

1975. – 106 с.

3. **Афанасьев Н. Ф.** Технология бетонных и железобетонных изделий с непрерывным электроразогревом бетонных смесей: дисс. д-ра тех. наук: 05.23.05 / Афанасьев Николай Фирсович. – Луганск. – 1997. – 351 с.

4. **Колчеданцев Л. М.** Интенсификация бетонных работ на основе термовиброобработки смесей: дисс. д-ра техн. наук: 05.23.08 / Колчеданцев Леонид Михайлович. – Санкт-Петербург. – 2002. – 312 с.

5. **Кузьмин И. Б.** Синергобетонирование монолитных конструкций пароразогретыми в автобетоносмесителях смесями: монография / Владимир : Владим. гос. ун-т, 2011. – 248 с.

6. **Мионов С. А.** Теория и методы зимнего бетонирования. 2-е изд, доп. и перераб. – М. : Гос. издат. лит. по строит. и архитект., 1956. – 405 с.

7. **Шаленний В. Т.** Дослідження ефективності зведення монолітних залізобетонних конструкцій каркасу торгово-демонстраційного комплексу «Miriada» у зимових умовах / В. Т. Шаленний, О. А. Біцоева, І. В. Яременко // *Строительство, материаловедение, машиностроение: Сб. науч. трудов.* – Д. : ПГАСА, 2009. – Вып. 49 – С. 17 – 21.

8. Строительные нормы и правила. Несущие и ограждающие конструкции: СНиП 3.03.01-87. введ. 1988-07-01. – М. : Госстрой СССР, 1988. – 190 с.

9. Рекомендации по применению в зимних условиях бетонных смесей, предварительно разогретых электрическим током. – М. : Стройиздат, 1969. – 32 с.

10. Руководство по электротермообработке бетона. – М. : Стройиздат, 1974. – 245 с.

11. Руководство по производству бетонных работ в зимних условиях в районах Дальнего Востока, Сибири и Крайнего Севера / ЦНИИОМТП Госстроя СССР. – М. : Стройиздат, 1987. – 213 с.

УДК 693.5 : 666

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ МОНОЛИТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА МЕТОДАМИ ТЕХНИЧЕСКОГО НОРМИРОВАНИЯ

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

Ключевые слова: монолитное строительство, хронометраж, трудоемкость, норма времени, статистические данные

Постановка проблемы. Актуальность работы обусловлена необходимостью оптимизации технологического проектирования монолитного строительства железобетонных сооружений, сокращения сроков строительства, трудоемкости, стоимости производства работ и др.

При разработке технологических карт и проектов производства работ на комплексно-механизированные строительные процессы, при определении эксплуатационной производительности ведущих машин (или комплекта машин), в конкретных методах и способах производства работ возникает необходимость использования значений пооперационных затрат труда. Нормативные документы дают нормативы затрат ручных операций и машинного времени в зависимости от вида бетонируемых конструкций и не учитывают возможных резервов времени в зависимости от реальных условий производства работ, подвижности применяемых бетонных смесей (от литых до особо жестких), широкой разновидности применяемой опалубки, способов армирования; подачи бетонных смесей и др. При оптимально запроектированном технологическом процессе производства работ производительность может быть увеличена по сравнению с нормативной.

В результате проведенного **анализа современных исследований** технологий монолитного строительства железобетонных сооружений установлено, что существующие методы организационно-технологического проектирования не охватывают современных возможностей оценки трудоемкости производства работ, продолжительности и стоимости строительства в зависимости от типа строящегося объекта, вида применяемой опалубки, характеристик применяемых бетонных смесей и других факторов [1 – 5].

Цель настоящих исследований заключается в научном обосновании применения статистического метода технического нормирования трудоемкости производства работ при монолитном строительстве. Строительные компании, специализирующиеся на возведении

однотипных объектов, могут иметь существенный экономический эффект в результате оптимизации затрат труда. Любая строительная организация должна уметь научно обосновать и установить свой внутренний норматив затрат ручного труда и машинного времени производства работ, а от него перейти к оплате труда. Эти данные можно получить конкретным исследованием строительных процессов, используя метод технического нормирования труда рабочих, в частности хронометраж, с последующей обработкой полученных данных методами математической статистики.

Хронометражу на строительной площадке предшествует подготовительная работа, в которую входит: ознакомление с нормалью процесса производства работ, выявление недостатков на исследуемом объекте, выбор места наблюдения, формы и точности записи показателей. После подготовительных работ проводят наблюдения, обработку данных, анализ результатов и разрабатывают рекомендации по использованию полученных результатов в решении поставленной задачи. При выборочном хронометраже и цикличной обработке результатов запись времени замеров производят в технологической последовательности. При проведении хронометража следует пропускать 2 – 3 цикла до следующего наблюдения при «л» наблюдениях в ряду. Точность замеров времени операций 0,2 с (при непрерывном хронометраже – до 1 с). Число циклов в каждом хронометражном наблюдении определяется в соответствии с заданной точностью E арифметической середины в процентах и зависит от средней продолжительности одного цикла (см. табл. 1).

Таблица 1

Минимальное число циклов в хронометражных наблюдениях

При средней продолжительности одного цикла, мин	до 1	до 2	до 5	до 10	более 10
Минимальное число циклов в наблюдениях должно быть	21	15	10	7	5

После получения ряда показателей затрат времени производится их очистка от грубоошибочных наблюдений, а затем математическая проверка ряда.

По предельным значениям показателей ряда – $\lim a_{min}$ и $\lim a_{max}$, если коэффициент разброса K_p ($K_p = a_{max} / a_{min}$) находится в пределах $1,3 \div 2,0$. Методом относительной средней квадратичной ошибки, если $K_p > 2,0$. Не проводится при $K_p < 1,3$, что свидетельствует об устойчивости ряда. После проверки и очистки ряда находится арифметическая середина a_{cp} , которая является показателем затрат времени на ту или иную операцию исследуемого процесса.

Например, в результате наблюдений получен ряд показателей «а» затрат времени на одну из операций процесса из 10 циклов (при времени цикла до 5'): 28"; 14"; 16"; 12"; 14"; 18"; 17"; 16"; 15".

Грубо ошибочным наблюдением является первое – 28", которое исключаем.

Коэффициент разброса: $K_p = a_{max} / a_{min} = 18 : 12 = 1,5$, что находится в пределах $1,3 \div 2,0$. Следовательно, необходимо провести проверку по допустимым предельным значениям показателей ряда:

$$\begin{aligned} \lim a_{max} &= a_{cp.max} + K(a_{max} - a_{min}) = 14,6 + 1,1(17-12) = 20,1, \\ \lim a_{min} &= a_{cp.min} + K(a_{max} - a_{min}) = 15,3 - 1,1(18-13) = 9,8, \end{aligned} \quad (1)$$

где K определяется по таблице 2, в зависимости от числа наблюдений, а средние арифметические значения ряда, за вычетом a_{min} и $a_{cp.max}$, $a_{max} - a_{cp.min}$ из соотношений:

$$a_{cp.min} = \frac{\sum a - a_{min}}{n - 1} = 15,3 \quad a_{cp.max} = \frac{\sum a - a_{max}}{n - 1} = 14,6. \quad (2)$$

Таблица 2

Значение K , учитывающее число наблюдений

Число наблюдений	4	5	6	7 – 8	9 – 10	11 – 15	16 – 30	31 – 53	54 и более
Значение K	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6

Как видим $\lim a_{min}$ и $\lim a_{max}$, нижний предел ряда $9,8 < 12$ – наименьшего показателя наблюдений, а верхний предел ряда $20,1 > 18$ – наибольшего показателя наблюдения, что

позволяет сделать вывод о том, что ряд достаточно устойчив и в дополнительном улучшении не нуждается.

В случае, если наибольшие и наименьшие значения ряда выходят за пределы $\lim a_{min}$ и $\lim a_{max}$, они из ряда исключаются. При этом исключено из ряда может быть не более двух любых значений, так как большее количество подозреваемых грубоошибочных значений ряда свидетельствует о некачественном проведении наблюдений.

Например, в результате наблюдения при времени цикла до 5 мин получили ряд значений a , состоящий из $n = 12$ показателей: 2,2; 1,3; 1,9; 1,7; 2,1; 2,0; 1,9; 2,8; 2,3; 2,1; 2,0; 2,2.

Определяем $K_p = a_{max} / a_{min} = 2,8 / 1,3 = 2,1$, что больше 2, значит, ряд нуждается в проверке по методу относительной средней квадратичной ошибки. Ряд показателей целесообразно вести в табличной форме (табл. 3).

Таблица 3

Результаты хронометража

Показатель	Номер наблюдений												Сумма	Обозначение
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
a	2,20	1,30	1,90	1,70	2,10	2,00	1,90	2,80	2,30	2,10	2,00	2,20	24,50	$\sum a$
a	4,84	1,69	3,61	2,89	4,41	4,00	3,61	7,84	5,29	4,41	4,00	4,84	51,43	$\sum a^2$

Величина фактической относительной средней квадратичной ошибки хронометражного ряда будет равна:

$$l_\phi = \pm \frac{1}{\sum a} \sqrt{\frac{n \sum a^2 - (\sum a)^2}{n-1}} = \pm \frac{1}{2,45} \sqrt{\frac{12 \cdot 51,43 - 24,5 \cdot 24,5}{12-1}} = \pm 0,18, \quad (3)$$

что составляет $\pm 18\%$.

Полученную l_ϕ проверяем по допускаемым величинам относительной средней квадратичной ошибки среднего значения ряда $\pm l_\delta$, в соответствии с данными таблицы 4.

Если $l_\phi \leq l_\delta$, то улучшения ряда не требуется. В нашем примере $l_\phi = 18\%$, $l_\delta = 10\%$, то есть $l_\phi > l_\delta$, значит требуется улучшение ряда.

Таблица 4

Значение $\pm l_\delta$

Число циклических элементов состава работы	$\pm l_\delta$ %
До 5	До 7
Более 7	Более 10

При улучшении ряда по методу средней квадратичной ошибки, для того чтобы определить, какое из крайних значений ряда ($a_{max} = 2,8$ или $a_{min} = 1,3$) необходимо подвергнуть проверке, следует подсчитать коэффициенты K_1 и K_2 , равные:

$$K_1 = \frac{\sum a - a_{min}}{\sum a - a_{max}} = \frac{24,5 - 1,3}{24,5 - 2,8} = \frac{23,2}{21,7} = 1,06, \quad (4)$$

$$K_2 = \frac{\sum a^2 - a_{min} \sum a}{a_{max} \sum a - \sum a^2} = \frac{51,43 - 1,3 \cdot 24,5}{2,8 \cdot 24,5 - 51,43} = \frac{19,58}{18,17} = 1,07. \quad (5)$$

Если $K_1 < K_2$, то следует исключить a_{min} . Если $K_1 > K_2$ – исключается a_{max} .

В нашем примере $K_1 < K_2$, исключаем $a_{min} = 1,3$, после чего ряд снова проверяем в той же последовательности, т. е. определяем улучшения ряда.

Улучшенный ряд в нашем случае будет: 2,2; 1,9; 1,7; 2,1; 2,0; 1,9; 2,8; 2,3; 2,1; 2,0; 2,2.

$K_p = 2,8 / 1,7 = 1,65$ то есть ряд нуждается в проверке по предельным значениям показателей $\lim a_{min}$ и $\lim a_{max}$. Среднее арифметическое значение ряда за вычетом a_{max} будет равно:

$$a_{\phi, max} = \frac{\sum a - a_{max}}{n-1} = 2,0; \quad \lim a_{max} = 2,04 + 1(2,3 - 1,7) = 2,64, \quad (6)$$

так как у нас $a_{max} = 2,8 > 2,64$, то одно должно быть исключено из ряда. Вновь улучшенный ряд получит вид: 2,2; 1,9; 1,7; 2,1; 2,0; 1,9; 2,3; 2,1; 2,0; 2,2, в котором $K_p = 2,3 / 1,7 = 1,35$, что свидетельствует о необходимости новой проверки ряда по методу предельных значений:

$$a_{\phi, max} = \frac{\sum a - a_{max}}{n - 1} = 2,01. \quad (7)$$

$\lim a_{max} = 2,01 + 1(2,2 - 1,7) = 2,51$, что больше в нашем улучшенном ряду, то есть a_{max} из ряда не исключается. Среднее арифметическое значение ряда за вычетом a_{min} составит:

$$a_{\phi, min} = \frac{\sum a - a_{min}}{n - 1} = 2,08. \quad (8)$$

$\lim a_{min} = 2,08 - 1(2,3 - 1,9) = 1,68$, что меньше $a_{min} = 1,7$ в нашем ряду и исключать его из ряда не следует ($1,68 < 1,7 = a_{min}$ ряда).

В целом ряд с данными $a_{min} = 1,7$ и $a_{max} = 2,3$ устойчив, в очистке более не нуждается и обеспечивает достоверную арифметическую середину показателя затрат времени на операцию, которая в нашем случае будет равна

$$a_{\phi} = \sum a / n = 20,2 / 10 = 2,02 \text{ с.} \quad (9)$$

При очистке рядов показателей наблюдений по результатам проверки методом относительной средней квадратичной ошибки, при общем числе значений в ряду до 10, может быть исключено одно отклоняющееся значение, до 25 – два, более 25 – 10 % общего числа значений (с округлением до целого). Исключение необходимо производить последовательно, начиная с наиболее отклоняющегося значения. В противном случае требуется провести дополнительный хронометраж. При первичной обработке улучшенного ряда среднее значение определяется как простое среднее арифметическое.

Таблица 5

Трудоемкость выполнения технологических процессов, установленная методом технического нормирования

Наименование технологического процесса, восстанавливаемая поверхность	Ед. изм.	Трудоемкость, чел.-час / маш.-час			
		Степень разрушения конструкций			
Пропитка бетонной поверхности за один проход водным раствором комплекса химических добавок с применением аппаратов высокого давления или с применением компрессора и брезентовых шлангов. Состав звена – 3 чел. 2 чел. – 4 разр., 1 чел. – 3 разр.					
Плоская потолочная	100м ²	2,35	2,68	3,77	4,69
		0,74	0,85	1,19	1,48
Плоская вертикальная		1,81	2,21	2,91	3,33
		0,57	0,7	0,92	1,05
Ребристая потолочная		2,94	3,10	4,46	5,58
		0,93	0,98	1,41	1,76
Ребристая вертикальная		2,45	2,58	3,50	4,17
		0,77	0,82	1,11	1,32
Горизонтальная		1,40	1,76	2,2	2,55
		0,44	0,56	0,7	0,81
Нанесение мелкозернистых модифицированных бетонных смесей на восстанавливаемую бетонную поверхность методом «мокрого торкретирования», с применением компрессорной установки и цемент-пушки. Состав звена – 4 чел., 2 чел. – 4 разр. 2 чел. – 5 разр.					
Плоская потолочная	100м ²	54,32	59,05	89,75	103,33
		12,93	14,06	21,37	24,60
Плоская вертикальная		41,91	47,63	67,63	74,77
		9,97	11,34	16,10	17,80
Ребристая потолочная		65,83	69,3	110,88	124,74
		15,67	16,5	26,4	29,7
Ребристая вертикальная		50,84	56,49	81,34	92,64
		12,10	13,45	19,36	22,05
Горизонтальная		32,37	38,09	52,56	57,89
		7,70	9,07	12,51	13,78

Примечание. Хронометражем не учтена трудоемкость подготовительных работ. «Базовой» принята вторая степень разрушения железобетонных конструкций.

Приведенные методы технического нормирования были применены при расчете трудоемкости восстановления железобетонных сооружений методом торкретирования (табл. 5).

Выводы. Предложенная методология технического нормирования, позволяющая получать среднестатистические данные трудоемкости производства работ по технологическим процессам, может служить научным обоснованием для получения и использования внутриведомственных норм затрат труда при строительстве и восстановлении железобетонных сооружений.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Чуб А. А. Основы технологии ремонта и строительства бетонных железобетонных сооружений с высокоморозостойким поверхностным слоем: монография. – Запорожье : ЗГИА, 2010. – 360 с.
2. Серия «Строитель». Бетоны. Материалы. Технологии. Оборудование. – М. : Стройинформ, Ростов н/Д: Феникс, 2006. – 424 с.
3. Руководство по техническому нормированию труда рабочих в строительстве, СН. – М. : ВНИПИ труда в строительстве, 1977. – 47 с.
4. Вознесенский В. А. Статистические методы планирования эксперимента технико-экономических исследований / В. А. Вознесенский. – М. : Статистика, 1974. – 192 с.
5. Васильев А. П. Строительство и реконструкция автомобильных дорог. Справочная энциклопедия дорожника (СЭД) / А. П. Васильев, Б. С. Марышев, В. В. Силкин [и др.]. – М. : Информавтодор, 2005. – Т. 1. – 185 с.

УДК 624.07::519.832.4

КОНТИНУУМ ОПТИМАЛЬНИХ СТРАТЕГІЙ ПРОЕКТУВАЛЬНИКА В УЗАГАЛЬНЕНІЙ МОДЕЛІ ПІДБОРУ ПЛОЩ ПОПЕРЕЧНОГО ПЕРЕРІЗУ БАГАТООПОРНОЇ КОНСТРУКЦІЇ З ОДНІЄЮ НЕДООЦІНКОЮ В ІНТЕРВАЛЬНИХ НЕВИЗНАЧЕНОСТЯХ

В. В. Романюк, к. т. н., доц.

Хмельницький національний університет

Ключові слова: багатоопорна конструкція, підбір площ поперечного перерізу, недооцінка в інтервальних невизначеностях, антагоністична модель, оптимальна стратегія проектувальника, континуум оптимальних стратегій проектувальника

Загальний опис проблеми. Однією із практично невідворотних проблем суспільства є економія і справедливий розподіл різного роду ресурсів, боротьба за які триває безперервно [1; 2]. Розподіл будівельних ресурсів в умовах невизначеності викликаний тим, що у проектуванні будівельних конструкцій завжди виникають фактори, котрі зазвичай неможливо оцінювати точковими значеннями [3; 4], і доводиться оперувати інтервальними оцінками цих факторів [5; 6]. Так, при проектуванні опорних конструкцій (не тільки з вертикальним, а й з горизонтальним навантаженням на опорну платформу конструкції) потенційні навантаження на опори оцінюються інтервалами або відрізками ненульової міри [7; 8]. При одиничному нормуванні цих навантажень потенційні площі поперечних перерізів опор оцінюються відповідно аналогічними інтервалами або відрізками ненульової міри [9; 10]. І далі для визначення оптимальних площ поперечних перерізів опор конструкції вже використовують антагоністичну модель у формі опуклої гри на декартовому добутку деяких гіперпаралелепіпедів [11; 12]. У ядрі такої гри максимізується відношення нормованого навантаження опори до квадрата площі її поперечного перерізу, а роль другого гравця виконує проектувальник. Розв'язок, а, точніше, оптимальна поведінка проектувальника в описуваній антагоністичній грі є відомою за роботою [12], де розглядається ядро узагальненого типу з відношенням довільних степенів чистих стратегій першого та другого гравців. Щоправда, така поведінка проектувальника (набір оптимальних площ поперечних перерізів) є дійсною або допустимою лише для випадку, коли інтервальна невизначеність щодо кожної опори містить відповідну оптимальну площу її поперечного перерізу (тобто ця площа належить даному інтервалу). Тому контроль дійсності (допустимості) набору оптимальних площ поперечних