

doi: 10.5862/MCE.51.10

Технологичность разновидностей современных разборно-переставных опалубочных систем

*Аспирант О.А. Капшук,**Приднепровская академия строительства и архитектуры**д.т.н., заведующий кафедрой В.Т. Шалённый,**Национальная академия природоохранного и курортного строительства*

Аннотация. С развитием монолитного строительства возникает вопрос о повышении его эффективности. Одним из путей является целесообразное использование опалубочных систем. Исследования показали недостатки существующей нормативной документации в части разборно-переставной опалубки.

В статье изложены методика и результаты вычислительного эксперимента по исследованию технико-экономических показателей возведения монолитного каркаса в разборно-переставной опалубке. Рассмотрены наиболее распространенные в Украине системы такой опалубки, которые могут использоваться для бетонирования зданий на условиях аренды или покупки подрядной организацией. Доказаны существенные отличия полученных показателей продолжительности, удельных себестоимости и трудоемкости железобетонных работ по рассмотренным возможным вариантам технологий.

Полученные результаты позволяют говорить о целесообразности учета разновидности индустриальных опалубочных систем и условий их использования на конкретном объекте. Приведенная методология моделирования технологических процессов и их конечных технико-экономических показателей может использоваться и на других объектах с ожидаемым улучшением технико-экономических показателей при обоснованном выборе рационального комплекта опалубки из представленных на рынке.

Ключевые слова: опалубка; методика; расчет; продолжительность; стоимость производства; технико-экономические показатели

Введение и анализ публикаций

Сегодня железобетон является безальтернативным материалом для применения в жилищно-гражданском и других видах строительства [1]. Строительство зданий и сооружений из монолитного железобетона охватывает всё новые области и направления, становится признаком современного строительства. Технология доказала свою конкурентоспособность, мобильность, эффективность и успешно реализуется при круглогодичном производстве работ [2]. На протяжении всего развития технологии железобетона продолжают и научно-технические разработки, способствующие распространению железобетонных конструкций, повышению эффективности их производства и эксплуатации. С одной стороны, ведутся работы по улучшению состава самого бетона и использования в нем стальной арматуры или ее заменителей [3], с другой стороны, эффективность использования опалубки как никогда актуальна [4]. Приведем примеры недавно опубликованных результатов разработки ультралегких бетонов для монолитного строительства [5], конструкций из фибробетонов [6, 7] сборно-монолитных конструкций для уменьшения веса с одновременным сокращением потребности в опалубочных конструкциях [8], а также изменений конструкций самой опалубки [9] и состава бетона [10, 11].

С этой же целью проведены исследования, в результате которых стала возможной более ранняя распалубка для увеличения оборачиваемости индустриальной опалубки перекрытий фирмы Perі [12]. Такие инновации не только сокращают сроки возведения, но и снижают его себестоимость за счет приобретения меньшего комплекта опалубки или ее аренды на меньший срок [13, 14]. Опыт применения современной системной опалубки показывает, что стоимость ее комплекта под один кран уже, как правило, на 35–40 % выше стоимости самого крана [15], а применительно к стоимости готовой бетонной конструкции колеблется от 40 до 60 % [16]. Поэтому целесообразно ускорение оборачиваемости опалубки, в том числе и путем рационального выбора комплекта, а также совмещения и продолжительности технологических процессов с ее использованием [17, 18].

Оборачиваемость системы, ее универсальность и возможность применения в разных проектах, инженерный подход к техническому решению, который предусматривает грамотную Капшук О.А., Шалённый В.Т. Технологичность разновидностей современных разборно-переставных опалубочных систем

«привязку» комплекта с разбивкой на захватки по бетонированию (с учетом сроков по строительству), перенос комплекта опалубки с одного объекта на другой, инженерное сопровождение – основные критерии, которыми руководствуется заказчик в выборе опалубки [19]. Такие исследования помогут при выборе эффективного варианта технологии и организации железобетонных работ с учетом оценки технологичности в жизненном цикле строительного объекта [20], основанном на принципах, изложенных в известных работах проф. Гусакова А.А. [21] и его последователей [22, 23 и др.].

Объективно оценить сроки производства железобетонных работ на объекте, а затем определить и все другие технико-экономические показатели по альтернативным вариантам технологии представляется возможным только в результате организационно-технологического проектирования с составлением календарных графиков выполнения работ. Безусловно, важным фактором при этом являются продолжительность бетонирования [24, 25, 26] и сроки выдержки бетона в опалубке до ее снятия с учетом случаев применения ускорителей твердения в бетоне, а также самой конструкции опалубки [27]. На протяжении последних 20 лет практически нет работ, где бы обращалось должное внимание на учет разновидности наиболее распространенных современных разборно-переставных опалубочных систем, особенно в Украине. По данным украинской государственной службы статистики, наиболее распространены разборно-переставные опалубки (рис. 1а), из которых более 2/3 всего объема продаж принадлежит трем известным фирмам: Ulma, Doka и Peri (рис. 1б).

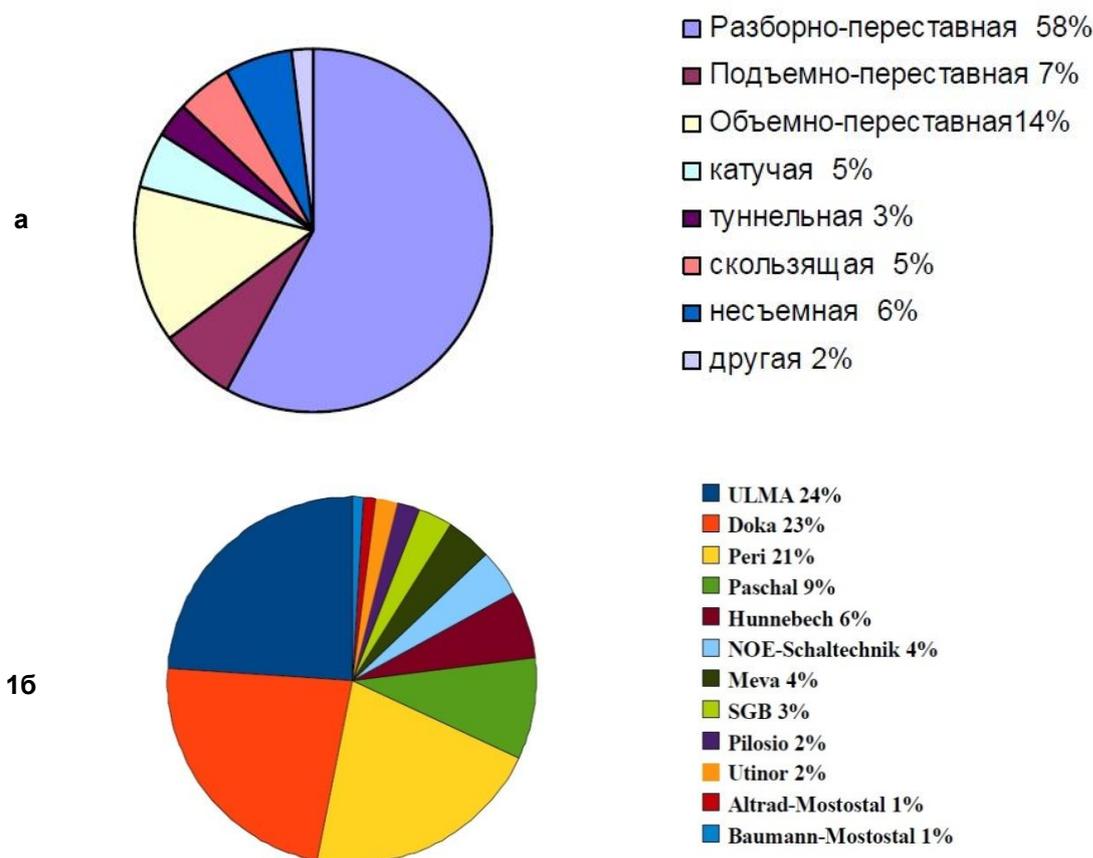


Рисунок 1. Распространение в Украине разновидностей систем опалубок (а) и удельный вес фирм-производителей разборно-переставной опалубки (б)

Перечисленных современных опалубочных систем не было ни в элементных ресурсных сметных нормах Украины [28], ни в аналогичных нормах Российской Федерации [29]. Хотя несколько позже, в дополнениях к последним сметным нормативам появляются отдельно нормы затрат труда при устройстве конструкций в опалубках Doka, Peri, а также Модостор, но там нет отдельного указания затрат ресурсов на арматурно-опалубочные работы. Примерно в это же время в Украине утверждаются и публикуются ДСТУ Б Д.2.2–1:2008, где уже нормируются затраты труда рабочих и машинного времени на опалубочные работы с использованием системы Doka

[30]. Но воспользоваться этими данными для составления графиков производства работ также нельзя по той причине, что там не выделяются отдельно ресурсы на монтаж и демонтаж опалубки.

Постановка задачи

На примере технологии и организации выполнения арматурно-опалубочных работ при бетонировании конкретных каркасов гражданских зданий решались следующие задачи:

- разработка методики и проведение вычислительного эксперимента с построением календарных планов возведения этих каркасов в среде Project Manager; составление смет с использованием системы АВК-5;
- обработка и анализ результатов в среде электронных таблиц MS Excel с определением и сравнением технико-экономических показателей рассмотренных вариантов технологии и установлением экономически более целесообразных.

Описание исследования

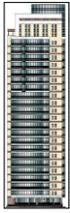
Учитывая изложенную ситуацию и пользуясь известными методическими материалами [31–35], мы выполнили необходимые хронометражные наблюдения на строительных объектах г. Днепропетровска и Киева (хронометраж в Киеве проводили специалисты центра УГНИЦ «Цинобуд» НТС Госстроя Украины). В результате обработки полученной информации по упомянутым методикам были установлены расчетные нормы времени на опалубочные работы при возведении относительно распространенных железобетонных конструкций гражданских зданий (таблица 1). Причем если в нормативных документах они представлены обобщенным значением норм, то нами выделены отдельные значения норм времени при монтаже и демонтаже опалубки, т. к. в технологическом процессе эти работы выполняются в разное время, а иногда даже и разными подрядными организациями.

Таблица 1. Полученные затраты времени на выполнение опалубочных работ в опалубках фирм Peri, Ulma и сравнение их с нормируемыми для опалубки фирмы Doxa на территории Украины (единица измерения – 100 м³ железобетона в конструкции)

Фирмы-производители	Peri		Ulma		Doka	
	чел.-час.	маш.-час.	чел.-час.	маш.-час.	чел.-час.	маш.-час.
работы	Затраты времени на опалубочные работы					
	опалубка для устройства глухих стен, толщиной 150 мм (базовая норма 6-53-1 [30])					
монтаж	2244,95	286,13	измерения не проводились		1288	378
демонтаж	562,07	106,83			334,6	61,6
Всего	2806,99	392,96	–	–	1622,6	439,6
опалубка для устройства колонн периметром до 3 м (базовая норма 6-53-7 [30])						
монтаж	374,56	38,89	510,52	46,61	892,803	213,449
демонтаж	205,71	23,14	258,49	36,79	326,297	32,751
Всего	580,27	62,03	769,01	83,40	1219,1	246,2
опалубка для устройства без балочных перекрытий, толщиной до 150 мм (базовая норма 6-53-8 [30])						
монтаж	168,94	53,58	314,84	53,58	496,005	73,103
демонтаж	133,74	9,62	161,48	9,62	152,995	9,997
Всего	302,68	63,2	476,32	63,2	649	83,052

Для подтверждения гипотезы о различии значений себестоимости, трудоемкости и сокращении сроков выполнения железобетонных работ при использовании изученных наиболее распространенных систем опалубок далее выполнялось многовариантное проектирование графиков производства работ на пяти отобранных объектах-представителях. Технические характеристики этих объектов и пределы изменений исследуемых параметров технологии представлены в таблице 2.

Таблица 2. Объекты, отобранные для вариантного технологического проектирования

Показатели	1	2	3	4	5
Фасад					
К-во этажей	10	5 и 7	24	2 и подвал	3 и 2 цокольных этажа
К-во секций	1	2	1	1	1
Размеры в плане, м	29,400x16,100	23,900x15,600	45,100x 24,500	42.740x23.000	96,000x84,750 и 68,000x69,000
Высота, м	+28,160	+15,000 та +21,000	+79,200	+13,050	+19,700
Объем бетона, куб.м.	1537,86	950,32	9487,71	932,72	6657,265
Сечение колонн, м	0,4x0,4	0,4x0,4	0,5x0,5 и 0,6x0,6	0,4x0,4	0,5x0,5
Толщина перекрытий, м	0,15	0,15	0,2	0,2	0,22 та 0,18
Толщина стен, м	0,15	0,15	0,4	нет в проекте	0,2

Все объекты были сведены в матрицу планирования вычислительного эксперимента (таблица 3). При составлении матрицы отдельно учитывались условия использования опалубки, т.е. на каких условиях приобретается или арендуется опалубка. За условия аренды везде принято 5 % отчислений в месяц (максимальное значение в Украине). Стоимости просчитывались в сметно-программном вычислительном комплексе АВК-5 (аналог российских программ Гранд-смета, Эксперт-Смета и т. п.)

Для технологических расчетов возведения объектов отправными точками служили рабочие чертежи (планы, разрезы и т. д.). По ним была составлена номенклатура работ и определены их объемы. Объемы определялись отдельно по каждой разновидности работ, которые входят в комплекс по возведению монолитного каркаса. Для составления календарного плана возведения каркасов здания проводилась разбивка на захватки по отдельным разновидностям возводимых конструкций. Эти захватки в дальнейшем были сформированы в комплексы (фронты) работ по этажам здания по следующим правилам:

а) в каждый комплекс включали те работы, после выполнения которых на объекте могут выполняться работы последующего комплекса. Например, после возведения монолитных колонн (с технологически необходимой выдержкой до демонтажа опалубки) на первой захватке можно приступить к устройству монолитного перекрытия на этой же захватке и т. п.;

б) номенклатура фронта работ составлялась в соответствии с условиями возможной технологической совместимости и последовательности их выполнения.

Квалификационный состав бригады отвечал требованиям ЕНиР, где указываются специальность рабочих и их разряд для выполнения определенного вида работ. Далее через трудоемкость, сменность и состав исполнителей определялись продолжительности работ на захватках. Для опалубки разных фирм на одном объекте состав звена и их количество не менялись. Эти расчеты и были основой для построения вариантов календарных графиков Капшук О.А., Шалённый В.Т. Технологичность разновидностей современных разборно-переставных опалубочных систем

возведения каркаса соответствующего объекта в среде программного комплекса Project Manager. В результате моделирования были получены продолжительности и трудоемкости по отобранным вариантам выполнения комплекса железобетонных работ (таблица 3).

Таблица 3. Матрица планирования и результаты вычислительного эксперимента

Вариант матрицы	Шифр объекта исследования	Фирмы-производители опалубочных систем	Условия использования опалубки (покупка – К или аренда – А)	Продолжительность комплекса работ по бетонированию каркаса, суток	Общая трудоемкость работ, чел.-дни
1	1	Doka	К	356	1293,02
2		Doka	А		
3		Peri	К	300	880,42
4		Peri	А		
5		Ulma	К	350	1133,38
6		Ulma	А		
7	2	Doka	К	354	1771,7
8		Doka	А		
9		Peri	К	317	1482,9
10		Peri	А		
11		Ulma	К	334	1656,08
12		Ulma	А		
13	3	Doka	К	751	11318,41
14		Doka	А		
15		Peri	К	670	10840,44
16		Peri	А		
17		Ulma	К	753	11256,40
18		Ulma	А		
19	4	Doka	К	343	1207,36
20		Doka	А		
21		Peri	К	289	828,76
22		Peri	А		
23		Ulma	К	333	991,08
24		Ulma	А		
25	5	Doka	К	952	10243,97
26		Doka	А		
27		Peri	К	845	6227,46
28		Peri	А		
29		Ulma	К	885	6921,58
30		Ulma	А		

После определения продолжительности и трудоемкости по всем вариантам моделирования выполнялись расчеты стоимости возведения монолитного каркаса, где использовался программный комплекс АВК-5 и ДБН.Д. 1.1-2000 [36], в котором на основе действующей в Украине система ценообразования на строительные-ремонтные работы устанавливается сметная стоимость по единичным нормам. По этим нормам и текущим ценам на трудовые и материально-технические ресурсы определялись прямые затраты в себестоимости строительства. В составе локальных смет отдельные конструктивные элементы монолитного каркаса и виды работ были сгруппированы в разделы. Порядок расположения работ в локальных сметах и их группировка в разделы соответствуют технологической последовательности производства работ.

При условиях аренды опалубки в локальных сметах из результатов необходимо было полностью исключить все затраты ресурсов, касающиеся опалубочных систем. Ведь согласно ДБН.Д.1.1-2000 затраты ресурсов на аренду опалубки не входят в прямые затраты. Поэтому отдельным расчетом необходимо было подвести сумму аренды опалубки, но с учетом полученной по графикам продолжительности нахождения опалубки на строительстве, и внести ее непосредственно в подсистему Договорной цены АВК-5. Сумма аренды рассчитывалась на необходимый комплект опалубки, который применялся в предыдущих расчетах.

Все результаты, полученные по изложенной методике, приведены к удельным показателям и сведены в виде гистограмм на рисунке 2. Был проведен также однофакторный дисперсионный анализ в программном комплексе STATISTICA с дальнейшим выводом результатов в виде графиков на рисунке 3.

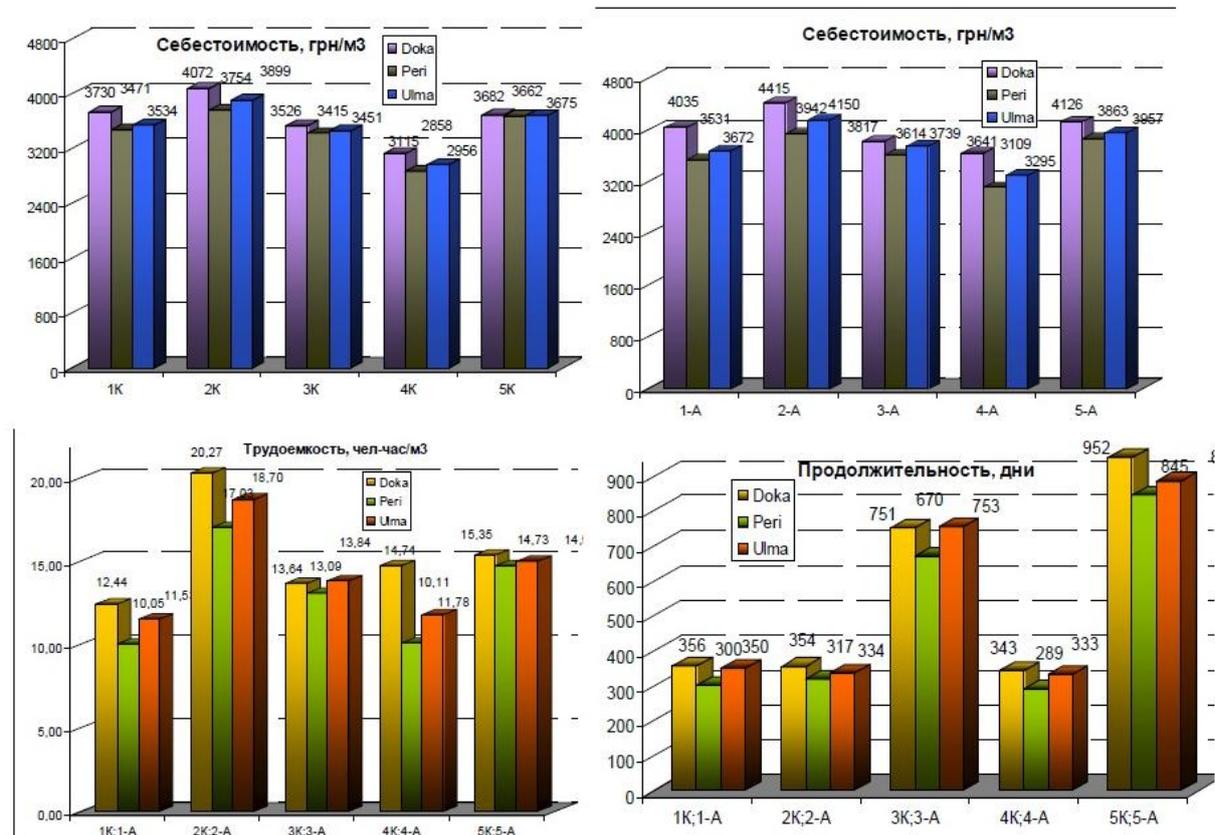


Рисунок 2. Результаты моделирования технико-экономических показателей рассмотренных вариантов технологии и организации возведения каркасов зданий 1–5 на условиях использования опалубки: К – покупка, А – аренда

Эти графические материалы подтверждают наше предположение о существенных отличиях как по смоделированным объектам, так и по системам опалубок и условиям их использования на стройплощадках. Так, во всех смоделированных вариантах технологии по всем рассмотренным показателям преобладает технология с использованием опалубочной системы фирмы Peri. Менее эффективно использование опалубочной системы Ulma, а худшие показатели демонстрирует самая распространенная и предусмотренная действующими в Украине и Российской Федерации нормативами опалубка фирмы Doka. Разница в удельной себестоимости составляет до

259 грн./ м³ железобетона (7 %) при покупке необходимого комплекта опалубки и до 532 грн. /м³ (13,5 %) при ее аренде.

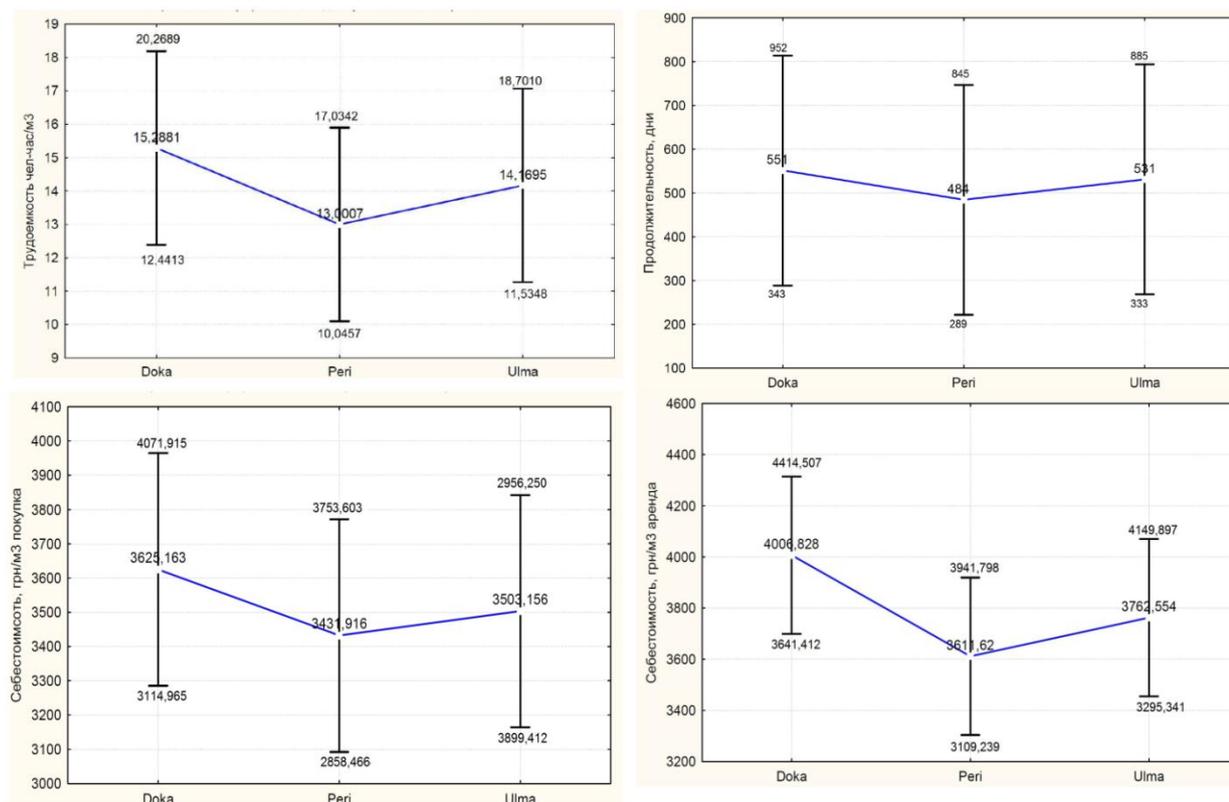
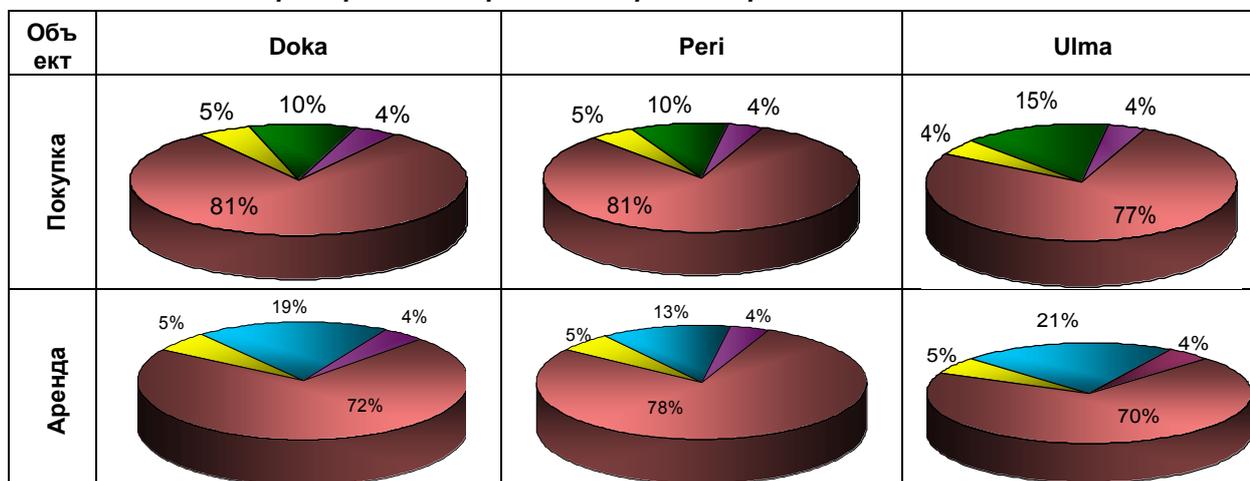


Рисунок 3. Результаты однофакторного дисперсионного анализа полученных технико-экономических показателей возведения каркасов монолитных гражданских зданий

Еще большие колебания наблюдаются в показателях удельной трудоёмкости железобетонных работ: от 0,2 чел.-час./м³ для третьего, самого высокого, объекта (всего 1,44 %) до 4,63 чел.-час./м³ для четвертого (31,4 %). Продолжительность сооружения каркасов здания, естественно, пропорциональна его размерам и практически отражает колебания себестоимости. Между продолжительностью возведения каждого объекта-представителя и фирмой-производителем опалубки резерв составляет от 0,2 до 16,6 %.

Причины значительно большей себестоимости работ с использованием арендуемой опалубки по сравнению с приобретенной в собственность объясняют секторные диаграммы, пример которых для первого объекта-представителя приведен в таблице 4.

Таблица 4. Структура себестоимости по производителям опалубки и условиям ее использования на примере бетонирования каркаса первого здания



Условные обозначения

Стоимость эксплуатации строительных машин и механизмов, тыс. грн

Стоимость опалубки, тыс. грн

Зарботная плата, тыс. грн

Аренда опалубки, тыс. грн

Стоимость материальных ресурсов, тыс. грн.

Заклучение

По результатам проведенного исследования можно сделать следующие выводы.

1. Как видно из приведенных секторных диаграмм, удельные затраты на опалубку больше, чем затраты на эксплуатацию машин и зарботную плату, и достигают до 21 % общей себестоимости. Причем расходы на арендуемую опалубку в среднем в два раза больше, чем на купленную или взятую в лизинг.

2. Имея такие результаты, можно говорить о существенных резервах экономии трудозатрат и себестоимости в случае обоснованного принятия решений по использованию рациональных систем опалубки и условий их приобретения.

3. Приведенная методология моделирования технологических процессов и их конечных технико-экономических показателей может использоваться и на других объектах с ожидаемым снижением себестоимости работ не менее чем на 5–7 %, трудоемкости – 4–19 % и сокращением продолжительности возведения каркасов до 10–16 % при обоснованном выборе рационального комплекта опалубки из представленных на рынке.

Литература

1. Тамразян А.Г. Бетон и железобетон – взгляд в будущее // Вестник МГСУ. 2014. №4. С. 181–189.
2. Марковский М.Ф. Современные технологии возведения монолитных конструкций в опалубочных системах // Труды конференции (III Международного симпозиума): Минсктипроект, 2011. С. 1–13.
3. Ali M.M., Greenwell D.P. Concrete change // Civil Engineering. 1998. Vol. 68. №2. Pp. 70–72.
4. Sekar A.L., Murugesan B., C.N.V.S. Rao Formwork – Future Approach in India // The Masterbuilder. May 2012. Pp. 36–43.
5. Yu Q.L., Spiesz P., Brouwers H.J.H. Design of Ultra-lightweight Concrete: towards Monolithic Concrete Structures // Вестник МГСУ. 2014. №4. С. 98–106.
6. Ключев С.В. Высокопрочный фибробетон для промышленного и гражданского строительства // Инженерно-строительный журнал. 2012. №8(34). С. 61–66.
7. Atcin P.C. Cements of yesterday and today – concrete of tomorrow // Cement and Concrete Research. 2000. Vol. 30. №9. Pp. 1349–1359.
8. Парашенко Н.А., Горшков А.С., Ватин Н.И. Частично-ребристые сборно-монолитные перекрытия с ячеистобетонными блоками // Инженерно-строительный журнал. 2011. №6(24). С. 50–55.
9. Awwadi Al., Ghaib M., Gorski J. Mechanical properties of concrete cast in fabric formworks // Cement and concrete research. 2001. Vol. 31. №10. Pp. 1459–1465.
10. Cui C., Sheikh S.A. Experimental study of normal and high-strength concrete confined with fiber-reinforced polymers // Journal of Composites for Construction. 2010. Vol. 14. No.5. Pp. 553–561.
11. Harryson P. Bond between fibre reinforced concrete and fibre reinforced polymers: experimental study // Materials and structures. 2011. Vol. 44. No.1. Pp. 377–389.
12. Никоноров С.В., Тарасова О.А. Технология раннего нагружения монолитных перекрытий при использовании балочно-стоечной опалубки // Инженерно-строительный журнал. 2010. №4(14). С. 17–20.
13. Абдуллаев Г.И. Влияние организационно-технологических факторов на эффективность управления строительством сооружений // Инженерно-строительный журнал. 2011. №2(20). С. 52–54.
14. Prabhakar M.K. Formwork Industry: Intense Competition Ensures Industry's Excellent Form // The Masterbuilder. 2013. Pp. 25–31.
15. Галумян А.В. Методика выбора опалубки при скоростном строительстве жилых зданий из монолитного железобетона // Бетон и железобетон. 2009. №2. С. 6–9.

Капшук О.А., Шалённый В.Т. Технологичность разновидностей современных разборно-переставных опалубочных систем

16. Robert H. Lab, Jr., P.E. Think Formwork - Reduce Costs // Structural magazine. 2007. April. С. 46–54.
17. Зиневич Л.В., Галумян А.В. Скоростное монолитное домостроение: условия достижения высоких темпов строительства и качества бетона получаемых конструкций // Бетон и железобетон. 2009. №5. С. 23–26.
18. Sameer S. Malvankar Dy Factors Affecting the Selection, Economics Involved in Formwork // The Masterbuilder. 2013. Vol. 15. No.7. Pp. 14–23
19. Воронова В. Какую опалубку выбираем? // Строительство. 2008. №5. С. 190–191.
20. Дьячкова О.Н. Системный подход к оценке эффективности жизненного цикла жилых многоэтажных зданий // Промышленное и гражданское строительство. 2008. №11. С.41–42.
21. Гусаков А.А., Веремеенко С.А., Гинзбург А.В., Монфред Ю.Б., Прыкин Б.В., Яровенко С.М. Организационно-технологическая надежность строительства. М.: SvR-Аргус, 1994. 472 с.
22. Гусакова Е.А. Системотехника организации жизненного цикла объекта строительства: Монография. М.: Фонд «Новое тысячелетие», 2004. 350 с.
23. Амбарцумян С.А., Мартиросян А.С., Галумян А.В. Нормы выполнения бетонных работ с помощью бадьи и бетононасоса в скоростном монолитном домостроении // Промышленное и гражданское строительство. 2010. №2. С. 29–31.
24. Афанасьев А.А. Возведение зданий и сооружений из монолитного железобетона. М.: Стройиздат, 1990. 580 с.
25. Titherington M.P The influence of steam curing on the chloride resistance of high-performance concrete. Dissertation. University of Toronto, 2000.
26. Balina C. M. Using labor productivity data to evaluate the application of lean principles to the concrete construction process. Dissertation. The Pennsylvania State University, 2004.
27. Заренков Д.В. Интенсификация технологических процессов монолитного домостроения: Термовакuumирование, распалубка конструкций. Дисс.... канд. техн. наук. Санкт-Петербург, 2003. 154 с.
28. ДБН Д.2.2-6-99. Ресурсные элементные сметные нормы на строительные работы. Сборник 6. Бетонные и железобетонные конструкции монолитные. Госстрой Украины. Киев, 2000. 69 с.
29. ГЭСН 81-02-06-2001 Сборник № 6 Бетонные и железобетонные конструкции монолитные Росстрой. Москва, 2008. 94 с.
30. ДСТУ Б Д.2.2 – 1:2008. Сборник 6. Сборка и разборка опалубки. Минрегионстрой Украины. Киев, 2008. 35 с.
31. Нормирование труда рабочих в строительстве. ВНИПИ труда в строительстве Госстроя СССР. М.: Стройиздат, 1985. 38 с.
32. Балова Е.Ф., Бекерман Р.С., Евтушенко Е.Е. Нормирование труда рабочих в строительстве: монография. Госстрой СССР, ВНИИП ин-т труда в стр-ве. М.: Стройиздат, 1985. 440 с.
33. Руководство по проектированию высокопроизводительных процессов строительного производства. Вып. 1. Основные положения. М.: Стройиздат, 1978. 28 с.
34. Руководство по техническому нормированию труда рабочих в строительстве. М.: Стройиздат, 1977. 34 с.
35. Нормативы на подготовительно-заключительную работу и отдых для применения при проектировании норм труда в строительстве. ВНИПИ труда в строительстве. М.: Прейскурант, 1988. 19 с.
36. ДБН.Д. 1.1-2000. Государственные строительные нормы. Правила определения стоимости строительства Госстрой Украины. Киев, 2000. 136 с.

*Ольга Анатольевна Капшук, г. Днепрпетровск. Украина.
Тел. раб.: +38(097)3662064; эл. почта: boal23@rambler.ru*

*Василий Тимофеевич Шалённый, г. Симферополь, Республика Крым, Россия
Тел. раб.: +7(978)8965729; эл. почта: v_shalennyj@mail.ru*

© Капшук О.А., Шалённый В.Т., 2014

doi: 10.5862/MCE.51.10

Adaptability to manufacture varieties of modern disassembled formwork systems

O.A. Kapshuk*Pridneprovskaya Academy of Civil Engineering and Architecture, Dnepropetrovsk, Ukraine
+380973662064; e-mail: boal23@rambler.ru***V.T. Shalennyj***The National Academy of Environmental Protection and Resort Development, Simferopol,
Autonomous Republic of Crimea, Russia
+79788965729; e-mail: v_shalennyj@mail.ru*

Key words

formwork; reserve; methods; calculation; duration; production cost; technical and economic performance

Abstract

With the development of monolithic construction an issue about improving the efficiency of its use appears. One of the ways to increase it is expedient use of formwork systems. The studies have shown problems in the existing regulatory documentation in relation to progressive shuttering.

The paper describes methods and results of computational experiments to study the technical and economic indicators of the construction of monolithic frame in disassembled formwork. It describes the most well-known systems of such formwork in Ukraine, which can be used to concrete buildings under lease or purchase by a contracting organization. Significant differences of the resulting figures on duration, unit cost and labor intensity of concrete works on considering options technologies.

The obtained results suggest that it is reasonable to account a variety of formwork systems and their conditions of use at a particular site. The methodology of modeling processes and their final technical and economic indicators can be used on other sites with expected improvement of technical and economic indicators when a set of formwork is reasonably selected among those presented on the market, available for rent or owned by contracting organizations.

References

1. Tamrazyan A.G. Beton i zhelezobeton - vzglyad v budushee [Concrete and reinforced concrete is a look into the future]. *Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering*. 2014. No. 4. Pp.181–189. (rus).
2. Markovskiy M.F. Sovremennyye tehnologii vozvedeniya monolitnykh konstruksiy v opalubochnykh sistemah [Modern construction technology of monolithic structures in formwork systems]. *Trudy konferentsii (III Mezhdunarodnogo simpoziuma): Minskipproekt, 2011* [Conference Proceedings (III International Symposium): Minskipproekt, 2011]. Pp. 1–13 (rus)
3. Ali M.M., Greenwell D.P. Concrete change. *Civil Engineering*. 1998. Vol. 68. No 2. Pp. 70–72.
4. A.L.Sekar, B.Murugesan and C.N.V.S. Rao Formwork – Future Approach in India. *The Masterbuilder*. May 2012. Pp. 36–43
5. Yu Q.L., Spiesz P., Brouwers H.J.H. Design of Ultra-lightweight Concrete: towards Monolithic Concrete Structures. *Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering*. 2014. No 4. Pp. 98–106
6. Klyuev S.V. Vyisokoprochnyy fibrobeton dlya promyshlennogo i grazhdanskogo stroitelstva [High-strength fiber concrete for industrial and civil construction]. *Magazine of Civil Engineering*. 2012. No.8(34). Pp. 61–66. (rus)
7. Atcin P.C. Cements of yesterday and today – concrete of tomorrow. *Cement and Concrete Research*. 2000. Vol. 30. No 9. Pp. 1349–1359.
8. Paraschenko N.A., Gorshkov A.S., Vatin N.I. Chastichno-rebristyie sborno-monolitnyie perekryitiya s yacheistobetonnyimi blokami [Partially ribbed precast monolithic slab with cellular concrete blocks]. *Magazine of Civil Engineering*. 2011. No.6(24). Pp. 50–55. (rus)
9. Awwadi Al., Ghaib M., Gorski J. Mechanical properties of concrete cast in fabric formworks. *Cement and concrete research*. 2001. Vol. 31. No 10. Pp. 1459–1465.
10. Cui C., Sheikh S.A. Experimental study of normal and high-strength concrete confined with fiber-reinforced polymers. *Journal of Composites for Construction*. 2010. Vol. 14. No 5. Pp. 553–561.

11. Harryson P. Bond between fibre reinforced concrete and fibre reinforced polymers: experimental study. *Materials and structures*. 2011. Vol. 44. No 1. Pp.377–389.
12. Nikonov S.V., Tarasova O.A. Tehnologiya rannego nagruzheniya monolitnykh perekrytiy pri ispolzovanii balochno-stochnoy opalubki [Technology of early loading monolithic slabs using column-beam formwork]. *Magazine of Civil Engineering*. 2010. No. 4(14). Pp.17–20. (rus)
13. Abdullaev G.I. Vliyanie organizatsionno-tehnologicheskikh faktorov na effektivnost upravleniya stroitelstvom sooruzheniy [The influence of organizational and technological factors on the effectiveness of management of building structures]. *Magazine of Civil Engineering*. 2011. No. 2(20). Pp.52–54. (rus)
14. Prabhakar M.K. Formwork Industry: Intense Competition Ensures Industry's Excellent Form. *The Masterbuilder*. 2013. Pp. 25–31.
15. Galumyan A.B. Metodika vyibora opalubki pri skorostnom stroitelstve zhilykh zdaniy iz monolitnogo zhelezobetona [Technique of choice shuttering in high-speed construction of residential buildings of reinforced concrete]. *Beton i zhelezobeton*. 2009. No. 2. Pp. 6–9. (rus)
16. Robert H. Lab, Jr., P.E. Think Formwork - Reduce Costs. *Structural magazine*. 2007. April. Pp. 46–54.
17. Zinevich L.V., Galumyan A.B. Skorostnoe monolitnoe domostroenie: usloviya dostizheniya vyisokikh tempov stroitelstva i kachestva betona poluchaemykh konstruksiy [Speed-rise housing: the conditions for achieving high rates of construction and quality of the concrete produced designs]. *Beton i zhelezobeton*. 2009. No. 5. Pp. 23–26. (rus).
18. Sameer S. Malvankar Dy Factors Affecting the Selection, Economics Involved in Formwork. *The Masterbuilder*. 2013. Pp. 14–23.
19. Voronova V. Kakuyu opalubku vyibiraem? [What formwork is better to choose?]. *Stroitelstvo*. 2008. No. 5. Pp. 190–191. (rus)
20. Dyachkova O.N. Sistemnyy podhod k otsenke effektivnosti zhiznennogo tsikla zhilykh mnogoetazhnykh zdaniy [Systematic approach to evaluating the effectiveness of the life cycle of multi-storied buildings]. *Industrial and civil engineering*. 2008. No. 11. Pp. 41–42. (rus)
21. Gusakov A.A., Veremeenko S.A., Ginzburg A.V., Monfred Yu.B., Pryikin B.V., Yarovenko S.M. *Organizatsionno-tehnologicheskaya nadezhnost stroitelstva* [Organizational and technological reliability of building]. Moscow: SvR-Apryc, 1994. 472 p. (rus)
22. Gusakova E.A. *Sistemotekhnika organizatsii zhiznennogo tsikla ob'ekta stroitelstva: Monografiya* [Systems engineering organization lifecycle construction: Monograph]. Moscow: Fond «Novoe tyisyacheletie», 2004. 350 p. (rus)
23. Ambartsumyan S.A., Martirosyan A.S., Galumyan A.V. Normy vyipolneniya betonnykh rabot s pomoschyu badi i betononasosa v skorostnom monolitnom domostroenii [Norms perform concrete work with the help of the bucket and pump concrete in high-speed monolithic housing construction]. *Industrial and civil engineering*. 2010. No. 2. Pp. 29–31. (rus)
24. Afanasev A.A. *Vozvedenie zdaniy i sooruzheniy iz monolitnogo zhelezobetona* [Construction of buildings and structures of reinforced concrete]. Moscow: Stroyizdat, 1990. 580 p. (rus).
25. Titherington M.P. *The influence of steam curing on the chloride resistance of high-performance concrete. Dissertation*. University of Toronto. 2000.
26. Balina C.M. *Using labor productivity data to evaluate the application of lean principles to the concrete construction process. Dissertation*. The Pennsylvania State University. 2004
27. Zarenkov D.V. *Intensifikatsiya tehnologicheskikh protsessov monolitnogo domostroeniya: Termovakuumirovanie, raspalubka konstruksiy* [Intensification of technological processes monolithic housing: Termovacuumization, removal of designs]. Dissertation. Sankt-Peterburg. 2003. 154p. (rus)
28. *DBN D.2.2-6-99. Resursnyye elementnyye smetnyye normy na stroitelnyye raboty. Sbornik 6. Betonnyye i zhelezobetonnyye konstruksii monolitnyye* [Resource element estimate standards for construction work. Digest of 6. Concrete and reinforced monolithic concrete structures]. Ministry of Construction of Ukraine. Kiev, 2000. 69p. (rus)
29. *GESN 81-02-06-2001 Sbornik № 6 Betonnyye i zhelezobetonnyye konstruksii monolitnyye* [Collection No. 6. Concrete and reinforced monolithic concrete structures]. Ministry of Construction of Russia. Moscow, 2008. 94 p. (rus)
30. *DSTU B D.2.2 – 1:2008. Sbornik 6. Sboraka i razboraka opalubki* [Digest of 6. Assembling and disassembling the formwork]. Minregionstroy Ukraine. Kiev. 2008. 35p. (rus)
31. *Normirovanie truda rabochih v stroitelstve* [Rationing of workers in the construction]. VNIPI truda v stroitelstve Gosstroya SSSR. Moscow. Stroyizdat. 1985. 38p. (rus)

32. Balova E.F., Bekerman R. S., Evtushenko E. E. *Normirovanie truda rabochih v stroitelstve: monografiya*. [Rationing of workers in construction: a monograph]. Gosstroy USSR, Vsesoyuz n.-i. i proekt. in-t truda v str-ve. Moscow: Stroyizdat. 1985. 440 p. (rus)
33. *Rukovodstvo po proektirovaniyu vyisokoproizvoditelyih protsessov stroitel'nogo proizvodstva. Vyip. 1. Osnovnyie polozeniia* [Design Guide efficient processes of building production. Issue. 1 Basic Provisions]. Moscow: Stroyizdat. 1978. 28 p. (rus)
34. *Rukovodstvo po tehnikeskomu normirovaniyu truda rabochih v stroitelstve* [Guidance on technical regulation for workers in the construction]. Moscow: Stroyizdat, 1977. 34p. (rus)
35. Normativyi na podgotovitel'no-zaklyuchitel'nuyu rabotu i otdyih dlya primeneniya pri proektirovanii norm truda v stroitelstve [Standards for preparatory and final work and leisure for use in the design of labor standards in construction]. *VNIPI truda v stroitelstve*. Moscow: Preyskurant, 1988. 19 p. (rus)
36. *DBN.D. 1.1-2000. Gosudarstvennyie stroitelnyie normyi. Pravila opredeleniya stoimosti stroitelstva* [State building codes. The rules for determining the cost of construction]. Ministry of Construction of Ukraine. Kiev, 2000. 136p. (rus)

Full text of this article in Russian: pp. 80–88