

С.В. ФЕДОСОВ¹, А.А. ЛАПИДУС¹, Н.В. КРАСНОСЕЛЬСКИХ²,
А.М. СОКОЛОВ³, Т.Е. ШАДРИКОВ³

¹ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»
г. Москва, Россия

²ООО «Спецтехмонтаж», г. Иваново, Россия

³ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина», г. Иваново, Россия

ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ МАЛОСЕРИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИХ ЭЛЕКТРОТЕПЛОЙ ОБРАБОТКИ ТОКАМИ ПОВЫШЕННОЙ ЧАСТОТЫ

Аннотация. Рассмотрена организация технологического процесса изготовления изделий из бетона с применением электротепловой обработки токами повышенной частоты как на крупных, так на малых промышленных предприятиях. Эта технология также удобна при зимнем бетонировании и проведении бетонных работ в полевых условиях. Технология строится на применении централизованного источника питания повышенной частоты, выполненного с использованием мощных транзисторных преобразователей напряжения, для одновременной обработки нескольких изделий. Представлена опытно-промышленная установка для реализации такой технологии и результаты эксперимента с ее использованием. Выполнена оценка мощности установки на основе разработанного графика производства работ. На примере изготовления фундаментных блоков типа ФБС 12.4.6 показано, что реальный график производства работ по изготовлению изделий с помощью электротепловой обработки токами повышенной частоты приводит к тому, что потребляемая из питающей сети мощность имеет относительно небольшую величину (13,2 кВт), которую может себе позволить практически любое предприятие.

Ключевые слова: зимнее бетонирование, тепловая обработка, бетон, железобетон, организационно-технологические решение, электротепловая (электротермическая) обработка, повышенная частота, преобразователь напряжения, график производства работ.

S.V. FEDOSOV¹, A.A. LAPIDUS¹, N.V. KRASNOSELSKI²,
A.M. SOKOLOV³, T.E. SHADRIKOV³

¹National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia

²LLC "Spetstekhmontazh", Ivanovo, Russia

³Ivanovo State Power Engineering University, Ivanovo, Russia

SPECIFIC FEATURES OF THE ORGANIZATION OF LOW-BATCH PRODUCTION OF REINFORCED CONCRETE PRODUCTS USING THEIR ELECTROTHERMAL PROCESSING BY INCREASED FREQUENCY CURRENTS

Abstract. The organization of the technological process of manufacturing concrete products with the use of electrothermal treatment with high-frequency currents at both large and small industrial enterprises is considered. This technology is also useful for winter concreting and field concrete work. The technology is based on the use of a centralized high-frequency power supply, made using high-power transistor voltage converters, for simultaneous processing of several products. A pilot plant for

the implementation of such a technology and the results of an experiment with its use are presented. The plant capacity was estimated based on the developed work schedule. Using the example of manufacturing foundation blocks of the FBS 12.4.6 type, it is shown that the actual schedule of work on the manufacture of products using electrothermal treatment with high-frequency currents leads to the fact that the power consumed from the supply network has a relatively small value (13.2 kW), which almost any enterprise can afford.

Keywords: *winter concreting, heat treatment, concrete, reinforced concrete, organizational and technological solutions, electrothermal (electrothermal) treatment, increased frequency, voltage converter, work schedule.*

Введение

Выполненные в последние годы теоретические и экспериментальные исследования показали высокую эффективность электротепловой обработки (ЭТО) конструкционного бетона токами повышенной электродным методом с помощью источников питания на основе мощных транзисторных преобразователей напряжения [1-4]. Также было показано, что такой способ тепловой обработки, обладающий высокой энергетической эффективностью (90 % и более), является практически единственно возможным при изготовлении железобетонных изделий небольшими сериями в условиях малых предприятий [5,6]. Такие предприятия практически лишены возможности применять в этих целях какую-либо тепловую обработку, например широко распространенная тепловлажностная обработка паром (ТВО) им практически недоступна и не выгодна из-за низкой энергетической эффективности (изделие воспринимает не более 10-12 % энергии пара) и высокой стоимости пропарочных камер [1,5,7]. На этих предприятиях, в основном, применяется нормальное твердение бетона, что значительно снижает их производительность, а их время работы ограничивается 6-7 месяцами в году. На крупных предприятиях сборного железобетона также велика потребность в применении электротепловой обработки токами повышенной частоты, особенно, когда требуется заменить полигонные установки, где энергетическая эффективность тепловой обработки, как правило, не превышает 5-7 % [8,9].

Новый подход. Широкому применению технологии изготовления железобетонных изделий токами повышенной частоты и решению вопросов организации такого производства должна предшествовать проверка такой технологии с использованием опытно-промышленных установок. В целях решения такой задачи были разработано и изготовлено опытное оборудование для изготовления распространенных железобетонных изделий. Такое оборудование состоит из двух основных элементов: малогабаритного источника питания повышенной частоты, требуемой мощности и опалубки, выполненной из электроизоляционного материала (ламинированная фанера), снабженной снаружи слоем теплоизоляционного материала (пенопласт 4-6 см) и электродами из оцинкованного железа, установленными на внутренней поверхности двух боковых противоположных стенок опалубки. При выполнении электротепловой обработки электрическое напряжение от источника прикладывается к этим электродам после укладки бетона в опалубку. В результате, в толще бетона протекают электрические токи повышенной частоты и обеспечивается преобразование электрической энергии в тепловую по всему объему бетона, вызывая нагрев железобетонного изделия до необходимой температуры.

На рисунке 1 показан внешний вид опалубки для изготовления фундаментных блоков с помощью электротепловой обработки токами повышенной частоты до укладки свежего бетона и после укладки.

Сразу же после укладки и утрамбовки бетона в опалубке, но до начала ЭТО в толщу свежего бетона заглублялись гибкие трубки из электроизоляционного материала, запаянные, с одной стороны, в которые затем вводилась термопара для измерения температуры в требуемых точках объема материала.



Рисунок 1 - Внешний вид опалубки для изготовления фундаментных блоков до (слева) и после (справа) укладки свежего бетона: электроды установлены на торцевых поверхностях опалубки, т.е. электрический ток протекает вдоль блока

После укладки и уплотнения бетона на его поверхности размещалась полиэтиленовая пленка для устранения влагопотерь с поверхности бетона, а затем теплоизоляция в виде листов пенопласта толщиной 3 – 8 см. На электроды подавалось напряжение от источника питания, и выполнялась электротепловая обработка посредством пропускания электрического тока повышенной частоты в толще бетона, т.е. электродным методом. Внешний вид установки в ходе выполнения ЭТО представлен на рисунке 2, там же показан внешний вид изделия после ЭТО, охлаждения и распалубки.

Модели и методы. В ходе экспериментов выполнялось измерение температуры в различных точках объема железобетонного изделия, которое подтвердило высокую однородность температурного поля. Измерялись также электрические параметры – ток и напряжение на зажимах обрабатываемого изделия, мощность P_c , передаваемая в источник питания из питающей сети. Последний параметр имеет большое практическое значение, т.к. он определяет требования к системе электроснабжения по величине предельной передаваемой мощности.



Рисунок 2 - Внешний вид опалубки в процессе ЭТО при изготовлении фундаментных блоков типа ФБС 12.4.6 в начальный момент (слева) и готового изделия после распалубки (справа): на рисунке слева на переднем плане слева направо – счетчик электроэнергии, источник питания повышенной частоты мощностью 4,5 кВт и портативный осциллограф для регистрации напряжения на электродах опалубки

На рисунке 3 приведен график изменения электрической мощности P_c , который был получен в ходе ЭТО изделия, представленного на рисунке 2. Характер этого графика

объясняется тем, что периодически (примерно, каждые 0,5 ч.) производилась оценка скорости нарастания температуры изделия и корректировалась величина передаваемой в изделие электрической мощности для того, чтобы скорость подъема температуры не превысил допустимое значение (10 °С/ч.) [1,6].

Зависимость вида рисунке 3 позволяет определить еще один важный параметр – это величина электроэнергии, требуемой для выполнения электротепловой обработки изделия по формуле (1):

$$W = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \cdot \tau_i}{3.6 \cdot 10^6}, \quad (1)$$

где P_i – мощность, Вт и τ_i – продолжительность, с, периода времени, соответствующего неизменного значения мощности (рисунок 3).

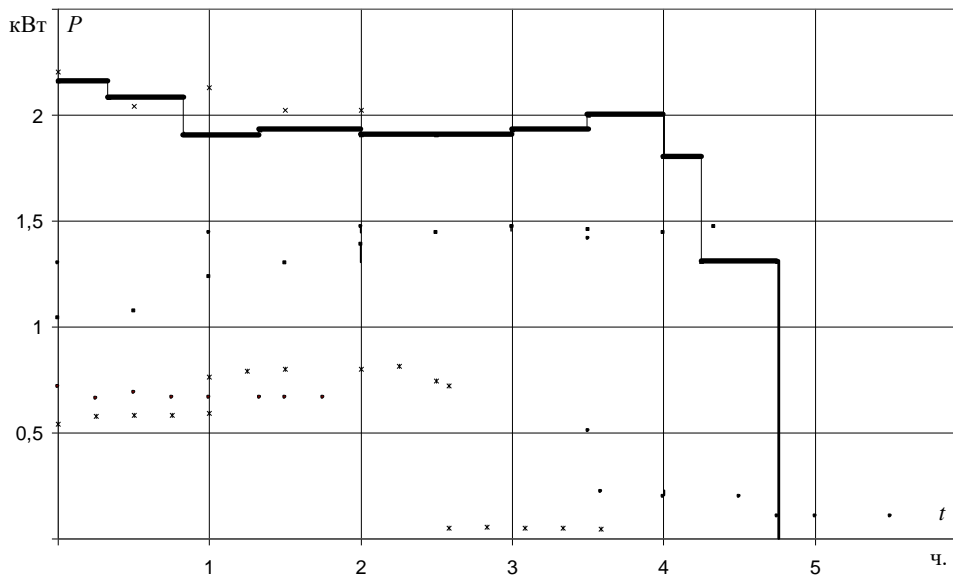


Рисунок 3 - Изменение во времени мощности, потребляемой установкой из питающей сети, в ходе ЭТО изделия рисунок 2: начальная температура бетона $T_n = 9\text{ }^\circ\text{C}$; температура окружающего воздуха $T_o = 13\text{ }^\circ\text{C}$; конечная температура нагрева бетона (изотермической стадии) $T_{изот} = 50\text{ }^\circ\text{C}$; длительность стадии нагрева $\Delta t_{нагр} \approx 5\text{ ч}$.

Знание W позволяет определять величину прямых затрат на электроэнергию и удельные значения расхода энергии (затрат) при выполнении ЭТО железобетонных изделий. В качестве примера на рисунке 4 представлено сравнение удельных затрат энергии при ЭТО по результатам эксперимента рисунок 2 и рисунок 3 с усредненным показателем при ТВО [1]. Сведения рисунка 4 свидетельствует о весьма высокой энергетической эффективности ЭТО токами повышенной частоты: удельные затраты энергии (33,9 кВт/м³) на выполнение ЭТО почти 15 раз ниже, чем при традиционной ТВО (500,1 кВт/м³). Характерно, что этот результат получен в зимних условиях, а в летнее время этот разрыв, т.е. эффект, будет еще больше.

Кроме рассмотренных показателей, после распалубки изделия были выполнены измерения предела прочности бетона на сжатие неразрушающими методами. Они показали, что в возрасте 28 суток материал имеет прочность на 1-3 класса выше нормативного значения.

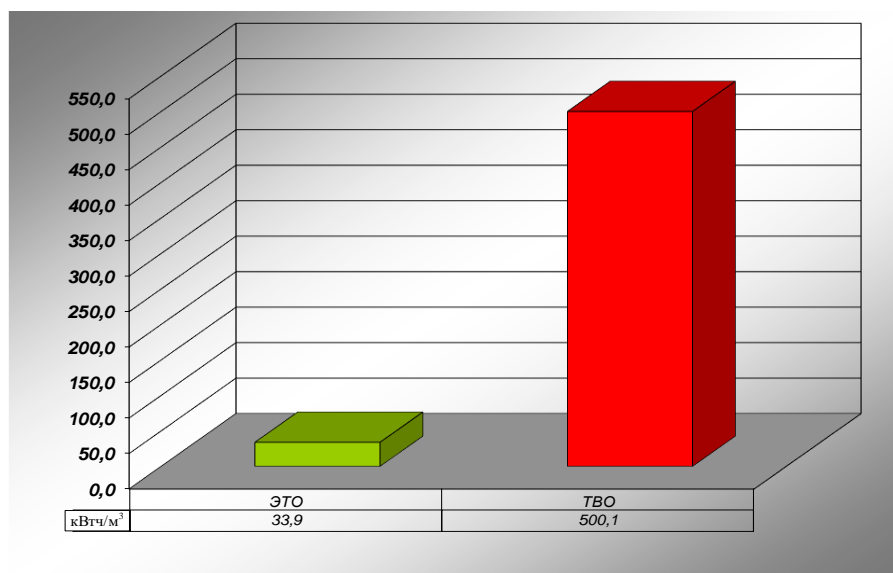


Рисунок 4 - Значения удельной энергии: зеленая заливка – результаты эксперимента согласно рисунок 3; красная заливка – усредненные значения для ТВО [1]

Результаты исследования и их анализ. Результаты экспериментов по применению ЭТО токами повышенной частоты позволяют решить некоторые организационно-технические вопросы производственного применения технологии изготовления железобетонных изделий с помощью такой тепловой обработки. Как показано в [10,11], при организации производства железобетонных изделий с использованием ЭТО токами повышенной частоты на предприятиях любого типа нецелесообразно применять схему электроснабжения, когда один питания обслуживает одну опалубку для изготовления железобетонного изделия. Значительно более рациональной является система, в которой один источник питания, выполненный на основе транзисторного преобразователя большой мощности, обеспечивает электропитание нескольких технологических постов по изготовлению железобетонных изделий [10,11]. Основным элементом каждого поста является опалубка (рисунок 1), а также устройства автоматики и сигнализации. На рисунке 5 представлена упрощенная схема такой установки.

При реализации такой системы изготовления железобетонных изделий возможно различное взаимное расположение источника питания и постов.

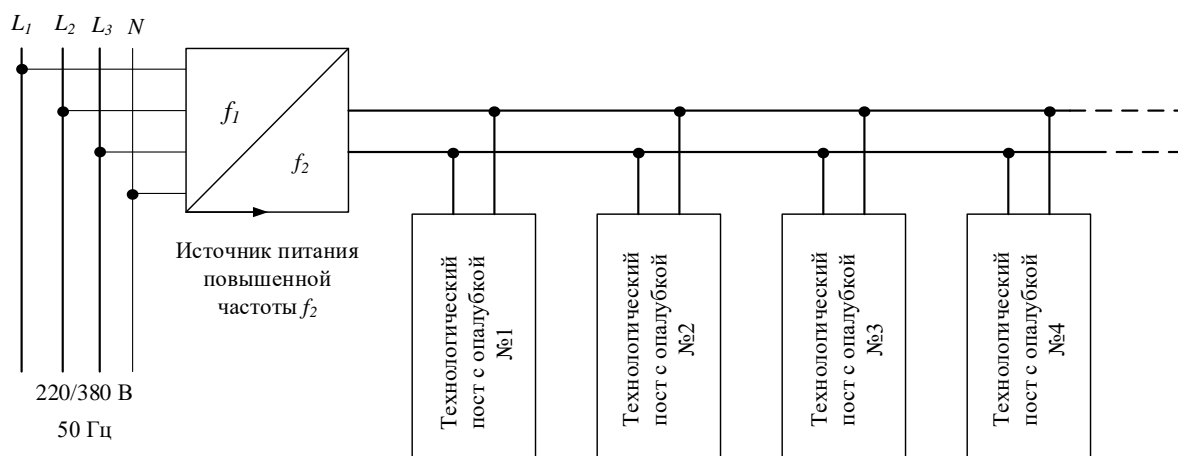


Рисунок 5 - Схема электропитания постов по изготовлению железобетонных изделий с помощью ЭТО токами повышенной частоты

В качестве примера можно рассмотреть простейший случай размещения оборудования в одну линию, как показано на рисунке 6, когда от источника питания отходит один общий двойной провод (двухпроводный кабель), который уложен вдоль линейки расположения технологических постов. У каждого поста имеются коммутационные элементы для подключения электродов опалубки к общему проводу.

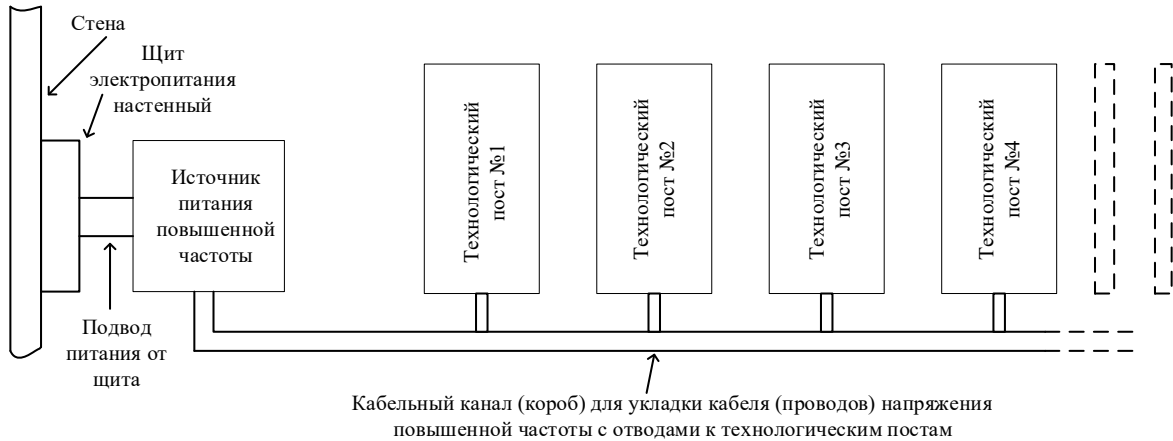


Рисунок 6 - Рабочая зона участка (цеха) по изготовлению железобетонных изделий с использованием ЭТО токами повышенной частоты

Одним из важнейших технических вопросов организации производства железобетонных изделий рассматриваемым способом (рисунок 5 и рисунок 6) является определение требуемой мощности источника питания и питающей сети, необходимой для нормальной работы этого производства [12]. Решение этого вопроса возможно на основе составления графика выполнения технологических операций (производства работ) при работе такого производства с использованием нормативных документов, например [13,14]. Для примера этот график представлен в таблице 1 применительно к изготовлению изделий в виде фундаментных блоков типа ФБС 12.4.6 (рисунок 2).

При составлении этого графика предполагалось, что работа выполняется двумя работниками (либо два формовщика, либо формовщик и электромонтажник) [13], а условия работы соответствуют зимнему времени: $T_n = T_o = 0 \text{ } ^\circ\text{C}$, $T_{изот} = 50 \text{ } ^\circ\text{C}$, скорость подъема температуры на стадии нагрева $\approx 8 \text{ } ^\circ\text{C/ч.}$, режим ЭТО – с термосной выдержкой, т.е. после завершения стадии нагревания изделие отключается и постепенно охлаждается, максимальная мощность, передаваемая из питающей сети при ЭТО одного изделия согласно рисунка 3 – $P_{Ст} = 2,2 \text{ кВт}$. Как следует из таблицы 1, при работе установки (рисунок 5 и рисунок 6) происходит поочередное и со сдвигом во времени подключение к источнику очередного технологического поста после проведения подготовительных работ, укладки и утрамбовки бетона в опалубку. После подключения очередного поста мощность $P_{сумм}$, потребляемая из питающей сети увеличивается на $P_{Ст}$. Так происходит до тех пор, пока не будут задействованы все технологические посты, либо на технологическом посту, который был подключен первым, завершится стадия нагревания и он будет отключен. В этом случае достигается наивысшие значения потребляемой мощности и числа одновременно работающих технологических постов.

Таблица 1- График производства работ

№ п/п	Наименование работ	Продолжительность, ч.	Рабочее время, ч.																
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	Очистка формы (опалубки) №1 и бортоснастки	0,11																	
2	Смазка формы и бортоснастки	0,1																	
3	Сборка формы	0,15																	
4	Установка монтажных петель	0,1																	
5	Укладка, разравнивание и уплотнение бетонной смеси вибрированием	0,57																	
6	Выравнивание и заглаживание открытых поверхностей свежесформованных изделий	0,11																	
7	Подключение формы № 1 источнику питания и начало ЭТО	6																	
8	Отключение формы № 1 от источника питания и термосная выдержка	12÷16																	
9	Очистка формы (опалубки) №2 и бортоснастки	0,11																	
10	Смазка формы и бортоснастки	0,1																	
11	Сборка формы	0,15																	
12	Установка монтажных петель	0,1																	
13	Укладка, разравнивание и уплотнение бетонной смеси вибрированием	0,57																	
14	Выравнивание и заглаживание открытых поверхностей свежесформованных изделий	0,11																	
15	Подключение формы № 2 источнику питания и начало ЭТО	6																	
16	Отключение формы № 2 от источника питания и термосная выдержка	12÷16																	

Продолжение по аналогии с пп. 1-8 и 9-16 для опалубки (формы) 3,4,5 и т.д.

На рисунке 7 представлен график изменения во времени величины $P_{сумм}$, полученный на основании таблицы 1.

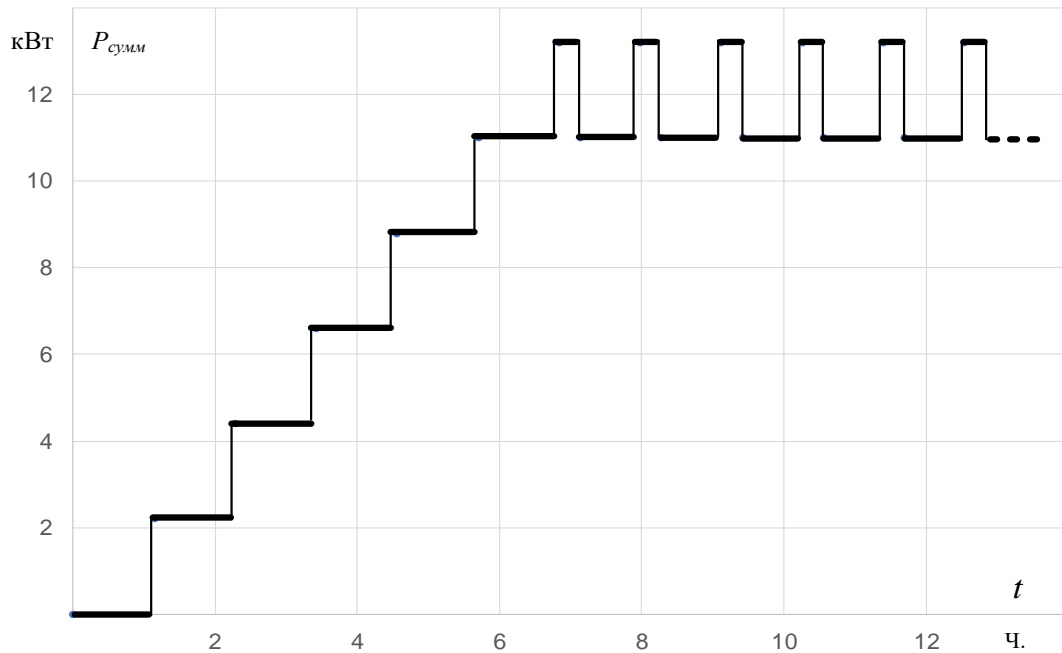


Рисунок 7 - Изменение во времени величины потребляемой мощности из питающей электрической сети при работе участка (цеха) по производству железобетонных изделий (фундаментных блоков типа ФБС 12.4.6) с использованием ЭТО токами повышенной частоты

Согласно этому графику (рисунок 7) в течение рабочего дня происходит постепенное ступенчатое увеличение потребляемой из сети мощности по мере подключения к источнику питания все новых технологических постов пока не будет достигнута максимальная мощность, которая в рассматриваемом случае составила

$$P_{\text{сумм}} = 6 \cdot P_{\text{Ст}} = 13,2 \text{ кВт}, \quad (2)$$

а максимальное число одновременно подключенных постов составляет $n_m = 6$ шт.

В дальнейшем наблюдается колебательный характер изменения $P_{\text{сумм}}$ по мере отключения технологических постов, на которых ЭТО завершилась и подключения очередного поста (рисунок 7) в соответствии с графиком производства работ (таблица 1).

Вполне очевидно, что рассмотренное описание производственного процесса (таблица 1 и рисунок 7) с определением показателя (2) можно применить на практике не только для рассмотренного типа железобетонных изделий, но для любых других, в том числе и разнотипных изделий.

Выводы. Электротепловая обработка железобетонных изделий токами повышенной частоты по своей энергетической эффективности многократно превосходит традиционную тепловую обработку паром (рисунок 4), а источник питания для ее осуществления имеет малые размеры, вес и удобен в эксплуатации (рисунок 2).

Технология изготовления железобетонных изделий с использованием ЭТО токами повышенной частоты может с одинаковым успехом применяться как на крупных предприятиях, так и на предприятиях малого бизнеса, обладающих ограниченными площадями и ресурсами.

Реальный график производства работ по изготовлению железобетонных изделий с помощью ЭТО токами повышенной частоты (таблица 1) приводит к тому, что к источнику питания одновременно подключается сравнительно небольшое количество обрабатываемых изделий независимо от количества технологических постов, в рассмотренном случае – 6 шт., а электрическая мощность, потребляемая из питающей сети имеет относительно небольшую величину (13,2 кВт), которую может себе позволить практически любое предприятие. При этом источник питания такой мощности может быть реализован в габаритах, показанных на рисунке 2.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федосов С.В., Бобылев В.И., Соколов А.М. Электротепловая обработка бетона токами повышенной частоты на предприятиях сборного бетона. Монография. Иваново: ФГБОУ ВО «ИГЭУ им. В.И. Ленина», ИВГПУ, 2016. 336 с.
2. Федосов С.В., Соколов А.М. Методология исследования процессов теплопереноса и показателей электротепловой обработки железобетонных изделий токами повышенной частоты // Academia. РААСН. 2012. № 2. С. 117-123.
3. Федосов С.В., Бобылев В.И., Митькин Ю.А., Соколов А.М., Закинчак Г.Н. Электротепловая обработка бетона токами различной частоты // Строительные материалы. 2010. № 6. С. 4-7.
4. Федосов С.В., Бобылев В.И., Петрухин А.Б., Соколов А.М. Оценка показателей экономической эффективности электротепловой обработки на предприятиях сборного железобетона // Промышленное и гражданское строительство. 2013. № 3. С. 54-57.
5. Федосов С.В., Красносельских Н.В., Коровин Е.В., Соколов А.М. Электротепловая обработка железобетонных изделий токами повышенной частоты в условиях малых предприятий // Строительные материалы. 2014. №5. С. 8-14.
6. Руководство по прогреву бетона в монолитных конструкциях / под ред. Б.А. Крылова, С.А. Амбарцумяна, А.И. Звездава. М.: НИИЖБ, 2005. 276 с.
7. Железобетонные и каменные конструкции / Бондаренко В.М., [и др.] под ред. В.М. Бондаренко. М.: Высш. шк., 2007. 887 с.
8. Баженов Ю.М. Технология бетона. М.: Изд-во АСВ, 2003. 500 с.
9. Федосов С.В., Крылов Б.А., Бобылев В.И., Пыжиков А.Г., Красносельских Н.В., Соколов А.М. Применение электротепловой обработки железобетонных изделий на полигонных установках // Строительные материалы. 2013. № 11. С. 35-39.
10. Федосов С.В., Красносельских Н.В., Кузнецов А.Н., Соколов А.М. Состояние и перспективы применения электротепловой обработки строительных материалов и изделий токами повышенной частоты // Актуальные проблемы сушки и термовлажностной обработки материалов в различных отраслях промышленности и агропромышленном комплексе: сборник научных статей Первых Международных Лыковских научных чтений, посвященных 105-летию академика А.В. Лыкова. 2015. С. 291-299.
11. Гусенков А.В., Лебедев В.Д., Митькин Ю.А., Соколов А.М. Перспективы создания высоковольтных систем электроснабжения промышленных предприятий на основе полупроводниковых преобразователей напряжения. Материалы международной научно-технической конференции «Состояние и перспективы развития электротехнологии» (17 Бенардосовские чтения) Иваново, 2013. С. 112–114.
12. Заянчуковская Н.В., Лебедев Ю.Н. Организация и технология проектирования объектов теплоэнергетики в условиях создания интегрированной информационной системы // Строительство и реконструкция. 2012. №6. С. 82-87.
13. Единые нормы времени на изготовление железобетонных и бетонных изделий и конструкций. Выпуск 1. Формовка изделий. "ЦОТэнерго", Москва. 1991.
14. Руководство по тепловой обработке бетонных и железобетонных изделий. М.: Стройиздат, 1974. 32 с.

REFERENCES

1. Fedosov S.V., Bobylev V.I., Sokolov A.M. Elektroteplovaya obrabotka betona tokami povyshennoj chastoty na predpriyatiyah sbornogo betona [Electrothermal treatment of concrete with high-frequency currents at precast concrete plants]. Monografiya. Ivanovo: FGBOU VO «IGEU im. V.I. Lenina», IVGPU, 2016. 336 p.
2. Fedosov S.V., Sokolov A.M. Metodologiya issledovaniya processov teploperenosa i pokazatelej elektroteplovoj obrabotki zhelezobetonnyh izdelij tokami povyshennoj chastoty [Methodology for the study of heat transfer processes and indicators of electrothermal treatment of reinforced concrete products with high-frequency currents] // Academia. RAASN. 2012. No 2. P.117-123.
3. Fedosov S.V., Bobylev V.I., Mit'kin YU.A., Sokolov A.M., Zakinchak G.N. Elektroteplovaya obrabotka betona tokami razlichnoj chastoty [Electrothermal treatment of concrete with currents of different frequencies] // Stroitel'nye materialy. 2010. No 6. P. 4-7.
4. Fedosov S.V., Boblyov V.I., Petruhin A.B., Sokolov A.M. Ocenka pokazatelej ekonomicheskoy effektivnosti elektroteplovoj obrabotki na predpriyatiyah sbornogo zhelezobetona [Evaluation of the economic efficiency of electric heat treatment at precast concrete enterprises] // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo. 2013. № 3. S. 54-57.
5. Fedosov S.V., Krasnosel'skih N.V., Korovin E.V., Sokolov A.M. Elektroteplovaya obrabotka zhelezobetonnyh izdelij tokami povyshennoj chastoty v usloviyah malyh predpriyatij [Electrothermal treatment of reinforced concrete products with high-frequency currents in small enterprises] // Stroitel'nye materialy. 2014. No 5. P. 8-14.
6. Rukovodstvo po progrevu betona v monolitnyh konstrukciyah [Guide to heating concrete in monolithic structures] / pod red. B.A. Krylova, S.A. Ambarcumyana, A.I. Zvezdova. M.: NIIZHB, 2005. 276 p.

7. ZHelezobetonnye i kamennye konstrukcii[Reinforced concrete and stone structures] / Bondarenko V.M., [i dr.] pod red. V.M. Bondarenko. M.: Vyssh. shk., 2007. 887 p.
8. Bazhenov, YU.M. Tekhnologiya betona [Concrete technology] / YU.M. Bazhenov. M.: Izd-vo ASV, 2003. 500 p.
9. Fedosov S.V., Krylov B.A., Boblyov V.I., Pyzhikov A.G., Krasnosel'skih N.V., Sokolov A.M. Primenenie elektroteplovoj obrabotki zhelezobetonnyh izdelij na poligonnyh ustanovkah[Application of electrothermal treatment of reinforced concrete products in landfill installations] // Stroitel'nye materialy. 2013. No 11. P. 35-39.
10. Fedosov S.V., Krasnosel'skih N.V., Kuznecov A.N., Sokolov A.M. Sostoyanie i perspektivy primeneniya elektroteplovoj obrabotki stroitel'nyh materialov i izdelij tokami povyshennoj chastoty[State and prospects of application of electrothermal treatment of building materials and products with high-frequency currents] // Aktual'nye problemy sushki i termovlazhnostnoj obrabotki materialov v razlichnyh otraslyah promyshlennosti i agropromyshlennom komplekse: sbornik nauchnyh statej Pervyh Mezhdunarodnyh Lykovskih nauchnyh chtenij, posvyashchennyh 105-letiyu akademika A.V. Lykova. 2015. P. 291-299.
11. Gusenkov A.V., Lebedev V.D., Mit'kin YU.A., Sokolov A.M. Perspektivy sozdaniya vysokovol'tnyh sistem elektrosnabzheniya promyshlennyh predpriyatij na osnove poluprovodnikovyyh preobrazovatelej napryazheniya. [Prospects for creating high-voltage power supply systems for industrial enterprises based on semiconductor voltage converters]. Materialy mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoy konferencii «Sostoyanie i perspektivy razvitiya elektrotekhnologii» (17 Benardosovskie chteniya) Ivanovo, 2013. P. 112–114.
12. Zayanchukovskaya N.V., Lebedev YU.N. Organizaciya i tekhnologiya proektirovaniya ob'ektov teploenergetiki v usloviyah sozdaniya integrirovannoj informacionnoj sistemy[Organization and technology of design of heat and power facilities in the context of the creation of an integrated information system] // Stroitel'stvo i rekonstrukciya. 2012. No 6. P. 82-87.
13. Edinye normy vremeni na izgotovlenie zhelezobetonnyh i betonnyh izdelij i konstrukcij. Vypusk 1. Formovka izdelij. [uniform time standards for the production of reinforced concrete and concrete products and structures. Issue 1. Molding of products]. "COTenergo", Moskva. 1991.
14. Rukovodstvo po teplovoj obrabotke betonnyh i zhelezobetonnyh izdelij. [manual for heat treatment of concrete and reinforced concrete products]. M.: Strojizdat, 1974. 32 p.

Информация об авторах:

Федосов Сергей Викторович

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»
г. Москва, Россия,
академик РААСН, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технологии и организации строительного производства.
E-mail: mr.fedosow2011@yandex.ru

Лapidус Азарий Абрамович

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»
г. Москва, Россия,
доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии и организации строительного производства, Советник РААСН.
E-mail: lapidus58@mail.ru

Красносельских Николай Валериевич

ООО «Спецтехмонтаж», г. Иваново, Россия,
ведущий инженер.
E-mail: knv4521@yandex.ru

Соколов Александр Михайлович

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина», г. Иваново, Россия,
доктор технических наук, доцент, доцент кафедры высоковольтных электроэнергетики, электротехники и электрофизики. Советник РААСН.
E-mail: alex2010fn@yandex.ru

Шадриков Тимофей Евгеньевич

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина», г. Иваново, Россия,
кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры высоковольтных электроэнергетики, электротехники и электрофизики.
E-mail: pr3d37@gmail.com

Information about authors:

Fedosov Sergey V

National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, academician of RAASN, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Technology and Organization of Construction Production.

E-mail: mr.fedosow2011@yandex.ru

Lapidus Azarii A

National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Technology and Organization of Construction Production, Adviser to the RAASN.

E-mail: lapidus58@mail.ru

Krasnoselskikh Nikolai V

LLC "Spetstekhmontazh", Ivanovo, Russia, lead engineer.

E-mail: knv4521@yandex.ru

Sokolov Alexander M.

Ivanovo State Power Engineering University, Ivanovo, Russia, doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of High-Voltage Electric Power Engineering, Electrical Engineering and Electrophysics.

E-mail: alex2010fn@yandex.ru

Shadrikov Timofey E.

Ivanovo State Power Engineering University, Ivanovo, Russia, candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of High-Voltage Electric Power Engineering, Electrical Engineering and Electrophysics.

E-mail: pr3d37@gmail.com