энергетика, эксплуатация АЭС, модульное старение, дефекты бетона.

Abstract. The object of the study is concrete samples used in the construction of reinforced concrete structures of the nuclear island of nuclear power plants with VVER-1000, and the main purpose of the work is to study the properties of concrete to form a resource forecast, assess changes in the strength, physical and structural characteristics of concrete of reinforced concrete structures, with various combinations of operational factors. The article is devoted to the formation of a scientific and technical justification for the development of models for predicting the aging of concrete for the design and beyond design life of reinforced concrete structures of the nuclear island of nuclear power plants with VVER-1000.

*Keywords:* nuclear power, NPP operation, modular aging, concrete defects.



### С ростом температуры увеличивается интенсивность деградации механических свойств и характеристик проницаемости бетона

#### Введение

В настоящее время в мире насчитывается свыше 190 атомных станций, на которых расположено 438 энергоблоков. Спроектировано по российским проектам с водо-водяными энергетическими реакторами (ВВЭР). и находится на этапе эксплуатации свыше 50 АЭС.

Основным строительным материалом строительных конструкций ядерного

острова АЭС является бетон, в этой связи актуальной становится задача определения особенностей старения и деградации бетона в разных режимах эксплуатации.

При этом несмотря на то, что свойства бетона при эксплуатации объектов промышленно-гражданского назначения являются значительно изученными, необходимо учитывать, что бетоны ряда конструкций ядерного острова эксплуатируются в условиях специфических воздействий, которые присутствуют только на объектах использования атомной энергии, например нейтронное излучение и повышенные температуры. В этой связи актуальным становится вопрос исследования аспектов, касающихся оценки и обоснования остаточного ресурса бетона ж/б конструкций, с учетом данных специфических воздействий.

Важным является и необходимость в сборе статистической информации о влиянии добавок и рецептур на старение бетона, собранной в период эксплуатации блоков, для обоснования возможности продления срока их эксплуатации, в соответствии с СТО 1.1.1.02.009.1548 «Обоснование срока службы строительных конструкций зданий и сооружений атомных станций». Кроме того, необходимо учитывать требования МАГАТЭ «Управление старением бетонных конструкций на атомных станциях».