

УДК 693.547.3

В.П.ЛЫСОВ, канд.техн.наук,
Н.М.ГОЛУБЕВ, ст.преп., С.В.ГУСЕВ, инж.,
Н.С.МЕДВЕДЕВА, ассист. (БПИ)

ЭФФЕКТИВНОСТЬ МЕТОДОВ ЭЛЕКТРОТЕРМООБРАБОТКИ БЕТОНА ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ МОНОЛИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Для производства бетонных работ при возведении монолитных конструкций в зимнее время у строителей имеется возможность использования различных методов, обеспечивающих благоприятные условия для твердения бетона даже в самые сильные морозы.

К первой группе этих методов относятся так называемые безобогревные методы: бетонирование по способу "термос"; бетонирование в тепляках; бетонирование с применением противоморозных добавок и их комплексное применение. Ко второй — методы электротермообработки бетона: электродный, инфракрасный и индукционный прогревы, предварительный электронагрев, греющая опалубка, а также разновидности их совместного применения.

При исследованиях и разработке этих методов до последнего времени основное внимание уделялось мероприятиям, обеспечивающим необходимую прочность и качество уложенного бетона. Видимо, поэтому вопросы, касающиеся роста прочности бетона, освещены в литературных источниках достаточно широко.

Однако при производстве бетонных работ зимой приходится иметь дело и с другими не менее важными проблемами, касающимися эффективности этих работ, которые, на наш взгляд, изучены недостаточно.

В данной работе поставлена задача по изучению влияния организационно-технологических факторов на трудоемкость T и себестоимость C производства бетонных работ при возведении зимой монолитных конструкций с использованием основных методов электротермообработки бетона. С этой целью были отобраны необходимые статистические данные, проведены эксперименты в производственных условиях и выполнены технико-экономические расчеты по определению показателей трудоемкости и себестоимости. Их значения определялись по сумме всех затрат, приходящихся на 1 м^3 уложенного бетона с учетом расходов, связанных с зимними удорожаниями. Стоимость бетонной смеси в расчет не включалась.

Исследования проводились экспериментально-статистическим методом с использованием следующих факторов: R — требуемая прочность бетона, % от

R_{28} ; M – модуль поверхности конструкции, m^{-1} ; $t_{н.в}$ – температура наружного воздуха, $^{\circ}C$. В результате было установлено, что показатели трудоемкости и себестоимости для всех методов электротермообработки во многом зависят от массивности бетонируемых конструкций. Так, например, если при электродном прогреве трудозатраты на производство работ по бетонированию фундаментов ($M = 2$) составили $14,87$ чел.-ч/ m^3 и себестоимость $15,45$ руб/ m^3 , то для менее массивных конструкций ($M = 14$) эти показатели возросли соответственно до $23,0$ чел.-ч и $36,0$ руб. на $1 m^3$ уложенного бетона (рис. 1,2).

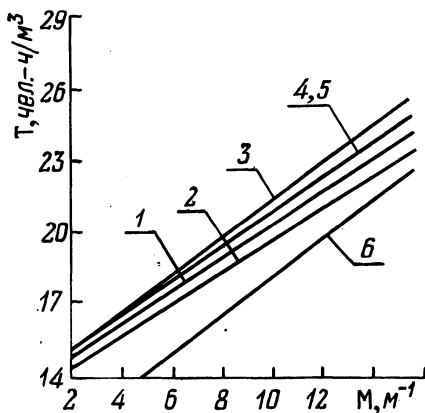


Рис. 1. Трудоемкость бетонных работ в зависимости от применяемого метода электротермообработки при $t_{н.в} = -20^{\circ}C$; $R = 50\%$:

1 – электродный прогрев; 2 – периферийный электропрогрев; 3 – греющая опалубка; 4 – инфракрасный прогрев; 5 – индукционный прогрев; 6 – предварительный электроразогрев.

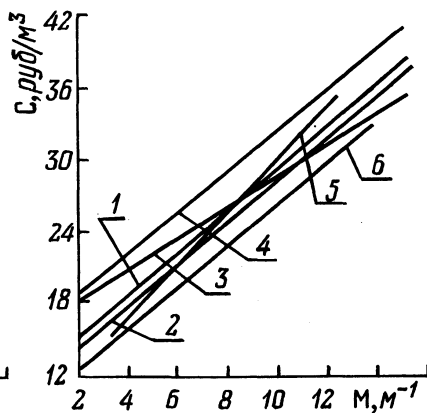


Рис. 2. Себестоимость бетонных работ в зависимости от применяемого метода электротермообработки при $t_{н.в} = -20^{\circ}C$; $R = 50\%$ (все обозначения см. в подписи к рис. 1).

Аналогично наблюдается определенный рост этих значений, когда мы стремимся обеспечить повышенную прочность бетона за счет интенсивности и продолжительности электропрогрева. Однако несмотря на это, универсальность и возможность применения электродного метода для возведения многих разновидностей монолитных конструкций при любых отрицательных температурах с обеспечением в короткие сроки необходимой прочности бетона ставят этот метод в число самых распространенных и надежных. Поэтому задача дальнейшего его эффективного применения должна сводиться к правильному использованию этих преимуществ.

Разновидностью электродного прогрева является периферийный электропрогрев бетона в конструкциях. Он характеризуется периферийным размещением электродов в бетонируемой конструкции, что чаще обеспечивается их нашивкой на поверхность опалубки, граничащей с бетоном.

В связи с тем что прогрев бетона здесь осуществляется только в периферийных (приэлектродных) зонах, трудозатраты и себестоимость соответственно снижаются на 1,4–1,6 чел.-ч/м³ и 0,8 – 16 руб/м³. При четком и правильном контроле за прогревом это дает возможность получить в целом значительные преимущества.

В последние годы широкое распространение при бетонировании монолитных конструкций получил метод выдерживания уложенного бетона в греющей опалубке. С использованием греющей опалубки чаще бетонируются стены и перегородки зданий толщиной до 50 см.

Как показывает опыт применения таких опалубок, в монолитном домостроении они обеспечивают надежное качество работ. Вместе с тем необходимость использования кранового оборудования на сборке и монтаже опалубки и значительных затрат труда на изготовление щитов приводят к тому, что общая себестоимость и трудоемкость бетонных работ повышаются на 0,4–2,5 руб/м³ и 1,5–1,8 чел.-ч/м³ в сравнении с периферийным электропрогревом (рис. 1,2).

Определенной простотой в сравнении со способами, в которых для нагрева применяются электроды, отличается метод электротермообработки бетона с помощью инфракрасных излучателей. Для тонкостенных конструкций трудоемкость работ в этом случае оказывается чаще ниже, чем при электропрогреве. Однако необходимость устройства и эксплуатации дорогостоящих излучательных устройств и значительные потери тепла при прогреве конструкций в окружающую среду приводят к тому, что общая себестоимость работ становится высокой. Например, при возведении железобетонных перегородок толщиной 14 см (без учета стоимости бетона) себестоимость составила 24,05 руб/м³. Вместе с тем отдельные примеры бетонирования и выдерживания конструкций в закрытых помещениях (защищенных от ветра) показывают, что себестоимость работ снижается до 15%. Видимо, целесообразность применения инфракрасного обогрева в каждом отдельном случае следует рассматривать с учетом конкретных производственных условий.

Для прогрева каркасных конструкций, возводимых в металлической опалубке, нередко применяется индукционный способ, который обеспечивается с помощью электроиндукционных устройств, монтируемых вокруг наружной поверхности опалубки. Опыт бетонирования таких конструкций на многих стройках страны показывает, что с применением индукционного метода сокращается расход стали и коммутационных электропроводов за счет исключения электродов. Это позволяет экономить от 2 до 3 руб/м³ бетона.

Вместе с тем необходимость устройства индуктора и поддерживающих деревянных каркасов для каждой бетонируемой конструкции приводят к тому, что затраты труда часто остаются такими же, как и при инфракрасном электропрогреве. Несмотря на это, в целом индукционный метод в достаточной мере эффективен и его целесообразно применять при бетонировании каркасных конструкций.

Значительной эффективностью применения отличается метод предварительного электроразогрева бетонной смеси перед укладкой. Сущность его — в форсированном предварительном разогреве бетонной смеси электрическим

током промышленной частоты в течение 5–15 мин, укладке и уплотнении ее с последующим выдерживанием в опалубке.

Производственный опыт и проведенные исследования показывают, что при правильном соблюдении организационно-технологических особенностей этого метода можно добиться значительных преимуществ в сравнении с другими методами. Например, трудовые затраты при бетонировании фундаментов ($M = 4$) и элементов перекрытий ($M = 10, 16$) снижаются по сравнению с трудовыми затратами при индукционном методе от 2 до 10 чел.-ч/м³ (рис. 1). При этом с увеличением абсолютных значений модуля поверхности конструкций и температуры наружного воздуха затраты в определенной мере возрастают. Установлено также, что показатель себестоимости здесь изменяется аналогично и в сравнении с индукционным прогревом его значения снижаются на 2–3 руб/м³. Наряду с этим следует отметить как недостаток необходимость разогрева смеси перед укладкой в условиях строительных площадок. Это замедляет процесс укладки бетона, и в то же время за счет форсированного роста его прочности в период выдерживания в опалубке общая продолжительность работ во многих случаях становится меньшей в сравнении с другими методами электротермообработки.

Таким образом, эффективность каждого из рассмотренных методов по показателям трудоемкости и себестоимости производства работ различна и зависит от многих организационно-технологических факторов. Поэтому необходимо на всех стадиях технологического процесса, начиная от подготовки исходных материалов и кончая завершающей стадией — распалубкой, рационально использовать эти факторы и весь комплекс технологических приемов, приводящих к повышению эффективности производства работ.

Для оценки их влияния на трудоемкость и себестоимость, а также для обоснования при выборе методов электротермообработки бетона ниже приводятся полученные в результате исследований уравнения. С их помощью можно в короткие сроки определить ожидаемые показатели.

1. Электродный прогрев:

а) трудоемкость производства бетонных работ, чел.-ч/м³

$$\ln y_1 = 2,0238 + 0,1030 \ln x_1 + 0,2522 \ln x_2 + 0,075 \ln x_3,$$

где x_1 — требуемая прочность бетона, % от R_{28} ; x_2 — модуль поверхности конструкции, м⁻¹; x_3 — температура наружного воздуха, °С.

Для всех других уравнений значения этих символов аналогичны и поэтому не приводятся;

б) себестоимость работ без учета стоимости бетонной смеси, руб/м³

$$\ln y_2 = 1,7825 + 0,0713 \ln x_1 + 0,4651 \ln x_2 + 0,1568 \ln x_3.$$

2. Периферийный электропрогрев:

а) трудоемкость работ, чел.-ч/м³

$$\ln y_1 = 1,9978 + 0,0839 \ln x_1 + 0,2626 \ln x_2 + 0,0820 \ln x_3;$$

б) себестоимость работ, руб/м³

$$\ln y_2 = 1,7575 + 0,0632 \ln x_1 + 0,4749 \ln x_2 + 0,1569 \ln x_3.$$

3. Прогрев бетона в греющей опалубке:

а) трудоемкость работ, чел.-ч/м³

$$\ln y_1 = 2,1618 + 0,0903 \ln x_1 + 0,2598 \ln x_2 + 0,0539 \ln x_3;$$

б) себестоимость работ, руб/м³

$$\ln y_2 = 2,5924 - 0,058 \ln x_1 + 0,3152 \ln x_2 + 0,0701 \ln x_3.$$

4. Инфракрасный прогрев:

а) трудоемкость работ, чел.-ч/м³

$$\ln y_1 = 2,1379 + 0,0792 \ln x_1 + 0,2591 \ln x_2 + 0,0509 \ln x_3;$$

б) себестоимость работ, руб/м³

$$\ln y_2 = 2,085 + 0,1171 \ln x_1 + 0,3602 \ln x_2 + 0,1148 \ln x_3.$$

5. Индукционный прогрев:

а) трудоемкость работ, чел.-ч/м³

$$\ln y_1 = 1,6601 + 0,0494 \ln x_1 + 0,5293 \ln x_2 + 0,0492 \ln x_3;$$

б) себестоимость работ, руб/м³

$$\ln y_2 = 1,4875 + 0,1129 \ln x_1 + 0,588 \ln x_2 + 0,0945 \ln x_3.$$

6. Предварительный электропрогрев:

а) трудоемкость работ, чел.-ч/м³

$$\ln y_1 = 1,8305 + 0,1117 \ln x_1 + 0,3142 \ln x_2 + 0,0315 \ln x_3 - 0,0215 \ln x_4,$$

где x_4 — температура разогретой смеси перед укладкой, °C;

б) себестоимость работ, руб/м³

$$\ln y_2 = 1,678 + 0,0503 \ln x_1 + 0,5379 \ln x_2 + 0,1694 \ln x_3 + 0,0116 \ln x_4.$$

УДК 624.045.012

Л.И.ИЛЬЧЕВ, канд.техн.наук,
Т.Н.МАЛАШ, ассист. (БПИ)

СОСТАВЛЯЮЩАЯ ТРАНСПОРТНЫХ ЗАТРАТ ФУНКЦИИ СТОИМОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

В общем виде затраты на перевозку сборных железобетонных конструкций от завода-изготовителя до стройплощадки, согласно [1], определяются по формуле