

УДК 693.55

**АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ РАСЧЕТ СМЕННОГО ЗАДАНИЯ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ И МОНОЛИТНОГО БЕТОНИРОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ СООРУЖЕНИЙ**

*д.т.н., доц. Чуб А.А., к.т.н. Малёванный И.В., асп. Мурзич И.Ю.,  
маг. Кузнецова К.А.*

*Запорожская государственная инженерная академия*

**Постановка проблемы.** Существующие методы технологического проектирования комплексных процессов восстановления железобетонных сооружений и их монолитного бетонирования не охватывают современных возможностей к технологии и организации производства работ. В результате чего затраты за эксплуатационный период на текущий и капитальный ремонт увеличивают их балансовую стоимость более чем в два раза. Необходимо искать новые методы организации производства работ, позволяющие научно-обоснованно определять сменное задание и его составляющих параметров, с учетом степени разрушения восстанавливаемой поверхности железобетонного сооружения [1].

**Анализ проведенных в последние годы исследований** показывает, что организационно-технологические решения строительства и восстановления железобетонных сооружений не имеют единой научно-обоснованной методологии. Технологические решения восстановления не учитывают условий работы восстановленного слоя бетона как структурно-целостного материала, нет автоматизированных методов определения объемов работ, сменного задания и т. д. [2–5].

**Целью данной работы** является разработка метода автоматизированного планирования сменного задания при восстановлении железобетонных сооружений высокоморозостойким поверхностным слоем бетона методом мокрого торкретирования, с высокой однородностью бетона по прочности и морозостойкости, а также их монолитного строительства.

Предложено и использовано в дальнейшей работе, для оценки степени разрушения железобетонных конструкций, с целью проектирования технологических и организационных решений их восстановления, использовать четыре степени разрушения конструкций и четыре категории трудоемкости их восстановления. Первая степень — разрушение бетона до несущей арматуры; вторая степень — разрушение бетона до оголения несущей арматуры на всю ее толщину; третья степень — разрушение бетона в глубину массива конструкций, с полным оголением несущей арматуры и образованием полостей; четвертая степень — разрушение бетона с образованием сквозных отверстий и проемов в конструкциях. Каждому критерию оценки степени разрушения поверхностного слоя бетона конструкций соответствует категория трудоемкости его восстановления, соответственно: первая категория трудоемкости восстановления

поверхностного слоя бетона; вторая категория трудоемкости; третья категория трудоемкости; четвертая категория трудоемкости.

Разрабатываем алгоритм расчета продолжительности частных технологических процессов, составляющих комплексный технологический процесс восстановления железобетонных сооружений методом мокрого торкретирования и производных параметров, таких как количество делянок в смену, площадь делянки, объем работ и объем бетонной смеси за смену.

Самое важное в условии этой задачи — необходимость учета технологических требований к выполнению частных технологических процессов: их качеству; продолжительности; последовательности; соблюдению времени по минутам, между отдельными процессами; определения необходимого качества исходных материалов и состава бетона; учету сроков схватывания цементного теста в бетонной смеси; количеству отскока; степени разрушения железобетонного сооружения, категории трудоемкости его восстановления; мощности для производства работ и др.

Основное требование соблюдения этих условий обеспечит технологию формирования высококоррозостойкого поверхностного слоя в бетоне с образованием компенсирующего переходного слоя в восстанавливаемом бетоне, пропитанным комплексной химической добавкой, и слоем срастания активированного цементного камня, в восстанавливаемом бетоне, с цементом нового, восстановленного слоя бетона. Только соблюдение этих технологических и организационных условий обеспечит совместную работу слоев бетона как структурно-целостного материала.

Алгоритм расчета представляем как решение задачи методом последовательного перебора допустимых значений переменных.

Процесс восстановления железобетонного сооружения рассматривается в следующих условиях определяется: степень разрушения поверхностного слоя бетона и трудоемкость работ в маш. часах на единицу измерения ведущей машины; объем работ; технология производства работ, их состав и последовательность, условия взаимодействия между работами, сроки начала и окончания схватывания цементного теста в бетонной смеси. То есть, учитываем все необходимые условия технологии производства работ, обеспечивающие совместную работу слоев бетона как структурно-целостного материала.

Необходимо определить:

Поминутный график производства работ и объем сменной выработки в  $m^2$ .

Алгоритм расчета.

Сменное задание делится на делянки. Задаем площадь делянки как целевую функцию  $S_{omm}$ ,  $m^2$ .

Определяем длительность работ на делянке: опескоструивание ( $t_1$ ); продувка горячим воздухом ( $t_2$ ); пропитка бетона водным раствором комплекса химических добавок ( $t_3$ ); торкретирование ( $t_4$ ).

Определяем суммарную продолжительность работ на делянке ( $T$ ).

$$T = t_1 + t_2 + 3 \cdot t_3 + 2 \cdot t_4 + t_5, \quad (1)$$

где  $3 \cdot t_3$  — последовательно пропитываем поверхность бетона три раза;  $2 \cdot t_4$  — вторая степень разрушения поверхностного слоя бетона, торкретируем в два слоя;  $t_5$  — время технологического перерыва между торкретированием первого и второго слоя, которое зависит от сроков начала и окончания схватывания цементного теста в бетонной смеси.

Ищем максимум значения целевой функции  $S_{opt}$  на области допустимых значений.

Определяем количество делянок в  $\frac{1}{2}$  смену ( $N_{дел.}$ ).

$$N_{дел.} = \frac{247.5 - (t_1 + t_2 + t_3)}{2 \cdot t_4 + t_5}, \quad (2)$$

где 247.5 — время работы в течение  $\frac{1}{2}$  смены, мин.

Округляем  $N_{дел.}$  вниз, до целых. Если образуется излишек времени, вводим дополнительный технологический перерыв между делянками.

Определяем количество делянок в смену ( $N_{см.}$ ).

$$N_{см.} = 2 \cdot N_{дел.} \quad (3)$$

Определяем площадь восстанавливаемой поверхности, в данном примере второй степени разрушения поверхностного слоя бетона, за смену ( $S$ ).

$$S = S_{opt} \cdot N_{см.} \quad (4)$$

Определяем необходимый объем бетонной смеси  $V_{бс.}$  с учетом ее уплотнения и отскока в процессе торкретирования.

$$V = S \cdot h \cdot K_1 \cdot K_2 \quad (5)$$

где  $h$  — толщина слоя;  $K_1$  — коэффициент на уплотнение;  $K_2$  — коэффициент отскока, в зависимости от степени разрушения восстанавливаемой поверхности.

Затем определяем количество бетонной смеси, необходимой на восстановление всего объекта.

С помощью разработанной программы определяем количественные значения рассматриваемых параметров (см. табл. 3), по введенным конкретным исходным данным (см. табл. 1), с учетом коэффициента трудоемкости работ, определяемого степенью разрушения поверхностного слоя бетона (см. табл. 2). Автоматически выдается (распечатывается) и график производства работ на делянках и захватке в целом (в настоящей статье не приводим).

Таблица 1

Исходные данные

Название работы	ЕНиР	Единицы измерения		Трудоемкость по ведущей машине, маш-час			$K_{тр}$
				Стены	Потолки	Полы	
Опескоструивание	РЕКН	100	м <sup>2</sup>	10.08	12.50	8.07	1.0
Продувка	19-41	100	м <sup>2</sup>	4.24	5.20	3.35	1.0
Пропитка	8-1-15	100	м <sup>2</sup>	0.70	0.85	0.56	1.0
Торкретирование	РЕКН	100	м <sup>2</sup>	11.34	14.06	9.07	1.0

Приготовление бетона	4-14-7	1	м <sup>3</sup>	1.02	1.02	1.02	1.0
----------------------	--------	---	----------------	------	------	------	-----

Таблица 2

*Коэффициенты трудоемкости работ*

Наименование работы	Коэффициент трудоемкости, $K_T$			
	Степень разрушения поверхностного слоя бетона			
	1	2	3	4
Опескоструивание	0.95	1.0	1.4	1.6
Продувка горячим воздухом	0.95	1.0	1.5	1.7
Пропитка водным раствором хим. добавок	0.95	1.0	1.4	1.8
Торкретирование	0.95	1.0	1.6	1.8
Приготовление бетонной смеси	1.0	1.0	1.0	1.0

Таблица 3

*Расчетные количественные значения рассматриваемых параметров*

Название работы	Продолжительность работ, мин		
	Стены	Потолки	Полы
Опескоструивание	37	37	37
Продувка	15	15	15
Пропитка за 3 раза	9	9	9
Торкретирование 1-й слой	41	42	42
Торкретирование 2-й слой	41	42	42
Приготовление бетона	10	8	11
Техноперерыв после делянки	11	9	9
Время работ на делянке	143	145	145
Количество делянок в смену, шт	4	4	4
Площадь делянки, м <sup>2</sup>	6.09	4.96	7.71
Объем работ за смену, м <sup>2</sup>	24.36	19.84	30.84
Объем бетона на делянку, м <sup>3</sup>	0.15	0.13	0.18
Объем бетона за смену, м <sup>3</sup>	0.61	0.52	0.71
Количество смен на восстанавливаемый объем, смены	5	4	5

В результате регулирования технологическими параметрами восстановления железобетонных сооружений методом мокрого торкретирования, такими как: скорость выхода из сопла мелкозернистой бетонной смеси; расстояние сопла до восстанавливаемой поверхности; диаметр сопла; фракции заполнителя бетонной смеси и других параметров, удастся уменьшить количество отскока и повысить однородность восстановленного слоя бетона по прочности и по морозостойкости (см. рис. 1).

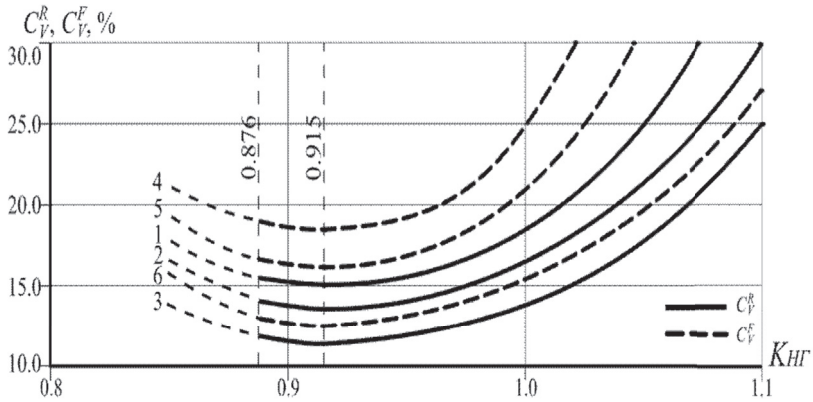


Рис. 1. Зависимости коэффициентов вариации восстановленного слоя бетона по прочности ( $C_V^R$ ) и морозостойкости ( $C_V^F$ ) от  $K_{HH}$  цементного теста в мелкозернистых бетонных смесях. 1; 2; 3, отношение Ц/П, соответственно: 0.25; 0.5; 0.75.

**Выводы.** Предложенный алгоритм и метод автоматизированного расчета сменного задания, при восстановлении железобетонных сооружений, позволяет определить оптимальные параметры организационно-технологических решений, обеспечивающих высокую однородность бетона восстановленного слоя по прочности и морозостойкости.

### 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. Руководство по применению торкрет – бетона при возведении, ремонте и восстановлении строительных конструкций зданий и сооружений. – М. : ОАО ЦНИИПромиздат, 2007. – 31 с.
3. ТУ 5745-001-16216892-06. Торкрет-бетон. – М. : ЗАО “Служба защиты сооружений”, 2006. – 10 с.
4. Мазурак А.В. Вплив технологічних чинників на міцність торкрет-бетону / А.В. Мазурак, Я.А. Балабух // Вестник, Львівська політехніка, №655. — Л: ЛПУ, 2009. — С. 34–39.
5. Коваль П.М. Оцінка зчеплення торкрет-бетону при ремонті бетонних та залізобетонних конструкцій / П.М. Коваль, А.Є. Фаль, А.В. Мазурак // 36. «Дороги і мости», вип. 11. – К.: ДерждорНДІ, 2009, С. 157–163.