

УДК 693.5+666.972

**ПРИНЦИПЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАСЧЕТА
ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ
МОНОЛИТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА**

*к.т.н., доц. Чуб А. А., к.т.н., доц. Малеваный И. В., асп. Мурзич И. Ю.
Запорожская государственная инженерная академия*

Актуальность работы и постановка проблемы. Значительное количество построенных железобетонных сооружений с высокими требованиями к бетону по морозостойкости (конструкций мостов, мелиоративных, морских и других сооружений) уже через 20–30 лет эксплуатации разрушаются и требуют восстановления несущей способности. Проблему существенного повышения морозостойкости бетона при строительстве железобетонных сооружений можно решить путем формирования высокоморозостойкого поверхностного слоя в бетоне, применяя автоматизированный расчет организационно-технологических решений производства работ и высокоморозостойкие составы бетона.

Анализ проведенных в последние годы исследований. Исследования, представленные в настоящей статье, идут в развитие научно-прикладной теории, изложенной в работе [1]. Других исследований в области комплексного решения проблемы существенного повышения морозостойкости бетона конструкций и сооружений при их строительстве, ремонте и восстановлении, путем формирования высокоморозостойкого поверхностного слоя в бетоне не проводилось [2–5].

Цель настоящей статьи — показать возможность установления закономерностей организационно-технологических параметров, обеспечивающих существенное повышение морозостойкости поверхностного слоя в бетоне при его формировании, в процессе строительства железобетонных сооружений, с применением методов программирования. Необходимость применения автоматизированных методов расчета обусловлена разнообразием бетонируемых сооружений: линейно-протяженных, рассредоточенных и т.д.

Изложение основного материала.

Организационно-технологические решения производства работ по формированию высокоморозостойкого поверхностного слоя в бетоне при строительстве железобетонных сооружений должны быть разработаны с учетом необходимости создания модифицированной комплексными химическими добавками компенсирующей процессы льдообразования переходной зоны между слоями бетонных смесей, что обеспечит их работу в эксплуатационных условиях как структурно-целостного материала. Для этого должны быть определены методы послойной укладки бетонных смесей, состав, последовательность выполнения работ и их качество, а также строгие временные параметры, определяющие начало и окончание работ каждого процесса, с разработкой вариантов организации специализированного потока производства работ, в зависимости от их объема и типа применяемых машин и механизмов. Определение морозостойких составов бетона следует производить на основе

характеристик бетонных смесей, определяющих условия их приготовления, доставки, укладки и уплотнения, а также эксплуатационные свойства бетона: прочность, морозостойкость и др. Наиболее приемлемыми в этом плане являются такие характеристики бетонных смесей как концентрация цемента, концентрация жидкой фазы и коэффициент нормальной густоты цементного теста в бетонной смеси.

Разработанные параметры организационно-технологических решений формирования высокоморозостойкого слоя в бетоне, обеспечивающие его высокую морозостойкость, удается соблюдать практически при выполнении любых объемов работ. Для этих целей авторами работы предложена специальная программа, суть которой заключается в следующем.

При проектировании организационно-технологических параметров строительства железобетонных сооружений, в зависимости от их вида и объема (сосредоточенные, рассредоточенные объекты, линейно-протяженные и т.д.) решаем следующие задачи. Разрабатывается алгоритм расчета потребности в машинах и механизмах по конкретным исходным данным. Разрабатывается приложение Excel с использованием языка программирования VBA, для автоматизированного расчета параметров организационных решений.

Устанавливаются сроки строительства, то есть определено количество доступных рабочих смен, с учетом выходных, праздничных и непогодных дней. В этом случае рассчитывается количество маш. смен и механизмов, а также состав комплексной бригады, необходимой для выполнения заданного объема работ в заданные сроки.

Решение поставленной задачи рассмотрим на примере строительства автомобильной дороги с жестким бетонным высокоморозостойким покрытием. В данной задаче технологический процесс бетонирования жесткого дорожного покрытия рассматривается как самостоятельный комплексный технологический процесс и рассматривается как ведущий. Все работы: подготовительные, земляные, устройство дорожного основания и др., выполняются самостоятельными частными потоками, предшествующими ведущему комплексному технологическому процессу, в настоящей задаче не рассматриваются. Решение ситуативной задачи по определению оптимальных организационных параметров бетонирования дорожного покрытия с высокоморозостойким поверхностным слоем сводится к определению конкретных требуемых значений. При этом определяется оптимальное расстояние между стоянками циклично-перемещающегося бетонного мини-завода и его расстояние от бетонизируемого дорожного полотна, при котором стоимость доставки бетонной смеси стремится к минимуму.

Алгоритм расчета.

На основании исходных данных и директивных сроков строительства, определяется количество доступных смен ($T_{см. дост.}$). С учетом выходных, праздничных и непогодных дней. Определяем необходимое количество постоянно работающих бетоноукладчиков ($N_{б\dot{y}}$).

$$N_{б\dot{y}} = \frac{L \cdot d_1 \cdot d_2 \cdot K}{P_{б\dot{y}} \cdot T_{см. дост.}}, \quad (1)$$

где: L ; d_1 ; d_2 , соответственно: длина, ширина и толщина дорожного полотна; $K=1,05$ — коэффициент увеличения требуемого расхода бетонной смеси, в связи с ее уплотнением; $P_{\text{б\у}}$ — необходимая сменная производительность бетоноукладчиков.

Полученное число $N_{\text{б\у}}$, округляем вверх, с увеличением до целого числа и пересчитываем количество смен, которое необходимо отработать комплекту бетоноукладчиков для бетонирования всего дорожного полотна ($T_{\text{см.ф.}} \leq T_{\text{доств.}}$).

$$T_{\text{см.ф.}} = \frac{L \cdot d_1 \cdot d_2 \cdot K}{P_{\text{б\у}} \cdot N_{\text{б\у}}} \quad (2)$$

Учитываем простои, связанные с перемещением бетонного мини-завода (T_n).

$$T_n = T_{\text{см.ф.}} + \frac{L}{l_1} \cdot T_{\text{пер}} \leq T_{\text{см.доств.}} \quad (3)$$

где: L/l_1 — количество перемещений (l_1 — длина участка дороги, бетониремая с одной стоянки бетонного мини-завода); $T_{\text{пер}}$ — количество смен, необходимых для одного перемещения (принимаем одну смену). Стоимость доставки бетонной смеси для бетонирования дорожного полотна всей дороги (F) определяется формулой:

$$F = N_{\text{б\з}} \cdot T_{\text{см.ф.}} \cdot C_{\text{б\з}} + \frac{L}{l_1} \cdot C_{\text{пер.}} \quad (4)$$

где: $N_{\text{б\з}}$ — количество бетоновозов; $C_{\text{б\з}}$ — сменная стоимость бетоновоза; $C_{\text{пер.}}$ — стоимость перемещения бетонного мини-завода. В этой формуле, величина l_1 — является переменной. Следует определить ее оптимальное значение, при которой F будет минимальна. Для этого, производим расчет потребности в транспортных средствах, то есть в бетоновозах.

Учитывая, что объем бетона, требующегося для укладки первого слоя составляет до 70% от общего объема бетона, расчет потребности в бетоновозах ведем для наиболее загруженной части смены. То есть $\frac{1}{2}$ времени смены, когда укладываем первый слой. Определяем количество бетонной смеси Q , которое требуется перевезти ко всем бетоноукладчикам за время, равное $\frac{1}{2}$ смены, при бетонировании нижнего слоя.

$$Q = \frac{d_n}{100} \cdot P_{\text{б\у}} \cdot N_{\text{б\у}} \quad (5)$$

где d_n — толщина нижнего слоя, в %.

Далее определяем время в часах ($T_{N_x N_{\text{б\у}}}$) необходимое, чтобы выполнить все ходки бетоновозов ко всем бетоноукладчикам.

$$T_{N_x N_{\text{б\у}}} = N_x \cdot N_{\text{б\у}} \cdot (2 \cdot t_1 + 2 \cdot t_2) + \frac{S}{1000 \cdot v} \quad (6)$$

где: N_x — количество ходок к одному бетоноукладчику; $N_{\text{б\у}}$ — количество бетоноукладчиков; t_1 — время погрузки-разгрузки; t_2 — время маневра; v — средняя скорость по объекту; S — суммарный пробег бетоновозов за время $\frac{1}{2}$ наиболее загруженной смены ко всем бетоноукладчикам.

Определяем S как функцию номера ходки, смены и бетоноукладчика.

$$S = f(n_x; n_{см}; n_{б\ddot{y}}), \quad (7)$$

где: $n_x; n_{см}; n_{б\ddot{y}}$ — номера ходки, смен и бетоноукладчика, соответственно, на участке, обслуживаемом с одной стоянки бетонного мини-завода.

Ищем максимальное значение функции на области допустимых значений. Затем определяем количество машино-смен бетоновозов ($T_{б\ddot{в}}$), при укладке нижнего слоя бетона, то есть за время, равное $1/2$ смены.

$$T_{б\ddot{в}} = \frac{T_{N_x N_{б\ddot{y}}}}{7,8}. \quad (8)$$

Общее количество бетоновозов ($N_{б\ddot{в}}$), необходимых для обеспечения непрерывного цикла производства работ в течении рабочей смены, составит

$$N_{б\ddot{в}} = 2 \cdot T_{б\ddot{в}}, \quad (9)$$

Затем, подставляем значение $N_{б\ddot{в}}$, в формулу 4 и определяем l_1 , при котором целевая функция $F \rightarrow \min$.

На основании разработанного алгоритма расчета создаем приложение Excel и определяем числовые значения организационных параметров по введенным конкретным исходным данным, путем автоматизированного расчета исходных данных, с помощью специально разработанной программы.

Выводы. В работе показана возможность проектирования организационно-технологических параметров формирования высокоморозостойкого поверхностного слоя в бетоне при строительстве любых железобетонных сооружений с высокими требованиями к бетону по морозостойкости, с применением методов автоматизированного расчета.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Чуб А. А. Основы технологии ремонта и строительства бетонных железобетонных сооружений с высокоморозостойким поверхностным слоем: монография / А. А. Чуб. — Запорожье: ЗГИА, 2010. — 360 с.
2. Васильев А. П. Строительство и реконструкция автомобильных дорог. Справочная энциклопедия дорожника (СЭД). / А. П. Васильев, Б. С. Марышев, В. В. Силкин [и др.]. — М. : Информавтор, 2005. — Т.1 — 185 с.
3. Горельшев Н. В. Технология и организация строительства автомобильных дорог / Н. В. Горельшев, С. М. Полосин-Никитин, М. С. Коганзон [и др.]. — М. : Транспорт, 1992. — 552 с.
4. Автомобильные дороги России на рубеже веков. Цифры и факты: справ.-ил. материал / Гос. служба дор. хоз-ва (Росавтодор) Минтранса России. — М., 2001. — 125 с.
5. Могила Ю. В. Формування концепції ситуативного управління будівництвом монолітних залізобетонних житлових споруд в Україні / Ю. В. Могила // Містобудування та територіальне планування. — К. : КНУБА, 2009. — Випуск №34. — С. 213–217.