

УДК 693.54:624.012.4

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

А.П. Шведов

Полоцкий государственный университет, Республика Беларусь

e-mail: a.shvedov@psu.by

Рассмотрен вопрос решения задачи эффективного использования профицита электроэнергии, возникающего после выхода на полную мощность Белорусской атомной станции. Предложен вариант возможного использования в больших объёмах электроэнергии в одной из ведущих отраслей Белоруссии - строительной отрасли. Рассмотрено решение использования электропрогрева, позволяющего повысить эффективность основного метода интенсификации твердения бетона с использованием электроэнергии.

Ключевые слова: *Электроэнергия, электротермообработка, бетон, электрический ток, энергии, электропрогрев, электросопротивление, активированная суспензия.*

USE OF ELECTRIC ENERGY IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY REPUBLIC OF BELARUS

A. Shvedov

Polotsk State University, Republic of Belarus

e-mail: a.shvedov@psu.by

The issue of solving the problem of efficient use of the surplus of electricity arising after the full capacity of the Belarusian nuclear power plant is considered. The variant of possible use in large volumes of the electric power in one of the leading branches of Belarus - construction branch is offered. The solutions allowing to increase efficiency of the basic method of intensification of hardening of concrete with use of the electric power - electric heating are resulted.

Keywords: *Electricity, electrothermal treatment, concrete, electric current, energy, electric heating, electrical resistance, suspension, activated.*

Первый блок АЭС мощностью 1200 МВт в Беларуси планируется ввести в эксплуатацию в 2019 году, а второй – в 2020 году. При этом АЭС, как предполагается, будет производить примерно 18 млрд. кВт·ч электроэнергии. С вводом в эксплуатацию двух блоков станции профицит электроэнергии может оказаться достаточно большим. Поэтому Беларуси надо либо строить большие энергоёмкие производства, либо стоит увеличить потребление электроэнергии за счет отказа от других энергоносителей [1].

В тоже время в республике около 200 предприятий связано с производством бетонных смесей и продукции из них. Практика производства бетонных и железобетонных работ, как при новом строительстве, так и при реконструкции зданий и сооружений в зимних условиях показала, что основным методом интенсификации твердения бетона

является электротермообработка всех разновидностей. Не менее эффективной она является и в летнее время, так как обеспечивает быстрое твердение бетона при малых энергозатратах. Выбор наиболее рационального метода электротермообработки зависит не только от характеристики обрабатываемой конструкции, но и от возможности применяемого метода, а также от имеющегося на стройплощадке оборудования.

Все виды электротермообработки основаны на преобразовании энергии электрического тока в тепловую, или непосредственно внутри бетона, при прохождении через него электрического тока, или путем преобразования энергии электрического тока в тепловую в различного рода электронагревательных устройствах [2,3,4].

Наиболее экономичными способами являются те, у которых используется принцип превращения электрической энергии в тепловую непосредственно в теле бетона. Одним из таких способов является способ индукционного нагрева бетона.

Индукционный метод особенно эффективен для густоармированных или бетонизируемых в металлической опалубке каркасных конструкций и стыков [5]. Поэтому он, в основном, применяется при возведении каркасных конструкций (колонны, ригели, балки, отдельные опоры и т.д.), замоноличивании стыков каркасных конструкций, возведении монолитных железобетонных сооружений в скользящей опалубке и объемно-переставной опалубке, при изготовлении объемных и плоских изделий замкнутой формы (трубы, опоры, колодцы, элементы элеваторов и т.д.)

Несмотря на большое разнообразие методов термообработки, их высокую эффективность и экономичность, предпочтение на практике по-прежнему отдается традиционным способам ухода за бетоном при положительных и отрицательных температурах, в частности электропрогреву.

Так как электропрогрев основан на превращении электрической энергии в тепловую непосредственно в теле твердеющего бетона, исключаются потери тепла при его получении и транспортировании. Поэтому электропрогрев наиболее экономичный среди методов интенсификации твердения бетона, связанных с использованием тепловой энергии. Характерным для данного метода является непосредственное включение бетона в электрическую цепь в качестве активного сопротивления.

Электропрогрев бетона непосредственно в опалубке обладает большими технологическими преимуществами и по своим технико-экономическим показателям превосходит многие способы ухода за бетоном. Основным преимуществом этого вида способов является высокий КПД, т.к. энергия выделяется непосредственно в теле бетона и обеспечивается равномерное температурное поле в случае правильного расположения электродов внутри массива бетона. Энергоёмкость способов представлена в таблице.

Годовое потребление цемента на душу населения в Беларуси составляет около 475 кг. То есть для интенсификации твердения бетона, приготовленного из этого цемента, можно задействовать около 1,5 млрд. кВт·ч электроэнергии.

Одним из основных параметров, которые учитываются при электропрогреве, является удельное электрическое сопротивление бетона. Данная величина учитывается как при проектировании режимов электропрогрева, так и в процессе осуществления способа. Причем удельное сопротивление бетона не является величиной постоянной, в начальный период до конца схватывания цемента удельное сопротивление понижается, а затем возрастает.

Таблица 1. – Значение удельных расходов электроэнергии в зависимости от способа электропрогрева конструкции

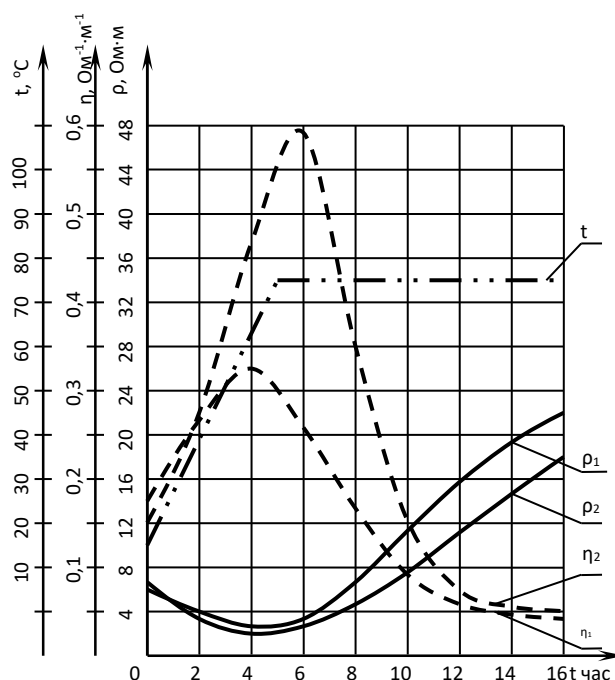
№ п/п	Способ прогрева	Удельный расход энергии, кВт.час/м ³	Условия выполнения работ
1	Сквозной электропрогрев внутренними стержневыми электродами	80-85	На полигонах и стройплощадках
2	Периферийный пластинчатые и полосовые электроды	77-82	Стройплощадка, монолитный бетон
3	Индукционный способ прогрева	90-130	Стройплощадка, монолитный бетон
4	Предварительный электропрогрев бетонной смеси (горячее формование)	50-60	Стройплощадка, монолитный бетон
5	Электрообогрев с помощью нагревателей	80-100	Стройплощадка, монолитный бетон
6	Предварительный электропрогрев	60-85	Стройплощадка, монолитный бетон

Для снижения электросопротивления и увеличения тепловыделения используются различные химические добавки. В бетонах с добавками, при прочих равных условиях, относительное изменение удельного электрического сопротивления от начального периода твердения до достижения им минимального значения меньше, чем в бездобавочных бетонах. Уменьшение минимального значения электрического сопротивления за счет введения химических добавок, позволяет до трех раз понизить напряжение при электропрогреве бетона.

Что касается второй стадии изменения удельного электрического сопротивления – стадии стабилизации у бетонов без химических добавок она ничтожно мала, так как сразу же после достижения им минимального значения наблюдается повышение удельного электрического сопротивления. Введение химических добавок, например активированной цементной суспензии, разработанной в Полоцком государственном университете, позволяет растянуть во времени сам период стабилизации от 0,5 до 2 часов [6,7,8].

При проектировании режимов электропрогрева, в качестве исходной величины используется электросопротивление бетонной смеси. Поэтому был изучен характер изменения электросопротивления. Определение удельного электросопротивления проводили как для образцов содержащих активированную цементную суспензию, так и для образцов ее не содержащих.

Для бетонных смесей содержащих и не содержащих активированную цементную суспензию (рис. 1) процесс изменения удельного электрического сопротивления при электропрогреве бетона характеризуется тремя основными стадиями: понижение, стабилизация и возрастание.



ρ_1, η_1 – соответственно удельное электросопротивление и проводимость бетона без активированной суспензии; ρ_2, η_2 – соответственно удельное электросопротивление и проводимость бетона с активированной суспензией; t – температура прогрева бетона

Рисунок 1. – Изменение электрофизических характеристик бетона в процессе электропрогрева (скорость подъема температуры 12,5°C/час)

Как видно из рисунка, начальное электросопротивление бетонных смесей, содержащих активированную цементную суспензию, несколько выше, чем у смесей без суспензии.

Анализируя полученные данные, которые приведены на графике, можно также отметить и то, что в бетонных смесях с активированной цементной суспензией длительность периода стабилизации электросопротивления в 1,5-2 раза больше, чем у бетонных смесей без суспензии. Это имеет важное значение для электропрогрева бетона, так как минимальное удельное электрическое сопротивление бетона обычно совпадает с периодом разогрева. Уменьшение на 15-20% минимального электросопротивления позволит снизить напряжение в процессе электропрогрева бетона, что уменьшит потери электроэнергии в проводах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Маненок, Т. БелАЭС создаст профицит электроэнергии [Электронный ресурс] . – Режим доступа: <https://www.belrynok.by/2015/09/17/belaes-sozdast-profitsit-elektroenergii/>. – Дата доступа: 12.10.2019
2. Сизов, В.Н. Строительные работы в зимних условиях / В.Н. Сизов. – М.: Госстройиздат, 1962. – 137 с.

3. Зимнее бетонирование с применением инфракрасных лучей / С.Г. Головнёв // Учебное пособие. Моделирование строительных процессов. – Челябинск, 1970.
4. Хямяляйнен, О. Бетонные работы в зимних условиях // Бетон и железобетон.– 1985.– №3.– С. 46–47.
5. Абрамов, В.С., Бессер, Я.Р. Индукционный прогрев железобетонных конструкций в зимних условиях. – М.: Стройиздат, 1967.– 25 с.
6. Блещик, Н.П., Коньков, В.В., Шведов, А.П., Шведов, И.П. Интенсификация процесса твердения бетона за счёт разрядно-импульсной обработки цементных паст // Инженерные проблемы современного бетона и железобетона: Сб. науч. ст. международн. конференции. – Минск, 1997.– т.2.– С. 9-15.
7. Калмыков, Л.Ф., Шведов, А.П. Ресурсосберегающая технология бетонирования монолитных конструкций в зимних условиях: Обзор. инфор. / БелНИИНТИ. – Минск, 1992.– 64 с.
8. Электроактивирование цементных суспензий и их использование в технологии монолитного бетона/ А.П. Шведов // Вестник Полоцкого гос. ун-та. Сер. В. – 2003. – Т.2. – №2.– С.74–79.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«ПОЛОЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС:
ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ, ИННОВАЦИИ**

ЭЛЕКТРОННЫЙ СБОРНИК СТАТЕЙ
II МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

(Новополоцк, 28–29 ноября 2019 г.)

Новополоцк
Полоцкий государственный университет
2020

1 – дополнительный экран – сведения об издании

УДК 72:624/628+69(082)

Редакционная коллегия:

Л. М. Парфенова (председатель),
А. С. Катульская (отв. секретарь), Е. Д. Лазовский,
Н. В. Давыденко, Р. М. Платонова

АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС: ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ, ИННОВАЦИИ
[Электронный ресурс] : электронный сборник статей II международной научной конференции, Новополоцк, 28–29 нояб. 2019 г. / Полоцкий государственный университет ; под ред. Л. М. Парфеновой. – Новополоцк : Полоц. гос. ун-т, 2020. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

ISBN 978-985-531-701-3.

Рассмотрены вопросы архитектуры и градостроительства в современных условиях, прогрессивные методы проведения инженерных изысканий и расчета строительных конструкций. Приведены результаты исследований ресурсо- и энергосберегающих строительных материалов и технологий, энергоресурсосберегающие и природоохранные инновационные решения в инженерных системах зданий и сооружений. Проанализированы организационные аспекты строительства и управления недвижимостью, проблемы высшего архитектурного и строительного образования.

Для научных и инженерно-технических работников исследовательских, проектных и производственных организаций, а также преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов строительных специальностей учреждений образования.

*Сборник включен в Государственный регистр информационного ресурса.
Регистрационное свидетельство № 3671815379 от 26.04.2018.*

211440, ул. Блохина, 29, г. Новополоцк, Беларусь
тел. 8 (0214) 53 53 92, e-mail: a.bakatovich@psu.by; l.parfenova@psu.by

№ госрегистрации 3671815379.

ISBN 978-985-531-701-3

@Полоцкий государственный университет, 2020

2 – дополнительный титульный экран – производственно-технические сведения

Для создания текстового электронного издания «Архитектурно-строительный комплекс: Проблемы, перспективы, инновации» использованы текстовый процессор Microsoft Word и программа Adobe Acrobat XI Pro для создания и просмотра электронных публикаций в формате PDF.

**АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС:
ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ, ИННОВАЦИИ**

ЭЛЕКТРОННЫЙ СБОРНИК СТАТЕЙ
II МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

(Новополоцк, 28–29 ноября 2019 г.)

Технический редактор *Т. А. Дарьянова*.
Компьютерная верстка *Т. А. Дарьяновой*.
Компьютерный дизайн обложки *Е. А. Балабуевой*.

Подписано к использованию 09.09.2020.
Объем издания: 21,05 Мб. Тираж 3 диска. Заказ 420.

Издатель и полиграфическое исполнение:
учреждение образования «Полоцкий государственный университет».

Свидетельство о государственной регистрации
издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/305 от 22.04.2014.

ЛП № 02330/278 от 08.05.2014.

211440, ул. Блохина, 29,
г. Новополоцк,
Тел. 8 (0214) 59-95-41, 59-95-44
<http://www.psu.by>